

วิจัยปฏิบัติการเพื่อพัฒนาการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาที่เน้นการใช้ปัญหาเป็นฐาน
เรื่อง ไฟฟ้าเคมี ที่ส่งเสริมสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5
The Action Research to Develop Problem Based STEM Learning Management in
Electrochemistry Topic for Enhancing Collaborative Problem
Solving Competency of 11th Grade Students

ศมกร ศิลาโชติ^{1*} สิริินภา กิจเกื้อกุล¹ และ วิภารัตน์ เชื้อชวด ชัยสิทธิ์²
Samakorn Silachot^{1*} Sirinapa Kijkuakul² and Wipharat Chuachud Chaiyasith³

¹ภาควิชาการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

²ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

¹Faculty of Education, Naresuan University

²Faculty of Science, Naresuan University

*Corresponding author, E-mail: samakorn.ss@hotmail.com, โทร. 081-4732336

วันที่ส่งบทความ 6 กรกฎาคม 2561 วันที่แก้ไขครั้งสุดท้าย 27 สิงหาคม 2561

วันที่ตอบรับบทความ 29 สิงหาคม 2561 วันที่เผยแพร่ออนไลน์ 2 มกราคม 2563

บทคัดย่อ

การวิจัยเชิงคุณภาพนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาที่เน้นการใช้ปัญหาเป็นฐาน เรื่อง ไฟฟ้าเคมี เพื่อส่งเสริมสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ผู้เข้าร่วมวิจัยจำนวน 29 คน รูปแบบการวิจัยเป็นการวิจัยปฏิบัติการ 3 วงจรปฏิบัติการ โดยการจัดการเรียนรู้ประกอบด้วย 6 ขั้นตอน ดังนี้ 1) การยืนยันปัญหา 2) การชี้แจงปัญหา 3) การวางแผน 4) การวางแผนฉุกเฉิน 5) การปรับปรุงแผน 6) การประเมินเครื่องมือวิจัยประกอบด้วย แผนการจัดการเรียนรู้ แบบบันทึกการสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ และใบบันทึกกิจกรรมของนักเรียน การวิเคราะห์ข้อมูลใช้การวิเคราะห์เนื้อหา และตรวจสอบความน่าเชื่อถือของข้อมูลเชิงคุณภาพด้วยวิธีการตรวจสอบแบบสามเส้า ผลการวิจัยพบว่า แนวทางการจัดการเรียนรู้ที่สามารถส่งเสริมสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือได้ คือ การสร้างองค์ความรู้พื้นฐานก่อนนำนักเรียนไปสู่กิจกรรมการเรียนรู้ การกำหนดสถานการณ์ปัญหาที่น่าสนใจและเกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวัน การใช้กิจกรรมการทดลองเพื่อหาคำตอบของการแก้ปัญหา และการกระตุ้นให้นักเรียนสะท้อนผลการทำกิจกรรมและประเมินความเข้าใจร่วมกันผ่านการอภิปรายภายในกลุ่ม โดยผลจากการจัดการเรียนรู้พบว่า นักเรียนมีสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือเพิ่มขึ้นตามลำดับจากวงจรปฏิบัติการที่ 1 ถึง 3 โดยสมรรถนะที่นักเรียนมีการพัฒนามากที่สุด คือ สมรรถนะการสร้างและรักษาระเบียบของกลุ่ม รองลงมา คือ สมรรถนะการเลือกวิธีดำเนินการที่เหมาะสมในการแก้ปัญหา และลำดับสุดท้าย คือ สมรรถนะการสร้างและเก็บความเข้าใจที่ร่วมกัน

คำสำคัญ: สะเต็มศึกษา การใช้ปัญหาเป็นฐาน สมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ

สมกรม คีลาโชติ, สิริธนา กิจเกื้อกูล, และ วิภารัตน์ เชื้อชวด ชัยสิทธิ์. (2563). วิจัยปฏิบัติการเพื่อพัฒนาการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาที่เน้นการใช้ปัญหาเป็นฐาน เรื่อง ไฟฟ้าเคมี ที่ส่งเสริมสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5. วารสารพัฒนาการเรียนการสอน มหาวิทยาลัยรังสิต, 14(1), 124-137.

