

การวิจัยปฏิบัติการเพื่อพัฒนาการจัดการเรียนรู้ เรื่อง ปริมาณสารสัมพันธ์
ตามแนวสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม
ที่ส่งเสริมสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ

THE ACTION RESEARCH FOR DEVELOPING LEARNING MANAGEMENT
ON STOICHIOMETRY BASED ON STEM APPROACH EMPHASIZED
ENGINEERING DESIGN PROCESS TO PROMOTE COLLABORATIVE
PROBLEM SOLVING COMPETENCY

จรูญพงษ์ ชลสินธุ์^{1*} สิริณา กิจเกื้อกุล² และวิภารัตน์ เชื้อขวด ชัยสิทธิ์³
Jaroonpong Cholsin^{1*} Sirinapa Kijkuakul² and Wipharat Chuachud Chaiyasith³

^{1,2}คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

^{1,2}Faculty of Education, Naresuan University, Phitsanulok 65000, Thailand

³คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

³Faculty of Science, Naresuan University, Phitsanulok 65000, Thailand

*Corresponding Author, E-mail: mirai_0921@hotmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยเชิงคุณภาพนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อศึกษาวิธีการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาที่ส่งเสริมสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือและผลการจัดการเรียนรู้ที่มีต่อการส่งเสริมสมรรถนะ รูปแบบการวิจัยเป็นวิจัยปฏิบัติการ ประกอบด้วย ขั้นตอนวางแผน ขั้นตอนปฏิบัติ ขั้นสังเกต และขั้นสะท้อนผล ดำเนินเป็นวงจรต่อเนื่องกัน 3 วงจร ปฏิบัติการ ผู้เข้าร่วมวิจัย เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 21 คน ได้มาจากการเลือกแบบเจาะจง เครื่องมือวิจัย ได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้ แบบบันทึกสะท้อนผล แบบทดสอบ และบันทึกประจำวัน และวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้การวิเคราะห์เนื้อหา และตรวจสอบข้อมูลแบบสามเส้า ผลการวิจัยพบว่า การจัดการเรียนรู้ควรประกอบด้วย 10 ขั้นตอน ได้แก่ 1) ขั้นตรวจสอบมโนทัศน์พื้นฐาน 2) ขั้นระบุปัญหา 3) ขั้นศึกษาปัญหา 4) ขั้นพัฒนาวิธีแก้ปัญหาที่เป็นไปได้ 5) ขั้นเลือกวิธีแก้ปัญหาที่ดีที่สุด 6) ขั้นสร้างชิ้นงาน 7) ขั้นทดสอบและประเมินวิธีแก้ปัญหา/ชิ้นงาน 8) ขั้นนำเสนอวิธีแก้ปัญหา 9) ขั้นปรับปรุงแก้ไข และ 10) ขั้นการสรุปและประเมินผล ซึ่งช่วยให้ นักเรียนส่วนใหญ่มีสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมืออยู่ในระดับกลาง ทั้งนี้ นักเรียนไม่สามารถระบุเงื่อนไขและข้อจำกัดของปัญหาและไม่สามารถรับมือกับความขัดแย้งที่เกิดจากการทำงานร่วมกันได้ ดังนั้นการจัดการเรียนรู้ควรส่งเสริมให้มีการนำเสนอข้อมูลเชิงหลักการสนับสนุนวิธีแก้ปัญหานักเรียนมากขึ้น และให้ความสำคัญกับบทบาทของสมาชิกกลุ่มแต่ละคนได้มีส่วนร่วม ตลอดจนการสร้างความตระหนักถึงความสำคัญของสมาชิกและการยอมรับซึ่งกันและกันให้มากขึ้น

คำสำคัญ: สะเต็มศึกษา กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม การแก้ปัญหาแบบร่วมมือ

Abstract

This qualitative research aims to develop the STEM approach based on engineering design process to enhance the collaborative problem solving competency (CPS) and the effect of teaching approach to promote CPS. The research methodology was the action research consisting of Plan, Action, Observe and Reflect, which proceeded continue in 3 cycles. The participants were 21 students of grade 10th with purposive sampling. Research instruments included 3 lesson plans, CPS test, Research journal and Reflect journal. Data analysis by content analysis and data credibility by triangulation method were used. The result reveal that the STEM approach consist of 10 steps included 1) Pre-concept investigation, 2) Identify need or problem, 3) Research need or problem, 4) Develop possible solution, 5) Select the best solution, 6) Construct a prototype, 7) Test and evaluate the solution, 8) Communicate the solution, 9) Redesign, and 10) conclusion and evaluation step. Furthermore, the result indicated that most students had a middle level of competency. Students could not identify the criteria and constraints of the problems. In addition, they could not handle with conflict, which happened when working together. Therefore, in the learning management should encourage the students have to present more theoretical data to support their solutions. Besides, to focus on the role of each member is importance. So, they would perform their own duties and more contribute along with raising awareness of more mutual acceptance.

Keywords: STEM Education, Engineering Design Process, Collaborative Problem Solving

บทนำ

ปริมาณสารสัมพันธ์เป็นการศึกษาความสัมพันธ์ของปริมาณสารในปฏิกิริยาเคมี สามารถใช้คาดคะเนหรือคำนวณปริมาณสารที่ต้องใช้ทำปฏิกิริยาเพื่อให้เกิดผลิตภัณฑ์ที่ต้องการได้ โดยความรู้ในเรื่องปริมาณสารสัมพันธ์สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการผลิตในอุตสาหกรรมต่างๆ ได้ (Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology, 2014) ปริมาณสารสัมพันธ์ถือเป็นความรู้พื้นฐานเคมีที่สำคัญ แต่ก็ยังพบว่านักเรียนส่วนใหญ่มีปัญหาในเรื่องการประยุกต์ใช้ความรู้ในการแก้ปัญหาเกี่ยวกับปริมาณสารสัมพันธ์รวมถึงการคำนวณปริมาณสารสัมพันธ์ในปฏิกิริยาเคมีต่างๆ ซึ่งผลที่ตามมาคือทำให้นักเรียนไม่สามารถนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในการเรียนต่อยอดหรือการแก้ปัญหาต่างๆ ในเรื่องที่เกี่ยวข้องกับปริมาณสารสัมพันธ์ ทำให้เป็นอุปสรรคต่อการเรียนวิชาเคมี (BouJaoude & Barakat, 2003; Bridges, 2015) ทั้งนี้ อาจเป็นเพราะการจัดการเรียนรู้อย่างปัจจุบันยังไม่ส่งเสริมให้นักเรียนได้ประยุกต์ใช้ความรู้ที่มี ในการแก้ปัญหาในสถานการณ์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริง

ผลการประเมินทักษะการแก้ปัญหาใน The Programme for International Student Assessment (PISA) ปี 2012 พบว่า นักเรียนไทยมีสมรรถนะในการแก้ปัญหายอยู่ในระดับต่ำกว่ามาตรฐานถึงร้อยละ 50 ซึ่งจัดได้ว่าเป็นกลุ่มเสี่ยงและแสดงให้เห็นว่าไม่สามารถใช้ประโยชน์จากความรู้ที่ได้เรียนมา และจะประสบความยุ่งยากในชีวิตการทำงานหรือการศึกษาต่อในระดับที่สูงขึ้น (Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology, 2014, p. 182) ถึงแม้ว่าจะมีนักเรียนไทยบางส่วนที่มีระดับสมรรถนะการแก้ปัญหในระดับสูง

