

Research Article

Effects of STEM Learning Activities on Matthayom Suksa 4 Students' Problem-Solving Skills and Attitudes Towards Chemistry Learning on Stoichiometry

Theeranun Yodpanya*

B.Ed. (Science Education), Master's Student
Department of Chemistry, Faculty of Science
King Mongkut's University of Technology Thonburi

Aimorn Saksaengwijit

Ph.D.(Physical Chemistry), Lecturer
Department of Chemistry, Faculty of Science
King Mongkut's University of Technology Thonburi

*Corresponding author: teeranun.y@swry.ac.th

Received: December 13, 2024/ Revised: July 9, 2025/ Accepted: July 16, 2025

Abstract

The purposes of this research were to study the effects of STEM-based learning approach on students' problem-solving skills and attitudes toward learning the chemistry topic of stoichiometry. This pre-experimental research employed a one-group pretest-posttest design among students. This research sample group consisted of 28 Grade 10th students from Srinagarindra the Princess Mother School, Rayong. The research instruments included three STEM-based lesson plans on the topic of stoichiometry, which were deemed highly appropriate ($\bar{X} = 4.43$ out of 5); a chemistry problem-solving skills test on stoichiometry, with an Index of Item-Objective Congruence (IOC) ranging from 0.60 to 1.00; and an attitude assessment toward learning chemistry, with an IOC ranging from 0.60 to 1.00. All research instruments were verified for quality and considered appropriate for implementation in this study. The study was carried out over 14 instructional periods. After conducting the STEM-based learning activities, the results indicated that 1) students achieved an average score of 70.13% in problem-solving skills, which was higher than the pre-instruction average score of 40.14%. A total of 24 students scored above the 60% proficiency threshold. The learning progress index for problem-solving skills on the topic of stoichiometry was at a moderate level; and 2) students' attitudes towards chemistry learning on stoichiometry were assessed at good level after participating in STEM-based learning activities.

Keywords: Attitudes Toward Chemistry, Problem-Solving Skills, STEM Education, Stoichiometry

บทความวิจัย

ผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาที่มีต่อทักษะการแก้ปัญหาและเจตคติต่อการเรียนวิชาเคมี เรื่อง ปริมาณสัมพันธ์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

ธีรนนท์ ยศปัญญา*

ศษ.บ.(วิทยาศาสตร์ศึกษา), นักศึกษาระดับปริญญาโท
ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

เอมอร คักดีแสงวิจิตร

ปร.ด.(เคมีเชิงฟิสิกส์), อาจารย์
ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

*ผู้ประสานงาน: teeranun.y@swry.ac.th

วันรับบทความ: 13 ธันวาคม 2567/ วันแก้ไขบทความ: 9 กรกฎาคม 2568/ วันตอบรับบทความ: 16 กรกฎาคม 2568

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาที่มีต่อทักษะการแก้ปัญหาและเจตคติต่อการเรียนวิชาเคมี เรื่อง ปริมาณสัมพันธ์ ของนักเรียน งานวิจัยเชิงทดลองเบื้องต้นนี้ใช้การออกแบบการทดลองแบบกลุ่มเดียวทดสอบก่อนและหลังเรียน กลุ่มตัวอย่างที่ใช้วิจัยประกอบด้วยนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 28 คน จากโรงเรียนเฉลิมพระเกียรติสมเด็จพระศรีนครินทร์ ระยอง เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วยแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา เรื่องปริมาณสัมพันธ์ จำนวน 3 แผน ซึ่งผ่านการประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญและมีความเหมาะสมในระดับมาก ($\bar{X} = 4.43$, เต็ม 5) แบบทดสอบวัดทักษะการแก้ปัญหารายวิชาเคมี เรื่องปริมาณสัมพันธ์ ที่มีค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ระหว่าง 0.60-1.00 และแบบวัดเจตคติต่อการเรียนวิชาเคมี ที่มีค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ระหว่าง 0.60-1.00 เครื่องมือทั้งหมดผ่านการตรวจสอบคุณภาพและมีความเหมาะสมสำหรับการใช้ในการศึกษาครั้งนี้ ระยะเวลาในการวิจัย จำนวน 14 คาบเรียน ผลการวิจัยพบว่า 1) หลังการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา นักเรียนมีคะแนนทักษะการแก้ปัญหาเฉลี่ยที่ร้อยละ 70.13 ซึ่งสูงกว่าคะแนนก่อนจัดการเรียนรู้ที่ร้อยละ 40.14 และมีจำนวนนักเรียนที่ได้คะแนนสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 60 ถึง 24 คน โดยมีดัชนีความก้าวหน้าทางการเรียนด้านทักษะการแก้ปัญหา เรื่อง ปริมาณสัมพันธ์ ในระดับปานกลาง 2) นักเรียนมีเจตคติต่อการเรียนวิชาเคมี เรื่อง ปริมาณสัมพันธ์ หลังได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาอยู่ในระดับดี

คำสำคัญ: ทักษะการแก้ปัญหา ปริมาณสัมพันธ์ สะเต็มศึกษา เจตคติต่อวิชาเคมี

บทนำ

วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมีบทบาทสำคัญอย่างยิ่งในการพัฒนาประเทศ โดยเฉพาะในศตวรรษที่ 21 ซึ่งเผชิญกับการเปลี่ยนแปลงอย่างพลวัตในทุกมิติ วิทยาศาสตร์มีส่วนสำคัญในการพัฒนากระบวนการคิดอย่างมีเหตุผล ความคิดสร้างสรรค์ และทักษะการแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบ (Ministry of Education, 2008) รัฐบาลไทยได้ตระหนักถึงความสำคัญนี้ โดยกำหนดนโยบายและยุทธศาสตร์ระดับชาติที่มุ่งเน้นการพัฒนาการศึกษาด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (Office of the National Economic and Social Development Council, 2018)

วิชาเคมีเป็นสาขาวิชาหนึ่งในกลุ่มวิทยาศาสตร์ที่มีบทบาทสำคัญต่อการพัฒนานวัตกรรมและเทคโนโลยีที่จำเป็นสำหรับการพัฒนาประเทศในด้านต่างๆ ไม่ว่าจะเป็นภาคอุตสาหกรรม การแพทย์ และการจัดการสิ่งแวดล้อม โดยเนื้อหาเรื่องปริมาณสัมพันธ์เป็นพื้นฐานสำคัญในการทำความเข้าใจปฏิกิริยาเคมี อันเป็นองค์ความรู้เบื้องต้นที่จำเป็นต่อการศึกษาในบทเรียนขั้นสูงต่อไป จากผลการทดสอบระดับชาติขั้นพื้นฐาน (O-NET) ประจำปีการศึกษา 2563 พบว่า นักเรียนโรงเรียนเฉลิมพระเกียรติฯ ระยอง มีคะแนนเฉลี่ยในสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี 36.53 คะแนน แม้จะสูงกว่าค่าเฉลี่ยระดับประเทศ (32.68 คะแนน) แต่ยังคงต่ำกว่าร้อยละ 50 แสดงให้เห็นว่า นักเรียนมีความสนใจและความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่ต่ำ สืบเนื่องจากการเรียนการสอนวิชาเคมีพบว่า นักเรียนส่วนใหญ่มีความสนใจในการเรียนวิชาเคมีไม่มากนัก เนื่องจากมีเนื้อหาที่ค่อนข้างมากและมีความเป็นนามธรรม (Hofstein & Mamlok-Naaman, 2011) โดยเฉพาะอย่างยิ่งในหัวข้อปริมาณสัมพันธ์ ที่มีเนื้อหาเกี่ยวกับการคำนวณที่มีความซับซ้อน ทำให้นักเรียนเกิดความเบื่อหน่ายและไม่สนใจเรียน ปัจจัยสำคัญหนึ่งที่ทำให้เกิดปัญหาดังกล่าว คือ นักเรียนไม่สามารถมองเห็นความเชื่อมโยงระหว่างเนื้อหาปริมาณสัมพันธ์กับสถานการณ์ในชีวิตจริง ขาดความเข้าใจในการประยุกต์ใช้ความรู้เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตประจำวัน ส่งผลให้ขาดความสนใจในการเรียนและเกิดเจตคติที่ไม่ดีต่อรายวิชาเคมี การมีเจตคติในเชิงลบจะส่งผลให้นักเรียนได้รับการพัฒนาความรู้และทักษะต่าง ๆ ไม่เต็มศักยภาพ โดยเฉพาะทักษะการแก้ปัญหาซึ่งเป็นหนึ่งในทักษะสำคัญของศตวรรษที่ 21 ที่จำเป็นต้องได้รับการพัฒนาเพื่อให้นักเรียนสามารถวิเคราะห์สถานการณ์ที่ซับซ้อน คิดอย่างเป็นระบบ และหาแนวทางแก้ไขที่เหมาะสมในการดำเนินชีวิตและการทำงานในอนาคต

การจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา (STEM Education) โดยบูรณาการความรู้ด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ ผ่านการประยุกต์ใช้ความรู้ในสถานการณ์จริงด้วยกิจกรรมที่ท้าทายและสร้างสรรค์ จึงเป็นแนวทางหนึ่งในการแก้ปัญหา ดังเช่นงานวิจัยของ Chonkaew et al. (2016) พบว่า การจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาเป็นแนวทางการบูรณาการความรู้ที่มุ่งเน้นให้นักเรียนสามารถนำความรู้เหล่านี้ไปประยุกต์ใช้เพื่อแก้ไขปัญหาในสถานการณ์จริง ซึ่งสามารถช่วยพัฒนาทัศนคติเชิงบวกของนักเรียน ยุกระดับทักษะการคิดขั้นสูงและเพิ่มผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพ ทำให้เห็นว่าการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาสามารถทำให้นักเรียนเห็นความเชื่อมโยงระหว่างการเรียนรู้กับการนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวัน รวมถึงมีความสนุกสนานในการทำกิจกรรม ก่อให้เกิดความสนใจและแรงจูงใจในการเรียนรู้วิชาเคมีเพิ่มมากขึ้น และยังสอดคล้องกับงานวิจัยของ Hebebcı & Usta (2022) ที่แสดงให้เห็นว่า การศึกษาแบบบูรณาการในแนวการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาสามารถพัฒนาทักษะการแก้ปัญหา การเรียนรู้แบบร่วมมือและการคิดเชิงสร้างสรรค์ของนักเรียนได้ ในทำนองเดียวกัน Nguyen et al. (2025) พบว่า การบูรณาการการคิดเชิงออกแบบเข้ากับการศึกษา STEM ช่วยส่งเสริมการคิดเชิงนวัตกรรม ความคิดสร้างสรรค์ และทักษะการแก้ปัญหาในนักเรียนมัธยมปลายอย่างมีประสิทธิภาพ และยังสอดคล้องกับ Koocharoenpisal et al. (2017) ที่ได้พัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา เรื่อง การแปรรูปน้ำยางพารา ให้นักเรียนได้เรียนรู้ผ่านการลงมือปฏิบัติ ช่วยส่งเสริมให้เกิดความสนุกสนานในการเรียน สามารถนำความรู้ทางทฤษฎีไปแก้ปัญหาในสถานการณ์จริง ส่งผลให้ความสามารถในการคิดวิเคราะห์สูงขึ้น อีกทั้งงานวิจัยของ Wicheansang, Mophan & Lateh (2019) ยังยืนยันว่าแนวทางดังกล่าวช่วยพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาของผู้เรียนอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งเป็นทักษะสำคัญในการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21

จากสภาพปัญหาและผลการวิจัยข้างต้น ผู้วิจัยจึงสนใจพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาในการจัดการเรียนการสอนวิชาเคมี เรื่อง ปริมาณสัมพันธ์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยมุ่งเน้นให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติผ่านสถานการณ์ที่เชื่อมโยงกับชีวิตจริง บูรณาการความรู้เพื่อพัฒนาทักษะการแก้ปัญหา และส่งเสริมเจตคติที่ดีต่อการเรียนวิชาเคมี การวิจัยนี้จึงมีความสำคัญในการเป็นแนวทางเพื่อยกระดับคุณภาพการศึกษาวิทยาศาสตร์ของประเทศและสามารถรับมือกับความท้าทายในศตวรรษที่ 21 ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อเปรียบเทียบทักษะการแก้ปัญหารายวิชา เคมี เรื่อง ปริมาณสัมพันธ์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้ด้วยกิจกรรมตามแนวสะเต็มศึกษา
2. เพื่อพัฒนาเจตคติรายวิชา เคมี เรื่อง ปริมาณสัมพันธ์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ด้วยกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา

สมมติฐานการวิจัย

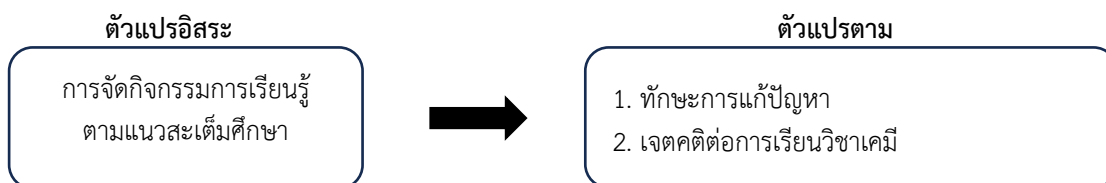
1. การจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาช่วยพัฒนาทักษะการแก้ปัญหารายวิชา เคมี เรื่อง ปริมาณสัมพันธ์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4
2. การจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาช่วยพัฒนาเจตคติรายวิชา เคมี เรื่อง ปริมาณสัมพันธ์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

กรอบแนวคิดการวิจัย

กิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา โดยใช้การทดลองและสถานการณ์ที่กำหนดขึ้น สามารถพัฒนาทักษะการแก้ปัญหาและเจตคติในการเรียนรายวิชาเคมี ของนักเรียนได้ แสดงดังภาพประกอบ 1

ภาพประกอบ 1

กรอบแนวคิดในการวิจัย



นิยามศัพท์เฉพาะ

1. การจัดการกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา หมายถึง การบูรณาการความรู้ใน 4 สาขาวิชา ได้แก่ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ ผ่านกิจกรรมการทดลองประกอบกับสถานการณ์ที่ผู้วิจัยกำหนดขึ้น เพื่อให้ให้นักเรียนประยุกต์ใช้ความรู้เพื่อแก้ปัญหาผ่านกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม
2. กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม หมายถึง ขั้นตอนเชิงระบบที่ใช้ในการแก้ปัญหาหรือตอบสนองความต้องการจากสถานการณ์ที่กำหนด ประกอบด้วย 6 ขั้นตอน ประกอบด้วย ขั้นตอนที่ 1 ระบุปัญหา, ขั้นตอนที่ 2 รวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้อง, ขั้นตอนที่ 3 ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา, ขั้นตอนที่ 4 วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา, ขั้นตอนที่ 5 ทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุง และขั้นตอนที่ 6 นำเสนอวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน คือ การสื่อสารข้อมูลเกี่ยวกับชิ้นงานหรือวิธีการแก้ปัญหาที่พัฒนาขึ้น
3. ทักษะการแก้ปัญหา หมายถึง ความสามารถในการหาคำตอบหรือแก้ปัญหาจากสถานการณ์ที่ไม่คุ้นเคยหรือปัญหาใหม่ โดยประยุกต์ใช้ความรู้ ทักษะ หรือประสบการณ์เดิม ผ่านกระบวนการปฏิบัติ 4 ขั้นตอน ประกอบด้วย ขั้นที่ 1 การวิเคราะห์และระบุปัญหา, ขั้นที่ 2 การรวบรวมข้อมูลเพื่อแก้ปัญหา, ขั้นที่ 3 การออกแบบและดำเนินการแก้ปัญหา และขั้นที่ 4 การทดสอบ ปรับปรุง และนำเสนอ
4. เจตคติต่อการเรียนวิชาเคมี หมายถึง ระดับความรู้สึกของนักเรียนที่มีต่อการเรียนวิชาเคมี ซึ่งเป็นผลมาจากการประสบการณ์การเรียนรู้ และมีอิทธิพลต่อการแสดงออกทางพฤติกรรมของนักเรียนในเชิงบวกหรือเชิงลบต่อวิชาเคมี

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลองเบื้องต้น (Pre-experimental research) โดยประกอบด้วยกลุ่มตัวอย่าง 1 กลุ่ม ทำการทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน ซึ่งรูปแบบการวิจัยเป็น One group pretest-posttest Design เพื่อเปรียบเทียบทักษะการแก้ปัญหาและเจตคติต่อการเรียน รายวิชา เคมี เรื่อง ปริมาณสัมพันธ์

1. กลุ่มตัวอย่าง

นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2566 โรงเรียนเฉลิมพระเกียรติสมเด็จพระศรีนครินทร์ ระยอง จำนวน 1 ห้องเรียน 28 คน ซึ่งใช้วิธีการเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบเฉพาะเจาะจง (Purposive sampling) โดยเลือกเป็นห้องเรียนวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยี และสิ่งแวดล้อม (SMTE)

2. ตัวแปรที่ศึกษา

- 2.1 ตัวแปรอิสระ คือ การจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา
- 2.2 ตัวแปรตาม คือ