(2.5%) แต่ก็ยังถือว่าต่ำกว่าค่าเฉลี่ยของ OECD อยู่ค่อนข้างมาก โดยประเทศไทยมีค่าเฉลี่ยสมรรถนะการแก้ปัญหา อยู่ที่ 427 (Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology, 2014, pp. 46–54) ดังนั้น การส่งเสริมและพัฒนาให้นักเรียนมีสมรรถนะการแก้ปัญหาที่สูงขึ้นนั้น มีความสำคัญอย่างยิ่ง นอกจากนี้ การประเมินสมรรถนะการแก้ปัญหาใน PISA ปี 2015 เป็นการประเมินที่เน้นการแก้ปัญหาแบบร่วมมือหรือ Collaborative problem solving (CPS) ซึ่งนักเรียนจะต้องอาศัยการทำงานเป็นกลุ่มในการที่จะร่วมกันทำความเข้าใจปัญหา สื่อสารและแลกเปลี่ยนข้อมูลเพื่อการแก้ปัญหา รวมถึงร่วมกันหาแนวทางในการแก้ปัญหา เป็นต้น โดยสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือนั้น PISA (OECD, 2013) ได้ให้ความหมายว่า เป็นความสามารถของบุคคล ในการเข้าร่วมแก้ปัญหาผ่านกระบวนการแก้ปัญหาแบบกลุ่ม โดยการแบ่งปันความเข้าใจ ความรู้ ทักษะที่มีและ การช่วยเหลือกันในกลุ่มในการแก้ปัญหา มีสมรรถนะ ดังนี้ 1) การสร้างและเก็บรักษาความเข้าใจที่มีร่วมกัน คือ ความสามารถในการระบุนความรู้ร่วมกัน ระบุมุมมองของกลุ่มร่วมกัน และแบ่งปันความเข้าใจปัญหาร่วมกัน 2) การเลือกวิธีดำเนินการที่เหมาะสมในการแก้ปัญหา คือ ความสามารถในการระบุนวิธีแก้ปัญหาร่วมกันเพื่อนำไปสู่ การแก้ปัญหาอย่างเหมาะสม และ 3) การสร้างและรักษาระเบียบของกลุ่ม คือ ความสามารถในการเข้าใจบทบาท และหน้าที่ทั้งของตนเองและสมาชิกในกลุ่มในการแก้ปัญหา โดยตั้งอยู่บนฐานของความรู้และทักษะของแต่ละ บุคคล นอกจากนี้ สมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือนี้ถือได้ว่าเป็นสมรรถนะใหม่สำหรับนักเรียนและในบริบท ของการจัดการเรียนรู้ที่มุ่งส่งเสริมสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือยังมีไม่มากนัก ดังนั้น ผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะส่งเสริมและพัฒนาศักยภาพของนักเรียนในด้านสมรรถนะดังกล่าวและเพื่อเป็นการเตรียมความพร้อมให้กับ นักเรียนมีทักษะในการทำงานตลอดจนเป็นนักแก้ปัญหาที่ดีทั้งในปัจจุบันและอนาคตโดยคำนึงถึงสังคมและคนรอบข้างมากขึ้น นอกจากนี้ บริบทของการจัดการเรียนรู้ ผู้วิจัยเห็นว่า การจัดการเรียนรู้ควรมีลักษณะบูรณาการและเน้น การแก้ปัญหาที่สอดคล้องกับชีวิตจริงมากขึ้น โดยรูปแบบของการแก้ปัญหานั้นควรมีการส่งเสริมให้นักเรียนได้ ร่วมกันแก้ปัญหาแบบกลุ่ม มีกระบวนการแก้ปัญหาที่เป็นระบบ เพื่อส่งเสริมให้นักเรียนมีสมรรถนะการแก้ปัญหา แบบร่วมมือ

จากที่กล่าวข้างต้น แนวทางการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการในศตวรรษที่ 21 ที่สามารถช่วยส่งเสริม สมรรถนะการแก้ปัญหาของนักเรียนได้ และกำลังเป็นที่สนใจ นั่นคือ สะเต็มศึกษา ซึ่งเป็นการสอนแบบบูรณาการ ข้ามกลุ่มสาขาวิชา ได้แก่ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และ คณิตศาสตร์ เพื่อให้นักเรียนนำความรู้ ทุกแขนงมาใช้ในการแก้ปัญหา การค้นคว้า และการพัฒนาสิ่งต่างๆ ในสถานการณ์โลกปัจจุบัน (Siripatharachai, 2013, p. 50) ทั้งนี้ มีวิธีการจัดการเรียนรู้ที่สอดคล้องตามแนวทางสะเต็มศึกษาอยู่หลายวิธี เช่น การจัดการเรียนรู้ แบบสืบเสาะ การจัดการเรียนรู้แบบโครงงานเป็นฐาน การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน รวมถึงการนำ กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม มาใช้ในการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา (Lou, et al.; Asghar, et al.; Householder & Hailey; Morgan, et al.; Robert as cited in Kijkuakul, 2015) ในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยได้นำ กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมของ Hynes, et al. (as cited in Householder & Hailey, 2012, p. 11) มาประยุกต์ใช้และพัฒนาเป็นรูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาที่ส่งเสริมต่อการพัฒนาสมรรถนะ การแก้ปัญหาแบบร่วมมือของนักเรียน เรื่อง ปริมาณสารสัมพันธ์ สิ่งสำคัญที่จะเกิดขึ้นกับตัวนักเรียนจากการใช้ กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมในการจัดการเรียนรู้ คือ ความสามารถในการแก้ปัญหาที่เกี่ยวข้องกับ การออกแบบเชิงวิศวกรรม เนื่องจากเป็นปัญหาที่ไม่มีวิธีการแก้ปัญหาหรือคำตอบที่ตายตัว หรือที่เรียกว่า ill-structured problems นักเรียนจะต้องเรียนรู้วิธีการหรือกระบวนการที่จะนำไปสู่การค้นหาคำตอบในการ แก้ปัญหาที่เป็นไปได้มากที่สุดผ่านกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ตลอดจนการร่วมมือกันในการแก้ปัญหา เป็นกลุ่มหรือทีม (Householder & Hailey, 2012, p. 5) ผู้วิจัยคาดหวังว่าการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา

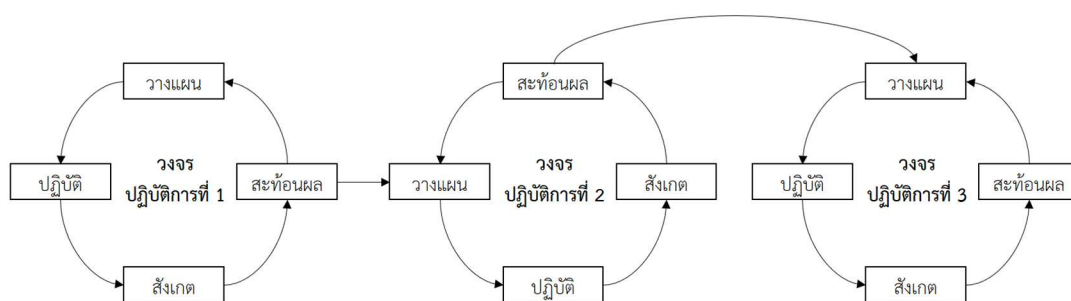
สามารถช่วยพัฒนาสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือของนักเรียนได้ และช่วยพัฒนาให้นักเรียนสามารถประยุกต์ใช้ความรู้ในลักษณะการบูรณาการเพื่อการแก้ปัญหาเกี่ยวกับปริมาณสารสัมพันธ์และสามารถประยุกต์ใช้ความรู้ในชีวิตจริงได้ และถือเป็นการเตรียมพร้อมให้นักเรียนสามารถเผชิญปัญหาต่างๆ ที่เกิดขึ้นในชีวิตจริงสามารถหาวิธีหรือแนวทางการแก้ไขปัญหาได้อย่างเหมาะสมและมีประสิทธิภาพ

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. ศึกษาวิธีการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมที่ส่งเสริมสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ เรื่อง ปริมาณสารสัมพันธ์
2. ศึกษาผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมที่ส่งเสริมสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ เรื่อง ปริมาณสารสัมพันธ์

ระเบียบวิธีวิจัย

ผู้วิจัยใช้รูปแบบการวิจัยปฏิบัติการเชิงคุณภาพ ตามแบบของ Schmuck (as cited in Kijkuakul, 2014, pp. 149–152) ซึ่งมีประโยชน์ต่อการพัฒนาผู้วิจัยในฐานะครู โดยเป็นการวิจัยเพื่อแก้ปัญหาในชั้นเรียนและพัฒนาการสอนของครู ดังนั้นบริบทของการวิจัยจึงมีความจำเพาะ (Wongwanich, 2014) และด้วยการวิจัยเชิงคุณภาพ จะทำให้ผู้วิจัยได้ข้อมูลเกี่ยวกับการพัฒนาการจัดการเรียนรู้และการพัฒนาศักยภาพของนักเรียนในเชิงลึกมากขึ้น โดยอาศัยหลักฐานเชิงประจักษ์และการสะท้อนผลเป็นหลัก ได้เป็นข้อสรุปที่มีประโยชน์ ตลอดจนเกิดเป็นแนวปฏิบัติที่ดี นำไปสู่องค์ความรู้ใหม่ที่สามารถนำไปใช้ปรับปรุงการจัดการเรียนรู้และพัฒนานักเรียนได้ (Faikhamta, 2016) โดยมีขั้นตอนการดำเนินการเป็นวงจรปฏิบัติการ 4 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นวางแผน ขั้นปฏิบัติ ขั้นสังเกต และขั้นสะท้อนผล ดำเนินการในลักษณะเป็นวงจรที่ต่อเนื่องกัน โดยจำนวนวงจรปฏิบัติการที่ผู้วิจัยได้กำหนดไว้สำหรับการดำเนินงานวิจัยนี้คือ 3 วงจรปฏิบัติการ ดังภาพ 1



ภาพ 1 การดำเนินการของวงจรปฏิบัติการ

1. ผู้เข้าร่วมวิจัย นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2558 จำนวน 21 คน ได้มาจากการเลือกแบบเจาะจง

2. เครื่องมือวิจัย

2.1 แผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาที่ประยุกต์ใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมของ Hynes, et al. (as cited in Householder & Hailey, 2012, p. 11) เรื่อง ปริมาณสารสัมพันธ์ จำนวน 3 แผน ประกอบด้วย แผนที่ 1 สารหล่อเย็น (Coolant) แผนที่ 2 ทำให้แข็ง (Keep it Freeze) และแผนที่ 3 วิทยาจรวด (Rocketology) ทั้งนี้ ชิ้นงาน ใบบันทึกกิจกรรม ถือเป็นส่วนหนึ่งของแผน โดยผู้วิจัยได้ทำการออกแบบและสร้างแผนการจัดการเรียนรู้และให้ที่ปรึกษาวิจัยตรวจสอบความเหมาะสมของกิจกรรมการเรียนรู้ และนำข้อเสนอแนะมาปรับปรุงแก้ไข แล้วนำมาใช้กับผู้เข้าร่วมวิจัย (ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ รายละเอียดในหัวข้อสรุปและอภิปรายผล)

2.2 บันทึกประจำวันหรือแบบบันทึกสะท้อนผล เป็นแบบบันทึกสำหรับผู้วิจัยและผู้สังเกตการสอน (ประกอบด้วย ครูชำนาญการพิเศษ และครูชำนาญการ) วิชาภาษาอังกฤษเกี่ยวกับขั้นตอนการจัดการเรียนรู้และสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือของนักเรียน โดยเป็นการเขียนอิสระตามหัวข้อที่กำหนด

2.3 แบบทดสอบสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ ใช้เพื่อประเมินและจัดกลุ่มระดับสมรรถนะของนักเรียน หลังการจัดการเรียนรู้ที่ผู้วิจัยจัดขึ้น มีลักษณะเป็นข้อสอบอัตนัยจำนวน 12 ข้อตามแนวทางของ PISA 2015 ครอบคลุมสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือทั้ง 3 ด้าน (OECD, 2013) โดยดัชนีความสอดคล้อง (IOC) มีค่าระหว่าง 0.67 – 1

3. วิธีเก็บรวบรวมข้อมูล วิธีการเก็บรวบรวมข้อมูลจะดำเนินการตามรูปแบบวิจัยปฏิบัติการในชั้นเรียน ดังนี้

3.1 ขั้นวางแผน ผู้วิจัยศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา และความสำคัญของการส่งเสริมให้นักเรียนมีสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ ศึกษาปัญหาในชั้นเรียนจากการสอนและการสังเกตพฤติกรรมของนักเรียน ตลอดจนวิเคราะห์หลักสูตร มาตรฐานและผล การเรียนรู้ในเรื่อง ปริมาณสารสัมพันธ์ จากนั้นวางแผนและออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาและสร้างเครื่องมือในการวิจัย คือ แผนการจัดการเรียนรู้ แบบบันทึกการสะท้อนผล และแบบทดสอบ

3.2 ขั้นปฏิบัติ ผู้วิจัยดำเนินการจัดการเรียนรู้ตามที่ได้วางแผน โดยจัดการเรียนรู้จริงลงบันทึกประจำวัน 1 แผนการจัดการเรียนรู้ พร้อมทั้งบันทึกผลการจัดการเรียนรู้จากการปฏิบัติจริงลงบันทึกประจำวัน

3.3 ขั้นสังเกต ผู้วิจัยสังเกตผลการจัดการเรียนรู้ที่เกิดจากการลงมือปฏิบัติ รวมถึงพฤติกรรม การเรียนรู้ของนักเรียนที่เกิดจากการทำกิจกรรมในชั้นเรียน รวมไปถึงข้อมูลจากใบบันทึกกิจกรรม ชิ้นงาน เพื่อนำไปสู่การสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้และการพัฒนาสมรรถนะของนักเรียนต่อไป นอกจากนี้ ผู้สังเกต การสอนทำการสังเกตการจัดการเรียนรู้ที่ผู้วิจัยจัดขึ้น

3.4 ขั้นสะท้อนผล ผู้วิจัยทำการสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ร่วมกับผู้สังเกตการสอน โดยแหล่งข้อมูลมาจากการสังเกตและการใช้เครื่องมือต่างๆ เช่น แบบบันทึกสะท้อนผล บันทึกประจำวัน ใบบันทึกกิจกรรม และชิ้นงานของนักเรียน ให้ได้เป็นข้อค้นพบหรือแนวทางในการปฏิบัติเพื่อนำไปใช้ปรับปรุงแก้ไข และพัฒนาการจัดการเรียนรู้ในวงจรปฏิบัติการถัดไป ดังภาพ 1

4. วิธีการวิเคราะห์ข้อมูล ผู้วิจัยได้นำข้อมูลจากการเก็บรวบรวมมาวิเคราะห์ผลการจัดการเรียนรู้ ที่ส่งเสริมสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ โดยแบ่งเป็น 2 ส่วน คือ

4.1 เพื่อปรับปรุงและพัฒนาการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา แหล่งที่มาของข้อมูล ได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้ แบบบันทึกการสะท้อนผล และบันทึกประจำวัน ทำการวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้การวิเคราะห์ เนื้อหา ติความและสรุปข้อมูลเพื่อนำมาซึ่งรูปแบบหรือข้อสรุปของแนวทางการจัดการเรียนรู้ว่า การจัดการเรียนรู้

ตามแนวสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมที่ส่งเสริมสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ ควรจัดอย่างไร มีข้อปรับปรุงแก้ไขอย่างไรบ้างในแต่ละแผน เพื่อนำไปสู่แนวทางปฏิบัติจริงที่ดี (Best practice) ของแนวทางในการจัดการเรียนรู้ และทำการตรวจสอบข้อมูลเชิงคุณภาพด้วยวิธีสามเส้าแบบ Resource triangulation

4.2 วิเคราะห์ผลการจัดการเรียนรู้ในการพัฒนาสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือของนักเรียน แหล่งที่มาของข้อมูลได้จากแบบทดสอบ แบบบันทึกการสะท้อนผล บันทึกประจำวัน รวมถึงชิ้นงานและใบบันทึก กิจกรรมของนักเรียน ทำการวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้การวิเคราะห์เนื้อหา เพื่อตีความและสรุปข้อมูล ให้ทราบถึง การพัฒนาสมรรถนะของนักเรียนจากการร่วมทำกิจกรรมในชั้นเรียน และผลการทดสอบสมรรถนะ ทำการวิเคราะห์และจัดกลุ่มระดับสมรรถนะของนักเรียน ตามแนวทางของ PISA 2015 (OECD, 2013) ดังตาราง 1 การสรุปผลจะแสดงข้อมูลในรูปของร้อยละ ทำการตรวจสอบข้อมูลเชิงคุณภาพด้วยวิธีสามเส้าแบบ Method triangulation

ตาราง 1 ระดับสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือตามแนวทางของ PISA 2015