2.2.1 ทักษะการแก้ปัญหา

2.2.2 เจตคติต่อการเรียนวิชาเคมี

3. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

3.1 แผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา เรื่อง ปริมาณสัมพันธ์ เพื่อส่งเสริมทักษะการแก้ปัญหาและเจตคติต่อการเรียนวิชาเคมี จำนวน 3 แผน ซึ่งจากการพิจารณาความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญทั้ง 5 ท่าน เกี่ยวกับความเหมาะสมขององค์ประกอบของแผนการจัดการเรียนรู้ พบว่า องค์ประกอบของแผนการจัดการเรียนรู้มีความเหมาะสมในระดับมาก โดยได้คะแนนความเหมาะสมเฉลี่ย 4.43 จากคะแนนเต็ม 5

3.2 แบบทดสอบวัดทักษะการแก้ปัญหา รายวิชา เคมี เรื่อง ปริมาณสัมพันธ์ ก่อนและหลังเรียน ซึ่งผลการประเมินความสอดคล้องขององค์ประกอบของแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหา มีค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ที่มีค่าตั้งแต่ 0.60 -1.00 จากข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ พบว่า ควรให้ข้อมูลที่จำเป็นต้องใช้ในการแก้ปัญหาเพิ่มเติม เพื่อให้นักเรียนสามารถนำข้อมูลจากสถานการณ์ไปใช้ในการแก้ปัญหาได้อย่างมีประสิทธิภาพ และนำแบบวัดทักษะการแก้ปัญหาไปวิเคราะห์หาค่าความเชื่อมั่น (reliability coefficient; rtt) ของแบบทดสอบทั้งฉบับ โดยใช้ค่าสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค (Cronbach's alpha) พบว่าแบบทดสอบนี้มีความเชื่อมั่น เท่ากับ 0.87

3.3 แบบวัดเจตคติต่อการเรียนวิชา เคมี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จากการตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาของแบบประเมินเจตคติต่อการเรียนวิชา เคมี จากผู้เชี่ยวชาญ พบว่า ผลการประเมินความสอดคล้องขององค์ประกอบของแบบวัดเจตคติ มีค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ที่มีค่าตั้งแต่ 0.60 -1.00

4. การเก็บรวบรวมข้อมูล

4.1 ผู้วิจัยชี้แจงให้นักเรียนทราบวัตถุประสงค์และขั้นตอนการดำเนินการวิจัยในชั้นเรียนนี้ พร้อมทั้งแจกเอกสารชี้แจงอาสาสมัคร จากนั้นให้นักเรียนทำแบบทดสอบวัดทักษะการแก้ปัญหา จำนวน 3 สถานการณ์ สถานการณ์ละ 5 ข้อ (90 นาที) และแบบวัดเจตคติก่อนเรียน (15 นาที)

4.2 ผู้วิจัยดำเนินการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา ใช้เวลาทั้งหมด 14 คาบๆ ละ 50 นาที ในระหว่างดำเนินการสอนมีการเก็บรวบรวมข้อมูลและบันทึกผลหลังการจัดการเรียนรู้ จากนั้นนำข้อมูลที่ได้อาวิเคราะห์เพื่อสรุปจุดเด่นและจุดที่ควรพัฒนาที่เกิดขึ้นระหว่างการจัดการเรียนรู้และใช้เป็นแนวทางในการปรับปรุงการจัดการเรียนรู้ในแผนถัดไป ตลอดระยะเวลาในการเก็บข้อมูลรายละเอียดกิจกรรมดังตาราง 1

ตาราง 1

แนวทางการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา เรื่อง ปริมาณสัมพันธ์ ที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้

สถานการณ์	วิทยาศาสตร์	เทคโนโลยี	วิศวกรรม	คณิตศาสตร์
รู้เท่าทันหม้อหุงข้าวลดน้ำตาล	การคำนวณปริมาณสารที่เกี่ยวข้องกับมวล	1. เทคโนโลยีในการสืบค้นและนำเสนอข้อมูล 2. เทคโนโลยีในการสร้างอุปกรณ์วัดปริมาณน้ำตาล	การออกแบบสร้างอุปกรณ์วัดปริมาณน้ำตาลในข้าว	การคำนวณปริมาณสารที่ใช้ในการทดลองเพื่อหาปริมาณน้ำตาลในข้าว
สวนในตู้พืชน้ำ	1. ปฏิกริยาเคมี 2. สารกำหนดปริมาณ 3. กฎทรงมวล	1. เทคโนโลยีในการสืบค้นและนำเสนอข้อมูล 2. เทคโนโลยีการควบคุมการผลิตแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์สำหรับพืชน้ำในตู้	การออกแบบเลือกใช้วัสดุเพื่อสร้างอุปกรณ์การผลิตแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์สำหรับสวนในตู้พืชน้ำ	การคำนวณปริมาณสารที่ใช้ในการทดลองเพื่อให้สามารถผลิตแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ได้เหมาะสม
บริษัทไวน์สวย.	1. การคำนวณปริมาณสารที่เกี่ยวข้องกับมวล 2. การเจือจางสารละลาย 3. ผลได้ร้อยละ	1. แอปพลิเคชัน ColorAssist ในการหาค่า RGB ของสี 2. เทคโนโลยีในการสร้างและควบคุมที่เหมาะสมในการหมักไวน์	การออกแบบวิธีการหมักไวน์ผลไม้และสถานที่ที่เหมาะสมในการหมักไวน์	1. การคำนวณปริมาณของสารที่เกี่ยวข้องกับมวลและผลได้ร้อยละ 2. การคำนวณการเจือจางสารละลาย

4.3 เมื่อสิ้นสุดการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ นักเรียนทำแบบวัดทักษะการแก้ปัญหาและแบบประเมินเจตคติต่อการเรียนวิชา เคมี ซึ่งเป็นแบบทดสอบคู่ขนานซึ่งเป็นคนละชุดกับแบบทดสอบก่อนเรียน

4.4 นำข้อมูลที่ได้จากเครื่องมือวิจัยมาทำการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติเพื่อทดสอบสมมติฐาน

5. การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยครั้งนี้ดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้ข้อมูลระหว่างการจัดกิจกรรมการเรียนรู้และเมื่อสิ้นสุดการจัดกิจกรรมการเรียนรู้มาวิเคราะห์ ดังนี้

5.1 การวิเคราะห์ทักษะการแก้ปัญหา

5.1.1 นำคะแนนที่ได้จากแบบวัดทักษะการแก้ปัญหา เรื่อง ปริมาณสัมพันธ์ มาหาค่าเฉลี่ย ค่าเฉลี่ยร้อยละ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้ของนักเรียน

5.1.2 พิจารณาความก้าวหน้าทางการเรียนในด้านทักษะการแก้ปัญหา เรื่อง ปริมาณสัมพันธ์ ของนักเรียนรายบุคคลและรายห้องเรียน จากคะแนนทักษะการแก้ปัญหาก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธี average normalized gain (Hake, 1998) ซึ่งมีวิธีการคำนวณและแปลความหมายของข้อมูล ดังนี้

$$\text{gain percentage} < g > = \frac{\% \text{posttest} - \% \text{pretest}}{100 - \% \text{pretest}}$$

คะแนนเฉลี่ย 0.00 – 0.29 แปลว่า ความก้าวหน้าทางการเรียนอยู่ในระดับต่ำ (low gain)

คะแนนเฉลี่ย 0.30 – 0.69 แปลว่า ความก้าวหน้าทางการเรียนอยู่ในระดับปานกลาง (medium gain)

คะแนนเฉลี่ย 0.70 – 1.00 แปลว่า ความก้าวหน้าทางการเรียนอยู่ในระดับสูง (high gain)

5.2 การวิเคราะห์เจตคติ

5.2.1 นำคะแนนที่ได้จากแบบประเมินเจตคติต่อการเรียนวิชา เคมี เรื่อง ปริมาณสัมพันธ์ มาหาค่าเฉลี่ย ค่าเฉลี่ยร้อยละ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้ของนักเรียน

5.2.2 เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของคะแนนเจตคติต่อการเรียนวิชา เคมี เรื่อง ปริมาณสัมพันธ์ ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้ และรายบุคคล

ผลการวิจัย

1. ผลการเปรียบเทียบทักษะการแก้ปัญหาก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้

เมื่อทำการเปรียบเทียบคะแนนทักษะการแก้ปัญหาก่อนเรียนและหลังได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา เรื่อง ปริมาณสัมพันธ์ ของนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 28 คน แสดงผลดังตาราง

ตาราง 2

ผลการเปรียบเทียบคะแนนทักษะการแก้ปัญหา เรื่อง ปริมาณสัมพันธ์ โดยเฉลี่ยของนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง

ทักษะการแก้ปัญหา	คะแนนเต็ม	คะแนนก่อนเรียน (n=28)			คะแนนหลังเรียน (n=28)		
		$\bar{X}$	ร้อยละ $\bar{X}$	S.D.	$\bar{X}$	ร้อยละ $\bar{X}$	S.D.
ขั้นที่ 1 วิเคราะห์และระบุปัญหา	12	6.32	52.68	6.46	10.16	84.67	9.69
ขั้นที่ 2 รวบรวมข้อมูลเพื่อแก้ปัญหา	12	5.07	42.26	9.60	9.93	82.74	12.20
ขั้นที่ 3 ออกแบบวิธีการแก้ปัญหาและวางแผนการดำเนินการแก้ปัญหา	12	4.39	36.61	9.44	7.29	60.71	9.03
ขั้นที่ 4 ทดสอบ ปรับปรุง และนำเสนอ	12	3.79	31.55	7.64	6.29	52.38	10.84
รวม	48	19.27	40.14	6.91	33.66	70.13	9.81