ระดับสมรรถนะ	รายละเอียด
ระดับต่ำ	นักเรียนระบุปัญหาและองค์ความรู้ที่จำเป็นต่อการแก้ปัญหาได้น้อยมากหรือไม่มีความสอดคล้องต่อปัญหา มีการสื่อสารหรือแบ่งปันข้อมูลเกี่ยวกับปัญหาน้อยมากและไม่เกี่ยวข้องกัปัญหา มีการแก้ปัญหาแบบลองผิดลองถูก มีแนวทางการแก้ปัญหาที่ไม่มีความสอดคล้องต่อสถานการณ์ปัญหาที่เผชิญ ไม่สามารถตรวจสอบความผิดพลาดที่เกิดจากการดำเนินการแก้ปัญหาของกลุ่มได้และให้ความช่วยเหลือสมาชิกในการแก้ปัญหาน้อยมาก นักเรียนแสดงถึงการไม่มีความเข้าใจในบทบาทหน้าที่ของตนเองและปฏิบัติหน้าที่ที่ได้รับมอบหมายอย่างไม่เหมาะสม
ระดับกลาง	นักเรียนสามารถระบุปัญหาและองค์ความรู้ที่จำเป็นต่อการแก้ปัญหาได้ค่อนข้างสอดคล้องกับสถานการณ์ปัญหาที่เผชิญ สามารถระบุเงื่อนไขและข้อจำกัดของปัญหาได้ มีการสื่อสารหรือแบ่งปันข้อมูลเกี่ยวกับปัญหาเมื่อถูกกระตุ้น สามารถกำหนดเป้าหมาย ระบุแนวทางและวางแผนในการแก้ปัญหาผ่านการร่วมมือกันในกลุ่มได้สอดคล้องต่อบริบทและสถานการณ์ที่เผชิญได้บางส่วน นักเรียนให้ความร่วมมือในการดำเนินการแก้ปัญหาของกลุ่มและปฏิบัติหน้าที่ตามบทบาทได้อย่างเหมาะสม สามารถตรวจสอบความผิดพลาดที่เกิดจากการดำเนินการแก้ปัญหาของกลุ่มและของสมาชิกได้ สามารถยอมรับข้อผิดพลาดของตนเองและของสมาชิกได้ค่อนข้างเหมาะสม
ระดับสูง	นักเรียนเป็นผู้ริเริ่มในการดำเนินการแก้ปัญหา สามารถระบุปัญหาและองค์ความรู้ที่จำเป็นต่อการแก้ปัญหาตลอดจนระบุเงื่อนไขและข้อจำกัดของปัญหาได้อย่างชำนาญ สามารถตรวจสอบความผิดพลาดที่เกิดจากการสื่อสารของสมาชิกได้ เป็นผู้ริเริ่มในการวางแผนและออกแบบวิธีแก้ปัญหา สามารถตรวจสอบและแก้ไขปัญหาที่เป็นผลมาจากการดำเนินการแก้ปัญหาของกลุ่มและของสมาชิกได้อย่างเหมาะสม นักเรียนแสดงให้เห็นถึงการเข้าใจบทบาทหน้าที่ของตนเองและของสมาชิก สามารถปฏิบัติหน้าที่ได้อย่างเหมาะสม สามารถรับมือกับความขัดแย้งหรืออุปสรรคที่เกิดขึ้นได้อย่างเหมาะสม ตลอดจนการให้ความช่วยเหลือสมาชิกเมื่อเกิดปัญหาได้อย่างเหมาะสม

สรุปและอภิปรายผลการวิจัย

ตอนที่ 1 แนวทางในการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เมื่อจัดการเรียนรู้ครบทั้ง 3 วงจรปฏิบัติการ พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่ขาดมโนทัศน์พื้นฐานเกี่ยวกับเนื้อหาที่เพียงพอ ส่งผลให้นักเรียนไม่สามารถวางแผนในการแก้ปัญหาได้ ผู้วิจัยควรมีขั้นตอนในการตรวจสอบและปรับมโนทัศน์พื้นฐานของนักเรียนให้เพียงพอก่อนนำนักเรียนเข้าสู่กิจกรรมบูรณาการ นอกจากนี้ การจัดการเรียนรู้ควรมีขั้นตอนที่ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มมีการระบุหน้าที่การทำงานหรือหน้าที่รับผิดชอบที่แสดงให้เห็นว่านักเรียนจะได้แสดงบทบาทหน้าที่ที่ตนเองได้รับอย่างเต็มที่ เพื่อแสดงให้เห็นว่านักเรียนมีการร่วมกันแก้ปัญหาแบบกลุ่มในทุกๆ ขั้นตอนของกระบวนการจัดการเรียนรู้ และผลการวิเคราะห์ข้อมูล พบว่า การจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมที่ส่งเสริมสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือควร ประกอบด้วย 10 ขั้นตอน ดังนี้

1. ขั้นตรวจสอบมโนทัศน์พื้นฐาน เป็นขั้นตอนที่ผู้วิจัยทำการตรวจสอบมโนทัศน์พื้นฐานของนักเรียนโดยจัดกิจกรรมที่ส่งเสริมมโนทัศน์พื้นฐานเกี่ยวกับเนื้อหา เช่น ความรู้พื้นฐานของสารละลาย ความสัมพันธ์ของสารในปฏิกิริยาเคมี สมการเคมีและการคำนวณพื้นฐานที่เกี่ยวข้อง ตลอดจนเป็นการปรับมโนทัศน์พื้นฐานของนักเรียนให้เพียงพอ และสามารถนำไปพัฒนาต่อยอดสู่ความรู้ในเรื่องปริมาณสารสัมพันธ์ได้ ดังนั้น ก่อนการจัดกิจกรรมบูรณาการควรให้นักเรียนมีมโนทัศน์พื้นฐานที่สอดคล้องกับระดับพัฒนาการของนักเรียน (Vygotsky as cited in Gauvain & Cole, 1997)

2. ขั้นระบุปัญหา เป็นขั้นตอนที่นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันศึกษาสถานการณ์ปัญหา ร่วมกันวิเคราะห์และทำการระบุปัญหา ตลอดจนเงื่อนไขและข้อจำกัดจากสถานการณ์ที่กำหนด โดยสถานการณ์ปัญหาที่กำหนดขึ้นนั้น จะส่งเสริมให้นักเรียนได้เกิดกระบวนการคิดแก้ปัญหาร่วมกันกับกลุ่ม เกิดการแบ่งปันความเข้าใจและมุมมองของปัญหาร่วมกัน นำไปสู่การกำหนดเป้าหมายตลอดจนแนวทางการแก้ปัญหา ซึ่งสอดคล้องกับ Morgan, et al. (2013) ได้กล่าวว่าในการแก้ปัญหานั้น การระบุปัญหาเป็นสิ่งสำคัญ การแก้ปัญหาเชิงวิศวกรรม นักเรียนจะต้องเข้าใจปัญหา วิเคราะห์ข้อจำกัดและเงื่อนไขของปัญหาที่เผชิญผ่านการร่วมมือของกลุ่ม และร่วมกันกำหนดเป้าหมายในการแก้ปัญหาย่างเหมาะสมโดยสมาชิกทุกคนในกลุ่มต้องมีส่วนร่วมต่อการกำหนดปัญหาและมีมุมมองต่อปัญหาในทิศทางเดียวกัน การนำเสนอปัญหานั้น กิจกรรมสามารถใช้สื่อต่างๆ เช่น วิดีทัศน์ รูปภาพ ข่าวหรือเหตุการณ์ต่างๆ ที่มีความเชื่อมโยงกับปัญหา ซึ่งจะช่วยกระตุ้นความสนใจนักเรียนได้ดียิ่งขึ้น โดยก่อนที่จะให้นักเรียนทำการวิเคราะห์ปัญหานั้น ควรให้นักเรียนได้ทำการแบ่งกลุ่ม โดยที่นักเรียนเป็นผู้ตัดสินใจในการเลือกกลุ่มตามความสมัครใจของนักเรียน (Householder & Hailey, 2012) ซึ่งการเรียนรู้แบบกลุ่มจะช่วยให้นักเรียนได้เกิดการเรียนรู้แบบร่วมมือ ช่วยเหลือและร่วมมือกันแก้ปัญหาให้ประสบความสำเร็จ ส่งเสริมความรับผิดชอบต่อหน้าที่ รวมถึงการพัฒนาทักษะในด้านสังคมอีกด้วย (Johnson, et al. as cited in Khammani, 2014)

3. ขั้นศึกษาปัญหา เป็นขั้นตอนที่แต่ละกลุ่มระบุความรู้ที่ต้องใช้ในการแก้ปัญหาและร่วมกันค้นคว้าหาความรู้ที่เกี่ยวข้องกับปัญหาจากแหล่งข้อมูลต่างๆ และนำข้อมูลเหล่านั้นไปใช้ในการออกแบบและวางแผนในการแก้ปัญหา ดังที่ Morgan, et al. (2013) ได้กล่าวว่าการแก้ปัญหาเชิงวิศวกรรมนั้นจะต้องมีการสืบค้นหาข้อมูลภูมิหลังที่เกี่ยวข้องกับปัญหาหรือศึกษาวิธีแก้ปัญหาที่เคยมีมาในอดีตอย่างครอบคลุมและต้องเข้าใจอย่างลึกซึ้ง เพื่อไม่ให้เกิดปัญหาหรือความผิดพลาดซ้ำเดิมและนำไปสู่การออกแบบและพัฒนาวิธีแก้ปัญหาที่มีประสิทธิภาพ

4. ขั้นพัฒนาวิธีแก้ปัญหาที่เป็นไปได้ เป็นขั้นตอนที่นักเรียนนำข้อมูลที่ได้ศึกษามาใช้เป็นฐานในการพัฒนาวิธีแก้ปัญหาที่เป็นไปได้ โดยคำนึงถึงข้อจำกัดและเงื่อนไขของปัญหาที่สถานการณ์กำหนด และตั้งอยู่บน

หลักการหรือทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ (Morgan, et al., 2013; Householder & Hailey, 2012) ซึ่งในขั้นตอนนี้อาจกำหนดให้นักเรียนทำการออกแบบวิธีแก้ปัญหาคือเป็นไปได้อย่างไรบุคคล เพื่อให้นักเรียนได้แสดงแนวคิดหรือวิธีในการแก้ปัญหานักเรียนเอง ซึ่งเป็นการกระตุ้นให้สมาชิกในกลุ่มมีส่วนร่วม และส่งผลให้เกิดวิธีแก้ปัญหามากมาย

5. ขั้นเลือกวิธีแก้ปัญหาคือดีที่สุด เป็นขั้นตอนที่กลุ่มร่วมกันระดมสมองเพื่อเลือกวิธีแก้ปัญหาคือมีความเป็นไปได้มากที่สุด การร่วมกันตัดสินใจเลือกวิธีแก้ปัญหานั้น ช่วยส่งเสริมให้นักเรียนได้เกิดทักษะในด้านการคิด การแก้ปัญหา การอภิปรายโต้แย้ง ในการแก้ปัญหาคือเกี่ยวข้องกับการออกแบบเชิงวิศวกรรม ซึ่งสอดคล้องกับ Householder and Hailey (2012) ที่กล่าวว่า ในการเลือกวิธีแก้ปัญหาคือดีที่สุดอย่างมีประสิทธิภาพนั้นควรมาจากแนวคิดและการตัดสินใจของสมาชิกในกลุ่มทุกคน โดยสมาชิกทุกคนมีวิธีแก้ปัญหาคือของตนเอง แบ่งปันและนำเสนอวิธีแก้ปัญหานั้นกับกลุ่มตามแนวคิดของตนเองอย่างเท่าเทียม

6. ขั้นสร้างชิ้นงาน เป็นขั้นตอนที่นักเรียนแต่ละกลุ่มดำเนินการแก้ปัญหาคือตามวิธีแก้ปัญหาคือที่กลุ่มได้ออกแบบและวางแผนร่วมกัน โดยนักเรียนจะต้องช่วยกันสร้างชิ้นงานภายใต้เงื่อนไขและเวลาที่ผู้วิจัยกำหนด สอดคล้องกับงานวิจัย Brophy, et al. (2008) ที่พบว่า ในการแก้ปัญหาคือเชิงวิศวกรรมโดยมีการให้นักเรียนได้ออกแบบและสร้างโมเดลหรือชิ้นงานขึ้นมาภายใต้เงื่อนไขและข้อจำกัดที่กำหนด สามารถส่งเสริมทักษะในการคิดวิเคราะห์และการแก้ปัญหาขั้นสูงของนักเรียนได้ ชิ้นงานจะทำให้การแก้ปัญหาคือเชิงวิศวกรรมเป็นรูปธรรม การสร้างชิ้นงานนั้นเปรียบเสมือนการนำหลักการหรือทฤษฎีมาสู่การปฏิบัติจริง นักเรียนเกิดการเรียนรู้ด้วยการลงมือปฏิบัติ ซึ่งช่วยส่งเสริมให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ได้ดีขึ้น (Brophy, et al., 2008; Householder & Hailey, 2012; Morgan, et al., 2013)

7. ขั้นทดสอบและประเมินวิธีแก้ปัญหาคือ/ชิ้นงาน เป็นขั้นตอนที่นักเรียนแต่ละกลุ่มนำชิ้นงานหรือวิธีแก้ปัญหาคือของกลุ่มมาทำการทดสอบหรือดำเนินการแก้ปัญหาคือตามที่ได้วางแผนไว้ภายใต้เงื่อนไขและข้อจำกัดที่กำหนด นักเรียนเกิดการเรียนรู้และได้รับประสบการณ์จากข้อค้นพบและข้อผิดพลาดที่เกิดขึ้น (Householder & Hailey, 2012; Morgan, et al., 2013) นอกจากนี้ Brophy, et al. (2008) ได้กล่าวว่า การให้นักเรียนได้ทำการตรวจสอบและประเมินการออกแบบและชิ้นงานของตนเอง มีการซ่อมแซม ปรับปรุง หรือทำซ้ำ จะช่วยให้นักเรียนเข้าใจปัญหามากขึ้นและทำให้ทราบถึงประสิทธิภาพของชิ้นงานที่สร้างขึ้น รวมถึงประสิทธิภาพของวิธีแก้ปัญหาคือว่าเป็นไปตามที่วางแผนไว้หรือไม่

8. ขั้นนำเสนอวิธีแก้ปัญหาคือ เป็นขั้นตอนที่แต่ละกลุ่มทำการรายงานผลการดำเนินการแก้ปัญหาคือ โดยมีการรายงานและอภิปรายถึงข้อดีข้อด้อยของชิ้นงาน ความสำเร็จของการดำเนินงาน ปัญหาและอุปสรรคที่เกิดขึ้น ตลอดจนแนวทางในการแก้ไขปรับปรุง นักเรียนเกิดการแลกเปลี่ยนมุมมองเกี่ยวกับวิธีแก้ปัญหาคือร่วมกันกับกลุ่มอื่นๆ ทำให้มีมุมมองเกี่ยวกับการแก้ปัญหาคือที่หลากหลายมากขึ้น นำไปสู่การปรับปรุงและพัฒนาวิธีแก้ปัญหาคือให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น (Householder & Hailey, 2012; Morgan, et al., 2013)

9. ขั้นปรับปรุงแก้ไข เป็นขั้นตอนที่แต่ละกลุ่มได้ทำการปรับปรุงแก้ไขชิ้นงานหรือวิธีแก้ปัญหาคือให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น และทำการทดสอบและประเมินอีกครั้ง นักเรียนทำการเปรียบเทียบผลการทดสอบและประเมินการแก้ปัญหาคือทั้ง 2 ครั้ง พร้อมประเมินความสำเร็จของการร่วมมือกันแก้ปัญหาคือ ซึ่งในขั้นตอนนี้ นักเรียนจะได้เรียนรู้จากข้อผิดพลาดที่เกิดขึ้นจากวิธีแก้ปัญหาคือของทั้งกลุ่มตนเองและกลุ่มเพื่อน และสามารถดำเนินการปรับปรุงแก้ไขวิธีแก้ปัญหาคือให้มีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น (Householder & Hailey, 2012; Kapur & Toh, 2013; Morgan, et al., 2013)

10. ขั้นสรุปและประเมิน เป็นขั้นตอนที่นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันสรุปสิ่งที่ได้เรียนรู้จากกิจกรรม รวมถึงการอภิปรายถึงการนำความรู้เพิ่มเติมศึกษามาใช้ในการทำกิจกรรม นอกจากนี้นักเรียนจะต้องทำการสะท้อนผลบทเรียน เพื่อเป็นการให้ผู้วิจัยได้ตรวจสอบสิ่งที่นักเรียนได้เรียนรู้และยังเป็นผลสะท้อนการทำกิจกรรมจากตัวนักเรียนอีกด้วย

อย่างไรก็ตาม ในการจัดการเรียนรู้นั้น ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้สามารถที่จะปรับเปลี่ยนได้ตามความเหมาะสม (Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology, 2014) โดยในขั้นตอนที่ 2 ถึง 9 เป็นขั้นตอนของการใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม สามารถสลับหรือย้อนกลับขั้นตอนได้ ซึ่งจะช่วยให้ส่งเสริมให้นักเรียนได้ร่วมมือกันแก้ปัญหาอย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น ตลอดจนการเรียนรู้ในเนื้อหาได้ดีขึ้น ดังนั้น ในการจัดการเรียนรู้ ควรคำนึงถึงความเหมาะสมของระยะเวลาและกิจกรรมตามแนวสะเต็มศึกษาที่ใช้ ซึ่งก่อนนำนักเรียนเข้าสู่กิจกรรมบูรณาการนั้น นักเรียนควรมโนทัศน์พื้นฐานเกี่ยวกับเนื้อหา เพื่อให้ นักเรียนสามารถต่อยอดและพัฒนาความรู้ในเนื้อหา ตลอดจนการแก้ปัญหาได้อย่างมีประสิทธิภาพ นอกจากนี้ควรมีการแบ่งกลุ่มนักเรียนคละความสามารถ และให้นักเรียนได้มีการระบุภาระหน้าที่ในการทำกิจกรรม เพื่อเป็นการตรวจสอบได้ว่านักเรียนทุกคนจะมีส่วนร่วมในการทำกิจกรรม โดยมีภาระหน้าที่ที่ชัดเจน ที่สามารถตรวจสอบและติดตามการปฏิบัติงานของกลุ่มได้

ตอนที่ 2 การพัฒนาสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือของนักเรียนที่ใช้การจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ผลการวิจัยในด้านสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือแบ่งรายงานตามสมรรถนะ ดังนี้