จากตารางแสดงให้เห็นถึงพัฒนาการที่ชัดเจนในทักษะการแก้ปัญหาของนักเรียนหลังจากได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา โดยคะแนนเฉลี่ยของทักษะการแก้ปัญหาเพิ่มขึ้นจาก 19.27 คะแนน เป็น 33.66 คะแนน เมื่อพิจารณาทักษะการแก้ปัญหาในแต่ละขั้นตอน พบว่า นักเรียนมีพัฒนาการที่ดีขึ้นในทุกขั้นตอน โดยเฉพาะอย่างยิ่งในขั้นตอนที่ 1 การวิเคราะห์และระบุปัญหา ความสำเร็จนี้เป็นผลมาจากการกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาที่เน้นการฝึกฝนการวิเคราะห์สถานการณ์และระบุปัญหาอย่างเป็นระบบ ส่งผลให้นักเรียนสามารถพิจารณาปัญหาได้อย่างครอบคลุมและลึกซึ้งมากขึ้น โดยคำนึงถึงเงื่อนไขและข้อจำกัดต่าง ๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพ อย่างไรก็ตาม ในขั้นตอนอื่น ๆ แม้จะมีการพัฒนาที่ดีขึ้น แต่คะแนนเฉลี่ยยังคงต่ำกว่าขั้นตอนแรก ทั้งก่อนและหลังการเรียนรู้ ซึ่งชี้ให้เห็นถึงความจำเป็นในการพัฒนาทักษะในขั้นตอนเหล่านี้เพิ่มเติม โดยเฉพาะในด้านการรวบรวมข้อมูล การออกแบบวิธีการแก้ปัญหา การวางแผนดำเนินการ รวมถึงการทดสอบ ปรับปรุง และนำเสนอผลลัพธ์

ผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์คะแนนทักษะการแก้ปัญหาแยกตามขั้นตอนทั้ง 4 ขั้นตอน ได้แก่ 1) การวิเคราะห์และระบุปัญหา 2) การรวบรวมข้อมูลเพื่อแก้ปัญหา 3) การออกแบบวิธีการแก้ปัญหาและวางแผนการดำเนินการ และ 4) การทดสอบ ปรับปรุง และนำเสนอ ดังนี้

1.1 ขั้นตอนที่ 1 การวิเคราะห์และระบุปัญหา

ก่อนการจัดการเรียนรู้ นักเรียนส่วนใหญ่มีความสามารถในการระบุปัญหาและข้อจำกัดหรือเงื่อนไขได้เพียงบางส่วน ภายหลังการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่มีความสามารถในการระบุปัญหาและข้อจำกัดหรือเงื่อนไขได้อย่างครบถ้วนสมบูรณ์ ดังตัวอย่างคำตอบ สถานการณ์ เรื่อง “ความร้อนจากปฏิกิริยาเคมี” ในแบบทดสอบก่อนเรียน นักเรียนระบุปัญหาโดยเขียนบรรยายสถานการณ์มาทั้งหมด ในการหาวิธีทำให้เกิดความร้อนที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที แต่ยังไม่ระบุข้อจำกัดไม่ครบถ้วน ขาดด้านความปลอดภัยของการใช้สารเคมี ในขณะที่เมื่อผ่านการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษานักเรียนสามารถระบุปัญหาได้ตรงประเด็นและข้อจำกัดอย่างครบถ้วน ดังตัวอย่างสถานการณ์ เรื่อง “สว.รย. Big Cleaning Day ล้างถนน ลดขยะ” ที่นักเรียนต้องผลิตสารทำความสะอาดด้วยตนเอง โดยระบุถึงข้อจำกัดเกี่ยวกับต้นทุน ความยากง่ายและความปลอดภัย ครบถ้วนตามสถานการณ์ที่กำหนด ดังภาพประกอบ 2

ภาพประกอบ 2

ตัวอย่างคำตอบจากแบบทดสอบทักษะการแก้ปัญหาขั้นที่ 1 ภาพ (ก) จากแบบทดสอบก่อนเรียนสถานการณ์ เรื่อง ความร้อนจากปฏิกิริยาเคมี และ ภาพ (ข) จากแบบทดสอบหลังเรียนสถานการณ์ เรื่อง สว.รย. Big Cleaning Day ล้างถนน ลดขยะ

1. จากสถานการณ์ที่กำหนด ให้นักเรียนระบุปัญหาจากสถานการณ์ แผนภูมิแสดงการใช้ไฟฟ้า ไม่สามารถใช้อุปกรณ์ใดๆ บนโต๊ะเรียนได้ 1. ... ต้องการใช้อุปกรณ์ 30 องศา เป็นเวลา 10 นาที 2. ข้อจำกัดหรือเงื่อนไขของปัญหาจากสถานการณ์ ไม่ใส่สารเคมี 40 องศา ไม่ใส่	1. จากสถานการณ์ที่กำหนด ให้นักเรียนระบุปัญหาจากสถานการณ์ ค่าสูง ยาก น้ำยากัดกร่อน ใช้เวลานานกว่า 1 ชั่วโมง 2. ข้อจำกัดหรือเงื่อนไขของปัญหาจากสถานการณ์ 1. สิ่งแวดล้อม 2. ต้นทุนต่ำ 3. ปลอดภัยกับผู้ใช้
(ก)	(ข)

1.2 ขั้นตอนที่ 2 การรวบรวมข้อมูลเพื่อแก้ปัญหา

ก่อนการจัดการเรียนรู้ นักเรียนส่วนใหญ่มีความสามารถในการระบุหัวข้อหรือความรู้ที่สอดคล้องกับแนวทางการแก้ปัญหาได้เพียงบางส่วน ภายหลังการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษานักเรียนส่วนใหญ่มีความสามารถในการระบุหัวข้อหรือความรู้ที่สอดคล้องกับแนวทางการแก้ปัญหาได้อย่างครบถ้วนสมบูรณ์มากขึ้น โดยจากภาพประกอบ 3 ภาพ (ก) ในสถานการณ์ เรื่อง “รู้ทัน...น้ำส้มสายชู” นักเรียนอธิบายเพียงวิธีการทดสอบ โดยไม่ระบุความรู้หรือหลักการที่ใช้อธิบายผลที่ใช่ทดสอบและวิธีการอื่นที่สามารถใช้ตรวจสอบได้ เมื่อเปรียบเทียบกับภาพ (ข) ซึ่งเป็นคำตอบจากแบบทดสอบหลังเรียน พบว่า ในสถานการณ์ เรื่อง “Water Rocket Design Challenge” นักเรียนสามารถอธิบายปฏิกิริยาเคมีที่ก่อให้เกิดแก๊สได้ครบถ้วนทั้งปฏิกิริยาเคมีที่เหมาะสม ปัจจัยที่มีผลต่อระยะทางการเคลื่อนที่ของจรวด ข้อควรระวังด้านความปลอดภัย ผลการทดสอบ รวมถึงวิธีการสร้างแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ด้วยวิธีอื่นตามเงื่อนไขที่กำหนด ดังภาพประกอบ 3

ภาพประกอบ 3

ตัวอย่างคำตอบจากแบบทดสอบทักษะการแก้ปัญหาขั้นที่ 2 ภาพ (ก) จากแบบทดสอบก่อนเรียนสถานการณ์ เรื่อง รู้ทัน...น้ำส้มสายชู และ ภาพ (ข) จากแบบทดสอบหลังเรียนสถานการณ์ เรื่อง Water Rocket Design Challenge

3. ให้นักเรียนระบุความรู้ที่เกี่ยวข้องหรือใช้ในการแก้ปัญหาหรือสถานการณ์นี้

ชนิดพืชบางชนิดเติบโตในสภาวะแห้งแล้ง ทำให้เกิดกระบวนการปรับตัวเพื่อเป็นพืช

พืชชนิดนี้คือพืชชนิดใด

.....

.....

.....

.....