1. ด้านการสร้างและเก็บรักษาความเข้าใจที่มีร่วมกัน จากการทำกิจกรรมทั้ง 3 วงจรปฏิบัติการและผลการทดสอบ พบว่า 1) นักเรียนสามารถแบ่งปันมุมมองและความเข้าใจต่อปัญหาผ่านการสื่อสารร่วมกันกับกลุ่มได้ สามารถวิเคราะห์ปัญหาและระบุปัญหาทั้งในมุมมองของตนเองและของกลุ่มได้ ดังตาราง 2 2) นักเรียนสามารถระบุความรู้ที่ต้องใช้หรือสืบค้นเพิ่มเติมเพื่อการแก้ปัญหาจากพื้นฐานความรู้เดิมที่มี โดยสามารถระบุความรู้หลักที่สำคัญต่อการแก้ปัญหาในสถานการณ์ที่กำหนดได้ เช่น ปฏิกริยาของสารดังกล่าวเกิดอะไรบ้าง หลังทำปฏิกิริยาเป็นอย่างไร อันตรายของปฏิกิริยา การคำนวณหาปริมาตรแก๊สที่เกิดขึ้น อุปกรณ์ที่ต้องใช้ (นักเรียน S11, แบบทดสอบ, 7 กุมภาพันธ์ 2559)

ตาราง 2 ตัวอย่างการระบุปัญหาจากการทำกิจกรรมในชั้นเรียน (บางส่วน) และแบบทดสอบ

วงจรปฏิบัติการ	การระบุปัญหา	แหล่งที่มา
วงจรปฏิบัติการที่ 2 ทำให้แข็ง	ผลิตไอศกรีมโฮมเมด ให้นักกีฬาและกองเชียร์ 24 คน โดยไม่ใช้ เครื่องทำความเย็น งบประมาณ 500 บาท และอยู่ในอุณหภูมิห้อง ได้นาน 15 นาที โดยไม่ละลาย	กลุ่ม G6, ใบบันทึก กิจกรรม, 11 มกราคม 2559
แบบทดสอบ	- หาวิธีแก้ปัญหาเพื่อทำไอศกรีมก่อนหมดเวลาพักผ่อน จากเครื่อง ไอศกรีมที่พัง (สถานการณ์ที่ 1) - หาปริมาณของแก๊สที่เกิดขึ้นระหว่างการทำปฏิกิริยาของ Baking soda กับน้ำส้มสายชูพร้อมทั้งระบุผลผลิตที่ได้ของแก๊ส (สถานการณ์ที่ 2)	นักเรียน S17, แบบทดสอบ, 7 กุมภาพันธ์ 2559

2. ด้านการเลือกวิธีดำเนินการที่เหมาะสมในการแก้ปัญหา จากการทำกิจกรรมทั้ง 3 วงจรปฏิบัติการและผลการทดสอบ พบว่า 1) นักเรียนสามารถร่วมกันระบุแนวทางการแก้ปัญหาจากสถานการณ์ที่เผชิญได้ แต่พบว่า นักเรียนขาดการให้เหตุผลในการสนับสนุนการวางแผนและออกแบบวิธีแก้ปัญหาโดยอ้างอิงหลักการและทฤษฎีที่เพียงพอ ดังตัวอย่างภาพ 2ก 2) นักเรียนสามารถระบุลำดับขั้นตอนในการดำเนินการแก้ปัญหาได้ค่อนข้างสอดคล้องต่อปัญหาที่เผชิญ 3) นักเรียนสามารถตรวจสอบความผิดพลาดอันเกิดจากการดำเนินการแก้ปัญหาของกลุ่มพร้อมทั้งระบุแนวทางการแก้ไขปรับปรุงข้อผิดพลาดนั้นได้ ดังตัวอย่างภาพ 2ข

ในฐานะที่นักเรียนเป็นหนึ่งในทีมงานนักเรียนจะเสนอหรือเลือกวิธีการแก้ปัญหาอย่างไร พร้อมระบุเหตุผล

เลือกให้ สหกรณ์ฯ ที่สหกรณ์ได้สมัคร เช่น ช่างรถเกวี่ คือ เกวี่ และน้ำแก้ว

เพราะในสหกรณ์ได้สมัครแล้ว และเวลาทำก็ง่าย และน้ำแก้วน้ำดื่มกับสหกรณ์ อาจมีอันที่ขาดไป

สหกรณ์ได้ เพราะ กลุ่มได้สมัครที่สหกรณ์แล้ว

ก

จากบทสนทนาดังกล่าวปรากฏว่าสมาชิกคนที่ 1 เติมน้ำดื่มลงไปในขวดรูปชมพู่ เพราะกลัวไม่เห็นแก๊สตามที่สมาชิกคนที่ 2 เติมนักเรียนคาดว่ากรกระทำของสมาชิกทั้งสองจะทำให้การทดลองเกิดข้อผิดพลาดหรือไม่ และมีสาเหตุมาจากอะไร หากนักเรียนพบเห็นเหตุการณ์ดังกล่าวจะมีแนวทางแก้ปัญหาอย่างไร

เกิด ข้อผิดพลาด ซึ่งจาก การใส่สาร ที่ไม่ถูกต้อง ของ สหกรณ์ กลุ่ม ถ้า ผิดเงื่อนไข

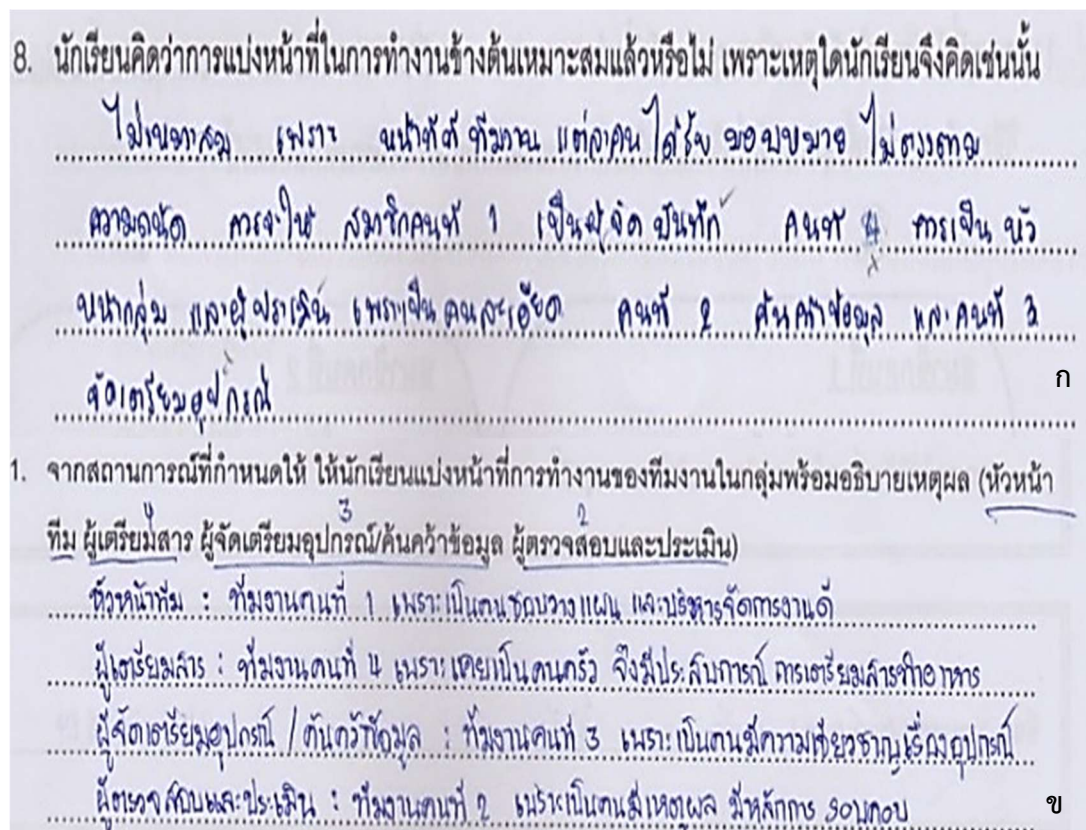
ตอนที่ใส่ ผิดเงื่อนไข ก็ใส่เข้าไปใน คนที่ 9 อธิบายในข้อที่ 9 แล้ว แต่ ถ้า เกวี่ กังแล้ว