(ก)

3. ให้นักเรียนระบุความรู้ที่เกี่ยวข้องหรือใช้ในการแก้ปัญหาหรือสถานการณ์นี้

1. ต้นพืชบางชนิดเติบโตในสภาวะแห้งแล้ง ทำให้เกิดกระบวนการปรับตัวเพื่อเป็นพืช

2. ต้นพืชบางชนิดเติบโตในสภาวะแห้งแล้ง ทำให้เกิดกระบวนการปรับตัวเพื่อเป็นพืช

3. ต้นพืชบางชนิดเติบโตในสภาวะแห้งแล้ง ทำให้เกิดกระบวนการปรับตัวเพื่อเป็นพืช

4. ต้นพืชบางชนิดเติบโตในสภาวะแห้งแล้ง ทำให้เกิดกระบวนการปรับตัวเพื่อเป็นพืช

5. ต้นพืชบางชนิดเติบโตในสภาวะแห้งแล้ง ทำให้เกิดกระบวนการปรับตัวเพื่อเป็นพืช

(ข)

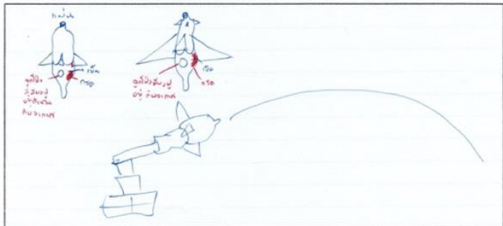
1.3 ขั้นตอนที่ 3 การออกแบบวิธีการแก้ปัญหาและวางแผนการดำเนินการแก้ปัญหา

ก่อนการจัดการเรียนรู้ นักเรียนส่วนใหญ่มีความสามารถในการออกแบบวิธีแก้ปัญหาจากสถานการณ์ที่กำหนดได้เพียงบางส่วน โดยยังขาดความครอบคลุมและไม่สอดคล้องกับข้อจำกัดและเงื่อนไขที่กำหนดอย่างครบถ้วน อีกทั้งยังขาดรายละเอียดในการอธิบายวิธีการแก้ปัญหา โดยหลังจากการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา นักเรียนส่วนใหญ่แสดงพัฒนาการที่ชัดเจนในการออกแบบวิธีแก้ปัญหา แม้ว่าจะยังไม่ครอบคลุมเงื่อนไขหรือข้อจำกัดทั้งหมด แต่มีความก้าวหน้าอย่างเห็นได้ชัด โดยเฉพาะในด้านการนำเสนอรายละเอียดที่จำเป็นสำหรับการแก้ปัญหา ดังภาพประกอบ 4

ภาพประกอบ 4

ตัวอย่างคำตอบจากแบบทดสอบทักษะการแก้ปัญหาในขั้นตอนที่ 3 จากแบบทดสอบหลังเรียน ในสถานการณ์ เรื่อง Water Rocket Design Challenge โดยนักเรียนต้องออกแบบจรวดซึ่งใช้แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ในการขับเคลื่อนไปยังเป้าหมายตามที่กำหนดเพื่อชนะการแข่งขัน

4. ให้นักเรียนวาดภาพออกแบบวิธีแก้ปัญหาจากสถานการณ์ที่กำหนดให้



จากการวิเคราะห์คำตอบของนักเรียน พบว่า

การออกแบบที่มีรายละเอียด: นักเรียนได้ออกแบบจรวดขวดน้ำโดยใช้แนวคิดทางวิทยาศาสตร์ที่ซับซ้อนขึ้น โดยเสนอการใช้แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์เป็นเชื้อเพลิง ซึ่งเกิดจากปฏิกิริยาเคมีระหว่างกรดและผงฟู

การแสดงผลที่ชัดเจน: นักเรียนวาดภาพแสดงตำแหน่งที่บรรจุสารทั้งสองชนิดภายในขวดน้ำอย่างชัดเจน ทำให้เห็นภาพการแก้ปัญหาได้เป็นรูปธรรมมากขึ้น

การประยุกต์ใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์: การเลือกใช้ปฏิกิริยาระหว่างกรดและผงฟูเพื่อ

1.4 ขั้นตอนที่ 4 การทดสอบ ปรับปรุง และนำเสนอ

ก่อนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา นักเรียนส่วนใหญ่มีผลการประเมินอยู่ในระดับที่อธิบายกระบวนการทดสอบพอเข้าใจและขาดรายละเอียดสำคัญ มีการเสนอแนวทางการปรับปรุงยังไม่ชัดเจนและนำเสนอวิธีการนำเสนอผลงานที่ขาดความน่าสนใจ ภายหลังจากจัดกิจกรรมการเรียนรู้ นักเรียนส่วนใหญ่ยังคงมีผลการประเมินอยู่ในระดับเดิม แต่มีนักเรียนส่วนหนึ่งที่สามารถพัฒนาได้อย่างชัดเจน

ภาพประกอบ 5

ตัวอย่างคำตอบจากแบบทดสอบทักษะการแก้ปัญหาจากแบบทดสอบหลังเรียนสถานการณ์ เรื่อง สว.รย. Big Cleaning Day ล้างถนนลดขยะ ซึ่งให้นักเรียนออกแบบวิธีการทำสบูเพื่อนำมาใช้ทำความสะอาดถนนตามเงื่อนไขและข้อจำกัดที่กำหนด

5. ให้นักเรียนอธิบายกระบวนการทดสอบ พร้อมเสนอแนวทางการปรับปรุงและวิธีการนำเสนอผลงานอย่างมีประสิทธิภาพ

1) ทดสอบ - ศึกษาสูตรส่วนผสมสบู่ที่ปลอดภัยต่อผิวหนังและสิ่งแวดล้อม

2) ปรับปรุง - ใช้ส่วนผสมที่หาได้ง่ายและปลอดภัย

3) นำเสนอ - นำสบู่ที่ผลิตมาทดสอบและนำเสนอ

.....

.....

.....

จากการวิเคราะห์คำตอบของนักเรียน พบว่า

กระบวนการทดสอบ: สามารถอธิบายแนวทางการเลือกวัตถุดิบและการทดสอบในปริมาณน้อยก่อนการใช้งานจริง แต่ไม่ได้อธิบายประเภทของวัตถุดิบและวิธีการทดสอบประสิทธิภาพที่ชัดเจน

การเสนอแนวทางการปรับปรุงผลงาน: สามารถอธิบายหลักการปรับปรุงผลงานได้ ซึ่งมีการพิจารณาเฉพาะด้านความเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม โดยขาดการวิเคราะห์ด้านประสิทธิภาพของสบู่และด้านอื่นๆ ที่เหมาะสม

การนำเสนอผลงาน: อธิบายเพียงการจัดทำสไลด์ แต่ขาดรายละเอียดสำคัญ ได้แก่ เนื้อหาในสไลด์ วิธีการเปรียบเทียบ และวิธีการวิเคราะห์ข้อมูล

จากการวิเคราะห์ทักษะการแก้ปัญหาภาพรวม พบว่า การจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาที่มีการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ โดยใช้สถานการณ์ปัญหากระตุ้นให้นักเรียนแก้ปัญหาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ส่งผลให้นักเรียนมีพัฒนาการในการแก้ปัญหาอย่างชัดเจน โดยเฉพาะอย่างยิ่งในขั้นตอนที่ 1 การวิเคราะห์และระบุปัญหา และขั้นตอนที่ 2 การรวบรวมข้อมูลเพื่อแก้ปัญหา นักเรียนส่วนใหญ่มีพัฒนาการดีมาก ส่วนการออกแบบวิธีการแก้ปัญหาและด้านการทดสอบ ปรับปรุง และนำเสนอจะยังไม่ดีมาก แต่นักเรียนก็มีพัฒนาการที่ดีขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับก่อนได้รับการจัดการเรียนรู้

จากการวิเคราะห์คะแนนทักษะการแก้ปัญหา เรื่อง ปริมาณสัมพันธ์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา ด้วยวิธี average normalized gain วิเคราะห์คะแนนเฉลี่ยที่เพิ่มขึ้น โดยเปรียบเทียบคะแนนจากแบบทดสอบวัดทักษะการแก้ปัญหา ก่อนและแบบทดสอบหลังได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ เพื่อแสดงค่าดัชนีความก้าวหน้าทางการเรียน ด้านทักษะการแก้ปัญหา แสดงผลดังตาราง 3

ตาราง 3

ผลการเปรียบเทียบค่าดัชนีความก้าวหน้าทางการเรียน ด้านทักษะการแก้ปัญหา เรื่อง ปริมาณสัมพันธ์ โดยเฉลี่ยของนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 28 คน