ก็ต้องรอให้ เกวี่ รอจนกว่าในน้ำ เกวี่ กังแล้ว ถ้า ผิดเงื่อนไข

ข

ภาพ 2 ก-ข ตัวอย่างการเลือกวิธีดำเนินการที่เหมาะสมในการแก้ปัญหานักเรียน

3. การสร้างและรักษาระเบียบของกลุ่ม จากการทำกิจกรรมทั้ง 3 วงจรปฏิบัติการและผลการทดสอบ พบว่า 1) นักเรียนสามารถระบุหน้าที่ในการปฏิบัติงานได้สอดคล้องกับความสามารถของสมาชิก สามารถปฏิบัติงานภายใต้ความแตกต่างทางความคิดได้ นักเรียนสามารถรับมือกับปัญหาหรือความขัดแย้งที่เกิดขึ้นได้ ตลอดจนสามารถตักเตือนและแจ้งให้สมาชิกปฏิบัติหน้าที่ที่ได้รับมอบหมายและช่วยเหลือกันในการแก้ปัญหา ดังตัวอย่างภาพ 3ก 2) นักเรียนสามารถตรวจสอบและรายงานปัญหาที่เกิดขึ้นจากการดำเนินการแก้ปัญหาของสมาชิกที่ไม่เหมาะสมพร้อมทั้งสามารถระบุแนวทางในการแก้ไขได้ ดังตัวอย่างภาพ 3ข



ภาพ 3 ก-ข ตัวอย่างการสร้างและรักษาระเบียบของกลุ่มของนักเรียน

4. ผลการทดสอบสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือทั้ง 3 ด้านของนักเรียน ตามแนวทางของ PISA 2015 (OECD, 2013) ดังตาราง 3

ตาราง 3 ผลการทดสอบสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ

สมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ	ระดับสมรรถนะ (ร้อยละ)		
	สูง	กลาง	ต่ำ
การสร้างและรักษาระเบียบของกลุ่ม	10 (48%)	11 (52%)	0 (0%)
การเลือกวิธีดำเนินการที่เหมาะสมในการแก้ปัญหา	6 (29%)	15 (71%)	0 (0%)
การสร้างและเก็บรักษาความเข้าใจที่มีร่วมกัน	5 (24%)	16 (76%)	0 (0%)

จากผลการทดสอบสมรรถนะรายบุคคล พบว่า เมื่อทำการจัดกลุ่มระดับสมรรถนะดังตาราง 3 พบว่า โดยภาพรวม นักเรียนส่วนใหญ่มีระดับสมรรถนะอยู่ในระดับกลางทั้ง 3 ด้าน มากกว่าร้อยละ 50 และมีนักเรียนบางส่วนที่มีสมรรถนะอยู่ในระดับสูง นอกจากนี้ ไม่พบนักเรียนที่มีสมรรถนะอยู่ในระดับต่ำ อภิปรายผลแยกตามสมรรถนะแต่ละด้าน ดังนี้

1. ด้านการสร้างและรักษาระเบียบของกลุ่ม นักเรียนสามารถระบุหน้าที่ในการปฏิบัติงานได้ สอดคล้องกับความสามารถของสมาชิก สามารถรับมือกับปัญหาหรือความขัดแย้งที่เกิดขึ้นตลอดจนสามารถ ตรวจสอบและรายงานปัญหาที่เกิดขึ้นจากการดำเนินการแก้ปัญหาหรือการปฏิบัติงานของสมาชิกที่ไม่เหมาะสมได้ ในขณะที่นักเรียนบางส่วนยังแสดงวิธีการรับมือกับปัญหาหรือความขัดแย้งที่เกิดขึ้นยังไม่ค่อยเหมาะสม เช่น การว่ากล่าวตักเตือนในการกระทำที่ผิดพลาด การตัดพ้อต่อการทำงานที่ล่าช้า และไม่แสดงให้เห็นถึงการให้ความช่วยเหลือเพื่อนสมาชิกที่เหมาะสม เป็นต้น ซึ่งสอดคล้องกับเกณฑ์การประเมินสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือของ PISA 2015 (OECD, 2013) ในระดับกลาง ที่กล่าวว่า นักเรียนที่มีสมรรถนะในระดับนี้ ต้องสามารถระบุหน้าที่ การทำงานของตนเองและสมาชิกภายใต้ความแตกต่างของบุคคล และปฏิบัติหน้าที่นั้นได้อย่างเหมาะสม สามารถ ตรวจสอบและรายงานปัญหาอันเกิดจากการทำงานของตนเองและสมาชิกพร้อมทั้งร่วมกันหาแนวทางแก้ไขและ ให้การช่วยเหลือหรือยอมรับการช่วยเหลือจากสมาชิกในกลุ่มเพื่อไม่ให้เกิดความขัดแย้งและเป็นอุปสรรคต่อ การแก้ปัญหาของกลุ่มได้ค่อนข้างเหมาะสม

2. ด้านการเลือกวิธีดำเนินการที่เหมาะสมในการแก้ปัญหา นักเรียนสามารถร่วมกันระบุ แนวทางการแก้ปัญหาจากสถานการณ์ที่เผชิญได้ แต่ไม่ครอบคลุมปัญหาทั้งหมด ยังขาดการให้เหตุผลใน การสนับสนุนที่ดี โดยสามารถอธิบายหลักการและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องได้บางส่วน เช่น นักเรียนเลือกใช้น้ำแข็งกับ เกลือเป็นสารเคมีที่ทำให้ไอศกรีมแข็งตัว เพราะน้ำแข็งกับเกลือสามารถให้ความเย็นอย่างรวดเร็วและปลอดภัย แต่ไม่มีการให้เหตุผลว่าน้ำแข็งกับเกลือให้ความเย็นอย่างรวดเร็วได้อย่างไร แล้วมีผลต่อการแข็งตัวของไอศกรีม อย่างไร เป็นต้น ทั้งนี้อาจเป็นเพราะการจัดการเรียนรู้ไม่ค่อยเปิดโอกาสให้นักเรียนได้นำเสนอข้อมูลหรือเหตุผลใน การสนับสนุนวิธีแก้ปัญหาอย่างเพียงพอ จึงทำให้นักเรียนไม่ค่อยให้ความสำคัญกับการอธิบายหรือให้เหตุผลเชิง หลักการเท่าที่ควร อย่างไรก็ตามนักเรียนแสดงให้เห็นว่า สามารถวางแผนการดำเนินการแก้ปัญหา และสามารถ ตรวจสอบความผิดพลาดพร้อมทั้งระบุแนวทางการแก้ไขปรับปรุงข้อผิดพลาดจากการดำเนินการแก้ปัญหาของกลุ่ม ได้ ซึ่งสอดคล้องกับเกณฑ์การประเมินสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือของ PISA 2015 (OECD, 2013) ที่กล่าว ว่า นักเรียนที่มีสมรรถนะในระดับนี้ สามารถกำหนดเป้าหมายในการแก้ปัญหา ระบุแนวทางในการแก้ปัญหาและ วางแผนในการแก้ปัญหาผ่านการร่วมมือกันในกลุ่มได้สอดคล้องต่อบริบทและสถานการณ์ที่เผชิญได้บางส่วน สามารถดำเนินการแก้ปัญหามาตามแผนที่วางไว้และสามารถตรวจสอบความผิดพลาดหรือผลจากการดำเนินการ แก้ปัญหาและประเมินความสำเร็จของวิธีการแก้ปัญหาของกลุ่มได้

3. ด้านการสร้างและเก็บรักษาความเข้าใจที่มีร่วมกัน นักเรียนส่วนใหญ่สามารถระบุปัญหาได้อย่าง ครอบคลุมในทุกประเด็น ในขณะที่บางส่วนสามารถระบุปัญหาได้เพียงบางส่วนเท่านั้น ซึ่งส่วนใหญ่ที่พบ คือ นักเรียนยังขาดการระบุเงื่อนไขหรือข้อจำกัดในบางประเด็น ตัวอย่างเช่น นักเรียนระบุปัญหาว่าต้องออกแบบ การทดลองเพื่อทดสอบปฏิกิริยาเคมี แต่ไม่ได้ระบุว่าต้องคำนวณหาปริมาณของแก๊สและร้อยละผลที่ได้ของ ผลิตภัณฑ์ เป็นต้น นอกจากนี้ ยังพบว่า นักเรียนส่วนใหญ่สามารถระบุความรู้หลักที่สำคัญต่อการแก้ปัญหาได้ ในขณะที่บางส่วนไม่สามารถระบุความรู้ที่ต้องใช้ในการแก้ปัญหาได้ หรือมีการระบุแต่ไม่เกี่ยวข้องกับปัญหา เป็นต้น ทั้งนี้อาจเป็นเพราะการจัดการเรียนรู้ยังไม่เน้นในเนื้อหาหรือองค์ความรู้เท่าที่ควร ผู้วิจัยควรมีการส่งเสริมให้ นักเรียนได้มีการอธิบาย อภิปรายถึงองค์ความรู้ที่ได้ตลอดกระบวนการจัดการเรียนรู้ให้มากขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับ เกณฑ์การประเมินสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือของ PISA 2015 (OECD, 2013) ในระดับกลาง ที่กล่าวว่า นักเรียนที่มีสมรรถนะในระดับนี้ สามารถระบุปัญหาและองค์ความรู้ที่จำเป็นต่อการแก้ปัญหาได้ สามารถสืบค้น ข้อมูลเพื่อสร้างองค์ความรู้ในการแก้ปัญหาที่สอดคล้องกับบริบทและสถานการณ์ที่เผชิญได้บางส่วน สามารถ