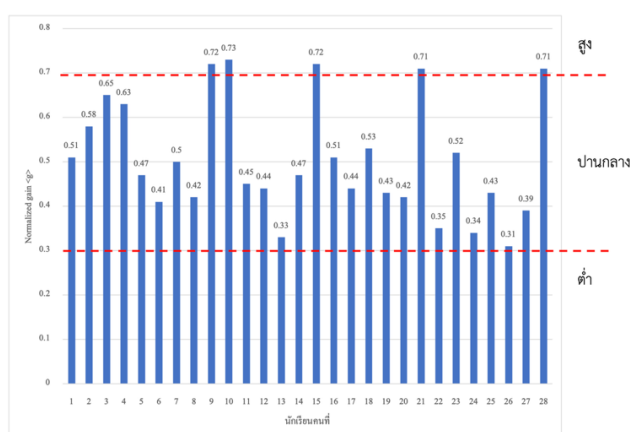
ทักษะการแก้ปัญหา	ดัชนีความก้าวหน้าทางการเรียน	ระดับดัชนีความก้าวหน้าทางการเรียน
ขั้นที่ 1 วิเคราะห์และระบุปัญหา	0.676	ปานกลาง
ขั้นที่ 2 รวบรวมข้อมูลเพื่อแก้ปัญหา	0.701	สูง
ขั้นที่ 3 ออกแบบวิธีการแก้ปัญหาและวางแผนการดำเนินการแก้ปัญหา	0.380	ปานกลาง
ขั้นที่ 4 ทดสอบ ปรับปรุง และนำเสนอ	0.304	ปานกลาง
รวม	0.501	ปานกลาง

จากการวิเคราะห์ข้อมูล พบว่า นักเรียนมีดัชนีความก้าวหน้าทางการเรียน ด้านทักษะการแก้ปัญหา เรื่อง ปริมาณสัมพันธ์ โดยเฉลี่ยทุกขั้นตอนเท่ากับ 0.501 ซึ่งจัดอยู่ในระดับปานกลาง เมื่อพิจารณาแต่ละขั้นตอนของกระบวนการแก้ปัญหา พบว่า ขั้นตอนที่ 2 การรวบรวมข้อมูลเพื่อแก้ปัญหา มีดัชนีความก้าวหน้าอยู่ในระดับสูง ส่วนในขั้นตอนที่ 3 การออกแบบวิธีการแก้ปัญหาและวางแผนการดำเนินการ และขั้นตอนที่ 4 การทดสอบ ปรับปรุง และนำเสนอ อยู่ในระดับปานกลาง แสดงให้เห็นว่า นักเรียนอาจต้องการการฝึกฝนขั้นตอนดังกล่าวเพิ่มเติม เพื่อให้สามารถนำออกแบบวิธีการแก้ปัญหา รวมถึงการทดสอบและปรับปรุงวิธีการแก้ปัญหานั้นได้อย่างมีประสิทธิภาพ

เมื่อวิเคราะห์ดัชนีความก้าวหน้าด้านทางการเรียน ด้านทักษะการแก้ปัญหารายบุคคล โดยวิเคราะห์พัฒนาการทางการแก้ปัญหาของนักเรียน จากคะแนนสอบก่อนและหลังเรียนของแต่ละบุคคล มีค่า normalized gain ดังภาพประกอบ 6

ภาพประกอบ 6

ดัชนีความก้าวหน้าทางการเรียน ด้านทักษะการแก้ปัญหา เรื่อง ปริมาณสัมพันธ์ของนักเรียนแต่ละคน



จากภาพประกอบ พบว่า นักเรียนทั้งหมด 28 คน มีนักเรียนจำนวน 5 คน คิดเป็นร้อยละ 17.86 มีดัชนีความก้าวหน้าทางการเรียน ด้านทักษะการแก้ปัญหา อยู่ในระดับสูง ($g = 0.71-0.73$) นักเรียนจำนวน 23 คน คิดเป็นร้อยละ 82.14 มีดัชนีความก้าวหน้าทางการเรียน ด้านทักษะการแก้ปัญหา อยู่ในระดับปานกลาง ($g = 0.31 - 0.65$) จากผลการวิเคราะห์ข้อมูล จะเห็นได้ว่า การจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาสามารถช่วยพัฒนาทักษะการแก้ปัญหาของนักเรียนได้ เมื่อพิจารณาโดยภาพรวม นักเรียนส่วนใหญ่มีดัชนีความก้าวหน้าทางการเรียน ด้านทักษะการแก้ปัญหา อยู่ในระดับปานกลาง

2. ผลการพัฒนาเจตคติต่อการเรียน รายวิชา เคมี เรื่อง ปริมาณสัมพันธ์

ผลการเปรียบเทียบเจตคติต่อการเรียนวิชาเคมี เรื่อง ปริมาณสัมพันธ์ ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้ ซึ่งการวิเคราะห์นี้เป็น การเปรียบเทียบคะแนนเจตคติต่อการเรียนวิชาเคมี เรื่อง ปริมาณสัมพันธ์ ของนักเรียนก่อนและหลังได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา

ผลการวิเคราะห์แสดงดังตาราง 4 จากการวิเคราะห์ผลการเปรียบเทียบเจตคติต่อการเรียนวิชาเคมี เรื่อง ปริมาณสัมพันธ์ ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา พบว่า ก่อนการจัดการเรียนรู้ นักเรียนมีค่าเฉลี่ยของเจตคติอยู่ที่ 3.22 คะแนน อยู่ในระดับปานกลาง หลังจากได้รับการจัดการเรียนรู้ ค่าเฉลี่ยของเจตคติเพิ่มขึ้นอย่างเห็นได้ชัดเป็น 4.10 คะแนน อยู่ในระดับดี การเพิ่มขึ้นของค่าเฉลี่ยจาก 3.22 เป็น 4.10 คะแนน แสดงให้เห็นถึง การพัฒนาเจตคติในเชิงบวกต่อการเรียนวิชาเคมี เรื่อง ปริมาณสัมพันธ์อย่างชัดเจน

ตาราง 4

ผลการเปรียบเทียบเจตคติต่อการเรียนวิชาเคมี เรื่อง ปริมาณสัมพันธ์ ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา

การทดสอบ	จำนวนนักเรียน	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	แปลผล
ก่อนเรียน	26	3.22	0.60	ปานกลาง
หลังเรียน	26	4.10	0.50	ดี

อภิปรายผล

ผลจากการวิจัยวัตถุประสงค์ ข้อที่ 1 พบว่า ทักษะการแก้ปัญหาของนักเรียนภายหลังเรียนรู้ผ่านกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา เรื่อง ปริมาณสัมพันธ์ สูงขึ้น โดยคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนอยู่ที่ร้อยละ 70.13 ซึ่งสูงกว่าคะแนนก่อนเรียนที่ร้อยละ 40.14 และมีดัชนีความก้าวหน้าทางการเรียน ด้านทักษะการแก้ปัญหา เรื่อง ปริมาณสัมพันธ์ ระดับปานกลาง (0.501) ทั้งนี้เป็นเพราะการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาเปิดโอกาสให้นักเรียนได้ฝึกการคิดวิเคราะห์ ระบุปัญหา วิเคราะห์สาเหตุ ออกแบบแนวทางแก้ไข ปัญหา โดยการนำความรู้ด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์มาประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหาในสถานการณ์จริงผ่านกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมที่มีขั้นตอนอย่างเป็นระบบ ซึ่งจะช่วยเสริมสร้างความสามารถในการคิดอย่างมีเหตุผล และพัฒนาทักษะการแก้ปัญหาได้อย่างมีประสิทธิภาพ

จากผลการวิเคราะห์ทักษะการแก้ปัญหาของนักเรียนทั้ง 4 ขั้นตอน พบว่า นักเรียนมีคะแนนแตกต่างกันในแต่ละขั้นตอน โดยขั้นตอนการวิเคราะห์และระบุปัญหา และขั้นตอนการรวบรวมข้อมูลเพื่อแก้ปัญหา จะมีคะแนนที่สูงกว่าขั้นตอนการออกแบบวิธีการแก้ปัญหาและวางแผนการดำเนินการ และขั้นตอนการทดสอบ ปรับปรุง และนำเสนอ ทั้งนี้เป็นเพราะลักษณะเฉพาะของทักษะที่นักเรียนใช้ในแต่ละขั้นตอน โดยขั้นตอนการวิเคราะห์และระบุปัญหาเป็นกระบวนการที่อาศัยทักษะพื้นฐานในการสังเกต การตั้งคำถาม และการสำรวจข้อมูลเบื้องต้น ซึ่งเป็นทักษะที่นักเรียนคุ้นเคยและได้รับการพัฒนาอย่างต่อเนื่องมาจากการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ทำให้นักเรียนสามารถประยุกต์ใช้ความรู้ที่มีอยู่เดิมได้ ส่วนขั้นตอนการออกแบบวิธีการแก้ปัญหาและการทดสอบปรับปรุง และนำเสนอผลงาน เป็นทักษะที่มีความซับซ้อนมากกว่า เพราะนักเรียนต้องมีความคิดสร้างสรรค์บูรณาการกับความรู้ในการออกแบบแนวทางแก้ปัญหา สามารถประเมินเพื่อเปรียบเทียบทางเลือกหลายแนวทางและการนำเสนอข้อมูลเพื่อสื่อสารอย่างมีประสิทธิภาพ ดังนั้น ทักษะดังกล่าวจึงจำเป็นต้องผ่านกระบวนการฝึกฝนอย่างต่อเนื่อง เพื่อเพิ่มประสบการณ์ ซึ่งต้องใช้เวลาในการพัฒนามากกว่าขั้นตอนการวิเคราะห์และระบุปัญหา และขั้นตอนการรวบรวมข้อมูลเพื่อแก้ปัญหา