แบ่งปันความรู้ความเข้าใจและมุมมองที่มีต่อปัญหาของตนเองกับกลุ่มที่สอดคล้องกับบริบทและสถานการณ์ที่เผชิญได้บางส่วนเท่านั้น

จากผลการจัดการเรียนรู้ พบว่า นักเรียนมีพัฒนาการในด้านสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือในทิศทางที่ดีขึ้นตลอดกระบวนการจัดการเรียนรู้ และผลการทดสอบหลังการจัดการเรียนรู้ พบว่า นักเรียนมีสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือในระดับกลาง ทั้งนี้ เนื่องจากนักเรียนไม่สามารถระบุเงื่อนไขและข้อจำกัดของปัญหาได้ และยังไม่สามารถรับมือกับความขัดแย้งที่เกิดขึ้นจากการทำงานร่วมกันได้ ดังนั้น การจัดการเรียนรู้ควรส่งเสริมให้มีการนำเสนอข้อมูลเชิงหลักการ สนับสนุนวิธีแก้ปัญหาของนักเรียนให้มากขึ้น และควรเน้นบทบาทของสมาชิกกลุ่มแต่ละคน ได้มีโอกาสแสดงบทบาทหน้าที่ของตนเองตลอดกระบวนการเรียนรู้ เพื่อให้ทุกคนมีส่วนร่วมตลอดจนสร้างความตระหนักถึงความสำคัญของสมาชิกและการยอมรับซึ่งกันและกันให้มากขึ้น ซึ่งผลการวิจัยสอดคล้องกับ Shieh and Chang (2014) ที่พบว่า การจัดกิจกรรมในลักษณะภาคปฏิบัติ สามารถส่งเสริมให้นักเรียนมีความสามารถในการแก้ปัญหาที่เพิ่มสูงขึ้น ทำให้นักเรียนเกิดความตระหนักและเห็นคุณค่าของการร่วมมือในการแก้ปัญหาหรือทำกิจกรรมต่างๆ และสอดคล้องกับ Strimel (2014) พบว่า กิจกรรมการบูรณาการตามแนวสะเต็มศึกษาที่พัฒนาขึ้น ช่วยส่งเสริมให้นักเรียนสามารถบูรณาการความรู้หลากหลายสาขาวิชา นักเรียนได้เรียนรู้และแก้ไขปัญหาเชิงวิศวกรรมในบริบทที่มีความสอดคล้องต่อชีวิตจริง ส่งผลให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้แบบร่วมมือ มีการใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ในการออกแบบ สร้างชิ้นงาน ตลอดจนการแก้ปัญหาที่มีความเกี่ยวข้องกับเทคโนโลยีและวิศวกรรม

ข้อเสนอแนะ

1. ข้อเสนอแนะในการนำไปใช้

1.1 การจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา เป็นการจัดการเรียนรู้หนึ่งที่ส่งเสริมให้นักเรียนได้เกิดการประยุกต์ใช้ความรู้สะเต็มศึกษาในการแก้ปัญหาแบบร่วมมือในสถานการณ์ปัญหาที่สอดคล้องต่อชีวิตจริงของนักเรียน นักเรียนได้เรียนรู้ผ่านการปฏิบัติจริง เป็นการนำหลักการหรือทฤษฎีมาสู่การปฏิบัติ ควรมีการส่งเสริมให้มีการจัดการเรียนรู้ในชั้นเรียนเพื่อส่งเสริมและพัฒนาศักยภาพของนักเรียนทั้งในด้านความรู้และด้านทักษะที่สำคัญในศตวรรษที่ 21

1.2 ในการทำกิจกรรมในชั้นเรียนควรเปิดโอกาสให้สมาชิกแต่ละคนได้แสดงบทบาทหน้าที่ของตนเอง เพื่อให้ทุกคนมีส่วนร่วมตลอดกระบวนการเรียนรู้ ซึ่งจะช่วยให้นักเรียนเกิดการแลกเปลี่ยนเรียนรู้และได้รับประสบการณ์ที่เท่าเทียม ตลอดจนการพัฒนาสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือที่มีประสิทธิภาพมากขึ้น

2. ข้อเสนอแนะในการวิจัย

ควรมีการศึกษารูปแบบการประเมินสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือในลักษณะการประเมินจากการปฏิบัติจริง โดยการแก้ปัญหานั้นต้องเกิดจากการที่นักเรียนมีปฏิสัมพันธ์ในสถานการณ์ปัญหาจริง

References

- Asghar, A., Ellington, R., Rice, E., Johnson, F., & Prime, G. M. (2012). Supporting STEM Education in Secondary Science Contexts. *The Interdisciplinary Journal of Problem-based Learning*, 6(2), 85 – 125.
- BouJaoude, S., & Barakat, H. (2003). Students' Problem Solving in Stoichiometry and the Relationships to Conceptual Understanding and Learning Approaches. *Electronic Journal of Science Education*, 7(3), 1-42.
- Bridges, C. D. (2015). *Experiences Teaching Stoichiometry to Students in Grade 10 and 11*. (Doctoral dissertation). Maryland: Walden University.
- Brophy, S., Klein, S., Portsmore, M., & Rogers, C. (2008). Advancing Engineering Education in P-12 Classrooms. *Journal of Engineering Education*, 97(3), 369 – 387.
- Faikhanta, C. (2016). *Action research in science classroom*. Bangkok: Institute of Academic Development. (in Thai)
- Gauvain, M., & Cole, M. (1997). *Reading on the development of children*. Retrieve April 15, 2016, from <http://www.psy.cmu.edu/~siegler/vygotsky78.pdf>
- Householder, D. L., & Hailey, C. E. (2012). *Incorporating engineering design challenges into STEM Courses*. Retrieve April 28, 2016, from http://digitalcommons.usu.edu/ncete_publications/166
- Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology. (2014). *Chemistry 2* (6th ed.). Bangkok: Kurusapa Printing Ladphrao. (in Thai)
- Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology. (2014). *The result of PISA 2012: reading literacy, mathematical literacy and scientific literacy*. Bangkok: Aroon Printing. (in Thai)
- Kapur, M., & Toh, P. L. L. (2013). Productive failure: From an experimental effect to a learning design. *Educational design research – Part B: Illustrative cases*, 341 – 355.
- Khammani, T. (2014). *Pedagogy: knowledge for effective learning processes* (18th ed.). Bangkok: Chulalongkorn University. (in Thai)
- Kijkuakul, S. (2015). STEM Education (Part II): How to integrate STEM Education in classroom teaching. *Journal of Education Naresuan University*, 17(3), 154 – 160. (in Thai)
- Kijkuakul, S. (2014). *Scientific learning management: The guide for teachers in 21st century*. Petchaboon: Chunladit printing Press. (in Thai)
- Lou, S., Shih, R., Diez, C. R., & Tseng, K. (2010). The Impact of Problem-Based Learning Strategies on STEM Knowledge Integration and Attitudes: an Exploratory Study among Female Taiwanese Senior High School Students. *International Journal of Technology & Design Education*, 21, 195 – 215.

- Morgan, J. R., Capraro, M. M., & Capraro, R. M. (2013). *STEM Project-based Learning: An Integrated Science, Technology, Engineering, and Mathematics (STEM) Approach*. Rotterdam: Sense Publishers.
- OECD. (2013). *PISA 2015 Draft Collaborative Problem Solving Framework*. Paris: OECD.
- Shieh, R. S., & Chang, W. (2014). Fostering Student's Creative and Problem-Solving Skills through a Hands-On Activity. *Journal of Baltic Science Education*, 13(5), 650 – 661.
- Siripatharachai, P. (2013). STEM Education and 21st Century Skills Development. *Executive Journal*, 33(2), 49-56. (in Thai)
- Strimel, G. (2014). Shale Gas Extraction: Drilling into Current Issues and Making STEM Connections. *Resources in Technology and Engineering*, 16 – 24.
- Wongwanich, S. (2014). *Classroom action research* (17th ed.). Bangkok: Chulalongkorn University Press. (in Thai)