สอดคล้องกับ Hmelo-Silver (2004) ที่ระบุว่า การพัฒนาทักษะการเรียนรู้ด้วยตนเองและทักษะการแก้ปัญหาเป็นกระบวนการที่ซับซ้อน โดยเฉพาะทักษะการออกแบบและปรับปรุงซึ่งต้องอาศัยการคิดเชิงวิพากษ์และการตัดสินใจภายใต้สถานการณ์ที่กำหนด ทักษะเหล่านี้ต้องการการสนับสนุนและการแนะนำอย่างเป็นระบบจากผู้สอนมากกว่าทักษะพื้นฐานอื่นๆ ตามหลักการของ Vygotsky (1978) เสนอว่า ผู้เรียนต้องได้รับการสนับสนุนที่เหมาะสมตามระดับความสามารถ การที่นักเรียนทำได้ดีในขั้นตอนการวิเคราะห์และระบุปัญหา เนื่องจากทักษะนี้เป็นทักษะที่นักเรียนคุ้นเคย และสามารถปฏิบัติได้ด้วยตนเองโดยอาศัยความรู้และทักษะ

ที่นักเรียนมีอยู่แล้ว (Zone of Proximal Development, ZPD) ส่วนทักษะการออกแบบวิธีการแก้ปัญหาและทดสอบ ปรับปรุง และนำเสนออยู่นอกเหนือจาก ZPD ของนักเรียน ทักษะที่นักเรียนสามารถปฏิบัติได้ด้วยตนเอง จึงต้องการการสนับสนุนการเรียนรู้จากผู้สอนเพิ่มเติม เช่น การสาธิต การแนะนำอย่างใกล้ชิด และลดความช่วยเหลือลงเมื่อนักเรียนเริ่มสามารถปฏิบัติได้เอง ทักษะเหล่านี้เป็นทักษะที่มีความซับซ้อน ต้องการการรวมความรู้หลายด้าน และการคิดเชิงวิพากษ์ ซึ่งไม่สามารถพัฒนาได้ในระยะเวลาสั้น

ตัวอย่างเช่น กิจกรรมที่ 1 “รู้เท่าทันหม้อหุงข้าวลดน้ำตาล” นักเรียนได้ฝึกออกแบบวิธีวัดปริมาณน้ำตาลในหม้อหุงข้าวลดน้ำตาล เพื่อตรวจสอบประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์ที่มีการอ้างถึงในโฆษณา กิจกรรมนี้ไม่เพียงแต่ช่วยให้นักเรียนได้ประยุกต์ใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ แต่ยังฝึกให้นักเรียนมีทักษะในการคิดวิเคราะห์และตั้งคำถามเชิงวิทยาศาสตร์ กิจกรรมที่ 2 “สวนในตู้พีชน้ำ” นักเรียนได้ผลิตแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ให้ตู้พีชน้ำโดยใช้ปฏิกิริยาเคมีและยังมีการบูรณาการความรู้จากหลายสาขาวิชาเพื่อแก้ปัญหาที่ซับซ้อนขึ้น โดยนักเรียนต้องควบคุมปริมาณแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ให้เหมาะสมกับความต้องการของพีชน้ำ ซึ่งเป็นการฝึกทักษะการคิดเชิงระบบและการจัดการตัวแปรที่ซับซ้อน ซึ่งเป็นทักษะสำคัญในการแก้ปัญหาในชีวิตจริง และกิจกรรมที่ 3 “บริษัท โวน์ สว.รย.” นักเรียนจะได้ผลิตไวน์จากการใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์เกี่ยวกับการหมักร่วมกับความรู้ทางเทคโนโลยีและวิศวกรรมศาสตร์ในการควบคุมกระบวนการผลิตและความรู้ทางคณิตศาสตร์ในการคำนวณปริมาณแอลกอฮอล์และผลได้ร้อยละ กิจกรรมนี้ช่วยให้นักเรียนเห็นภาพรวมของกระบวนการผลิตและเข้าใจความสำคัญของการควบคุมปัจจัยต่างๆ ในกระบวนการผลิต ซึ่งเป็นทักษะที่สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหาในชีวิตจริงได้

การออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาในลักษณะนี้ช่วยให้นักเรียนได้ฝึกกระบวนการคิดและแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบจนกระทั่งสามารถแก้ปัญหาได้สำเร็จ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Puchongprawet (2023) และ Weerapan & Sawangmek (2023) ที่พบว่าการจัดการเรียนการสอนตามแนวคิดสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมสามารถพัฒนาสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือของนักเรียนได้ โดยการเน้นการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ การกำหนดภาระงานที่ท้าทาย และการเปิดโอกาสให้สื่อสารแลกเปลี่ยนความคิดเห็น ซึ่งสะท้อนให้เห็นถึงประสิทธิภาพของการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาในการพัฒนาทักษะการแก้ปัญหาในลักษณะเดียวกับผลการวิจัยนี้

จะสามารถสรุปได้ว่า การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา ซึ่งเน้นการบูรณาการความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์เข้าด้วยกัน สามารถพัฒนาทักษะการแก้ปัญหาของนักเรียนได้ โดยเฉพาะในขั้นตอนการวิเคราะห์และระบุปัญหา และขั้นตอนการรวบรวมข้อมูลเพื่อแก้ปัญหา แต่ควรเพิ่มการฝึกฝนในขั้นตอนการออกแบบวิธีการแก้ปัญหา และวางแผนการดำเนินการ และขั้นตอนการทดสอบ ปรับปรุง และนำเสนอผลงาน เพื่อให้นักเรียนสามารถแก้ปัญหาที่มีความซับซ้อนในสถานการณ์จริงได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ผลจากการวิจัยวัตถุประสงค์ ข้อที่ 2 พบว่า เจตคติของนักเรียนภายหลังการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา เรื่อง ปริมาณสัมพันธ สูงขึ้นเมื่อเทียบกับก่อนเรียนและเจตคติโดยรวมอยู่ในระดับดี ทั้งนี้อาจเป็นเพราะกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาที่ออกแบบขึ้นเน้นการลงมือปฏิบัติจริงและการนำเสนอกิจกรรมที่แปลกใหม่และน่าสนใจ เช่น กิจกรรมการทำไวน์ หรือ การวัดปริมาณน้ำตาลในหม้อหุงข้าวลดน้ำตาล ซึ่งเป็นเรื่องที่นักเรียนไม่เคยได้เรียนรู้มาก่อนในห้องเรียนทั่วไป ความแปลกใหม่ของสถานการณ์เหล่านี้จึงเป็นสาเหตุที่ทำให้นักเรียนมีแรงจูงใจและเจตคติเชิงบวกเพิ่มขึ้น นอกจากนี้การมีกิจกรรมที่ให้นักเรียนเลือกทางแก้ปัญหาด้วยตนเองยังเป็นปัจจัยสำคัญต่อแรงจูงใจภายในและการเกิดเจตคติเชิงบวก โดยเฉพาะเมื่อนักเรียนสามารถแก้ปัญหาที่ท้าทายได้สำเร็จ จะเกิดความภาคภูมิใจและความมั่นใจ

สอดคล้องกับแนวคิดที่ว่า การเชื่อมโยงเนื้อหากับชีวิตประจำวันช่วยส่งเสริมเจตคติเชิงบวกต่อเคมี โดยผลการวิจัยจากต่างประเทศยังชี้ให้เห็นว่าโปรแกรมเคมีที่อิงบริบทจริงสามารถเพิ่มแรงจูงใจและการรับรู้เชิงบวกต่อวิชาเคมีได้ (Deci & Ryan, 2020) และยังสอดคล้องกับทฤษฎีแรงจูงใจ ARCS ของ Keller (1987) ที่เสนอว่า การกระตุ้นความสนใจ การสร้างความเกี่ยวข้อง การเสริมสร้างความมั่นใจ และการสร้างความพึงพอใจ ล้วนเป็นปัจจัยสำคัญต่อการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพ และยังสอดคล้องกับองค์ประกอบด้านความสามารถ และความเป็นอิสระ ในทฤษฎีการกำหนดตนเอง (Self-Determination Theory หรือ SDT) ซึ่งเป็นแรงจูงใจที่เกิดขึ้นจากภายใน เมื่อบุคคลรู้สึกว่ามีประสิทธิภาพและควบคุมการกระทำของตนเองได้จะช่วยเพิ่มแรงจูงใจและความมั่นใจในการเรียนรู้ (Zhang & Ma, 2023)

จะสามารถสรุปได้ว่า การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา ช่วยสร้างแรงจูงใจและความกระตือรือร้นในการเรียนเคมีผ่านการเรียนรู้ที่เน้นการปฏิบัติจริงและเชื่อมโยงกับชีวิตประจำวันของผู้เรียนอย่างชัดเจน กิจกรรมเหล่านี้ทำให้วิชาเคมี ซึ่งเป็นหัวข้อที่นักเรียนหลายคนรู้สึกว่ายากและซับซ้อนกลายเป็นเรื่องที่ที่น่าสนใจ ท้าทาย และมีความหมาย ความสำเร็จจากการแก้ปัญหาจะให้นักเรียนเกิดความภาคภูมิใจ ความมั่นใจ และแรงบันดาลใจในการเรียนวิชาเคมี อีกทั้งการบูรณาการความรู้จากหลากหลายสาขาวิชาผ่านสถานการณ์ปัญหาไม่เพียงแต่ช่วยให้นักเรียนเข้าใจเนื้อหาวิชาเคมีได้ แต่ยังเปลี่ยนมุมมองและเจตคติของนักเรียนที่มีต่อวิชานี้อีกด้วย

ข้อเสนอแนะ

1. ข้อเสนอแนะในการนำผลวิจัยไปใช้

ผลจากการวิจัยวัตถุประสงค์ที่ 1 พบว่า ทักษะการแก้ปัญหารายวิชาเคมี เรื่อง ปริมาณสัมพันธ์ หลังการจัดการเรียนรู้ด้วยกิจกรรมตามแนวสะเต็มศึกษาดีขึ้น ดังนั้น ครูผู้สอนสามารถนำกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาไปประยุกต์ใช้กับบทเรียน เรื่อง ปริมาณสัมพันธ์ หรือบทเรียนอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง เพื่อช่วยให้นักเรียนมองเห็นภาพและขยายผลกิจกรรมไปสู่การจัดกิจกรรมนอกห้องเรียน หรือโครงการวิทยาศาสตร์ หรือนำตัวอย่างกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาไปใช้ในการอบรมครู เช่น กิจกรรมการทำไวน์ อย่างไรก็ตามการจัดการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา ครูควรวางแผนและบริหารจัดการเวลาให้มีประสิทธิภาพ เนื่องจากบางกิจกรรมต้องใช้เวลาในการดำเนินการอย่างเพียงพอจึงจะประสบความสำเร็จ โดยเฉพาะกิจกรรมการทำไวน์ที่ต้องใช้ระยะเวลาประมาณ 2 สัปดาห์ จึงจะสังเกตความแตกต่างของปริมาณแอลกอฮอล์ได้อย่างชัดเจนและทำให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้อย่างเต็มตามศักยภาพ

ผลจากการวิจัยวัตถุประสงค์ที่ 2 พบว่า เจตคติรายวิชาเคมี เรื่อง ปริมาณสัมพันธ์ หลังได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาอยู่ในระดับดี ดังนั้น ครูผู้สอนสามารถนำกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาไปปรับใช้ในชั้นเรียนเพื่อเพิ่มความเข้าใจและแรงจูงใจในการเรียนรู้ ซึ่งจะช่วยส่งเสริมและรักษาเจตคติเชิงบวกของนักเรียนต่อการเรียนวิชาเคมี โดยการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่หลากหลายและเชื่อมโยงกับชีวิตจริง

2. ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

งานวิจัยนี้ได้ข้อค้นพบ (องค์ความรู้) เกี่ยวกับผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาที่มีต่อทักษะการแก้ปัญหาและเจตคติต่อการเรียนวิชาเคมี ที่สำคัญ คือ การเชื่อมโยงความรู้ทางทฤษฎีกับการปฏิบัติจริงผ่านกิจกรรมเชิงบูรณาการสามารถส่งเสริมทักษะการคิดและสร้างแรงจูงใจในการเรียนรู้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ เช่น นักเรียนสามารถประยุกต์ใช้ความรู้ในการผลิตแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ให้พืชน้ำ และสามารถออกแบบระบบควบคุมการปล่อยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ให้เหมาะสมกับความต้องการของพืชน้ำ การออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ที่เน้นการบูรณาการความรู้จากหลากหลายสาขาวิชาและการสร้างรูปแบบการเรียนรู้ที่เชื่อมโยงห้องเรียนกับสถานการณ์จริงในชีวิตประจำวัน โดยให้ความสำคัญกับการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ จึงเป็นแนวทางที่สำคัญในการพัฒนาการจัดการเรียนการสอน

สำหรับประเด็นในการวิจัยครั้งต่อไปควรทำวิจัยในประเด็นเกี่ยวกับการพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบ STEAM (Science, Technology, Engineering, Arts, and Mathematics) ที่มีการบูรณาการศิลปะเข้ากับวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งผสมผสานความคิดสร้างสรรค์ทางศิลปะเข้ากับกิจกรรม เช่น การออกแบบบรรจุภัณฑ์ ฉลากและสื่อโฆษณาผลิตภัณฑ์ ซึ่งเป็นการบูรณาการความรู้ทางวิทยาศาสตร์เข้ากับศิลปะและการตลาด ซึ่งกิจกรรมนี้จะช่วยเสริมสร้างทักษะการประยุกต์ใช้ความรู้เชิงวิชาการสู่การสร้างนวัตกรรม การบูรณาการที่ครอบคลุมหลากหลายศาสตร์นี้จะช่วยพัฒนานักเรียนให้มีองค์ความรู้และทักษะที่รอบด้านมากขึ้น ส่งผลให้สามารถนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหาและสร้างสรรค์นวัตกรรมในชีวิตจริงได้อย่างมีประสิทธิภาพ

References

- Chonkaew, P., Sukhummek, B., & Faikhamta, C. (2016). Development of analytical thinking ability and attitudes towards science learning of grade-11 students through science technology engineering and mathematics (STEM education) in the study of stoichiometry. *Chemistry Education Research and Practice*, 17(4), 842–861. [in Thai]
- Deci, E. L., & Ryan, R. M. (2020). Intrinsic and extrinsic motivation from a self-determination theory perspective: Definitions, theory, practices, and future directions. *Contemporary Educational Psychology*, 61(2020), 101860-101871.
- Hake, R. R. (1998). Interactive-engagement versus traditional methods: A six-thousand-student survey of Mechanics test data for introductory physics courses. *American Journal of Physics*, 66(1), 64-74.
- Hebebcı, M. T., & Usta, E. (2022). The Effects of Integrated STEM Education Practices on Problem Solving Skills, Scientific Creativity, and Critical Thinking Dispositions. *Participatory Educational Research*, 9(6), 358–379.
- Hmelo-Silver, C. E. (2004). Problem-based learning: What and how do students learn?. *Educational Psychology Review*, 16(3), 235-266.
- Hofstein, A., & Mamlok-Naaman, R. (2011). High-school students' attitudes toward and interest in learning chemistry. *Educación Química*, 22(2), 90–102.

- Keller, J. M. (1987). Development and use of the ARCS model of instructional design. *Journal of instructional development*, 10(3), 2-10.
- Koocharoenpisal, N., Kaewthip, K., Nongnuan, K., & Haritawan., P. (2017). Learning outcome of 9th students using the learning activity packages on the nature rubber latex process integrating science technology engineering and mathematics (STEM). *Journal of Education Naresuan University*, 19(1), 23-37. [in Thai]
- Ministry of Education. (2008). Basic Education Core Curriculum B.E. 2551 (A.D. 2008). Agricultural Co-operative Federation of Thailand Printing. [in Thai]
- Nguyễn, L. C., Hoa, H. Q., & Hien, L. H. P. (2025). Integrating design thinking into STEM education: Enhancing problem-solving skills of high school students. *EURASIA Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 21(4), em2611.
- Office of the National Economic and Social Development Council. (2018). *National Strategy 2018-2037*. Secretariat Office of the National Strategy Committee. [in Thai]
- Puchongprawet, J. (2023). Effects of Instruction Using STEM education Emphasized on Engineering Design Processon Collaborative Problem Solving Competencies of Lower Secondary School Students under the Office of the Higher Education Commission. *Journal of Education Studies, Chulalongkorn University*, 51(1), 1-13. [in Thai]
- Vygotsky, L. S. (1978). *Mind in society: The development of higher psychological processes*. Harvard University Press.
- Weerapan, M., & Sawangmek, S. (2023). STEM education through an engineering design processon the plant response for promoting collaborative problem solving competencies of mathayomsuksa 5 students. *Journal of Graduate Studies Valaya Alongkorn Rajabhat University*, 17(1), 89-102. [in Thai]
- Wicheansang, K., Mophan, N., & Lateh, A. (2019). Effect of STEM Education on Chemistry Achievement, Problem Solving Ability and Instructional Satisfaction of Grade 12 Students. *Journal of Education, Prince of Songkla University, Pattani Campus*, 29(3), 148-158. [in Thai]
- Zhang, L., & Ma, Y. (2023). A study of the impact of project-based learning on student learning effects: A meta-analysis study. *Educational Research Review*, 40, Article 100543.