Abstract

The purpose of this quality research was to develop problem based STEM learning management for enhancing Collaborative Problem Solving in electrochemistry topic of grade 11th students. The participants were 29 students. The methodology of this research was a classroom action research, through 3 continuous cycles. There were 6 steps in learning approach: 1) Problem confirmation 2) Problem clarification 3) Planning 4) Contingency planning 5) Plan reorganization 6) Assessment. The research instruments consisted of the lesson plan, reflective journal and student's work sheet. In data analysis, the content analysis approach was employed and the credibility was verified by data triangulation. The result indicates that the effective ways to develop student's collaborative problem solving competency based on STEM approach should begin with developing students' prior conception before leading students to do all activities. Then there is defining an interesting problem situation related to everyday life, using an experiment to find out answer to solve the problem and encouraging students to reflect their result and evaluate their ideas with group discussion. Furthermore, the effect of indicate Problem based STEM Learning management indicates that students' collaborative problem solving competency increased from the first to the third cycle of the classroom action research. The students mostly developed the competency of establishing and maintaining group organization, selecting an appropriate action to solve the problem and establishing and maintaining shared understanding, respectively.

Keywords: STEM education, Problem Based Learning, Collaborative problem solving competency

บทนำ

ในปัจจุบันหลากหลายประเทศได้เกิดความตระหนักถึงความสำคัญของทรัพยากรมนุษย์ที่ถือว่าเป็นกำลังหลักในการขับเคลื่อนทิศทางการพัฒนาของประเทศไทยตามที่ยังคงกระตือรือร้นที่จะพัฒนาความร่วมมือ และพัฒนาทางเศรษฐกิจ (OECD) ได้มีการจัดโครงการประเมินผลนักเรียนในระดับนานาชาติ (PISA) และสะท้อนผลการประเมินให้เห็นถึงความสามารถในการแข่งขันทางเศรษฐกิจของแต่ละประเทศ (OECD, 2017) ทั้งนี้ในปี 2015 นั้น PISA ได้เพิ่มการประเมินสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ เนื่องจากทางองค์กรเห็นถึงความสำคัญที่จะต้องเร่งสร้างความตระหนักถึงการร่วมมือกันในการแก้ปัญหาสำหรับบุคคลที่จะเข้าร่วมเป็นสมาชิกของตลาดแรงงานโลกในอนาคต ทำให้สมรรถนะนี้มีความสำคัญต่อระบบการศึกษาทั่วโลก จำเป็นต้องเร่งส่งเสริมให้สมรรถนะนี้กับนักเรียน (Rosen & Foltz, 2014, p. 389)

อย่างไรก็ตามกระบวนการจัดการเรียนรู้และการวัดผลประเมินผลของประเทศไทยยังคงเน้นการจดจำเนื้อหา มากกว่าการเรียนรู้เพื่อให้ความเข้าใจอย่างแท้จริง (สถาบันวิจัยเพื่อพัฒนาประเทศไทย, 2557, น. 3) ครูส่วนใหญ่จึงเน้นการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการบรรยาย เพราะเป็นวิธีการที่สะดวกสามารถถ่ายทอดความรู้ให้กับนักเรียนได้อย่างรวดเร็ว ช่วยให้ครูสอนเนื้อหาได้ครบตามหลักสูตรภายในระยะเวลาที่กำหนด นักเรียนเป็นผู้รับความรู้จากครูเพียงด้านเดียวเท่านั้น ส่งผลให้ขาดการโต้ตอบกับครูผู้สอน และขาดการมีปฏิสัมพันธ์ระหว่างเพื่อนร่วมชั้นเรียน (วัชร นวลผ่อง, 2553) ซึ่งไม่เอื้อต่อการพัฒนาสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือของนักเรียน ดังนั้นในบริบทของผู้จัดการเรียนรู้ ผู้วิจัยเห็นว่า

สมกร ศิลาโชติ, สิริรักษา กิจเกื้อกูล, และ วิภารัตน์ เชื้อชวด ชัยสิทธิ์. (2563). วิจัยปฏิบัติการเพื่อพัฒนาการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาที่เน้นการใช้ปัญหาเป็นฐาน เรื่อง ไฟฟ้าเคมี ที่ส่งเสริมสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5. *วารสารพัฒนาการเรียนการสอน มหาวิทยาลัยรังสิต*, 14(1), 124-137.

ควรจะมีการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมและพัฒนาศักยภาพของนักเรียนในด้านสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ เพื่อสร้างความพร้อมให้กับนักเรียนให้มีทักษะสำหรับการทำงานในอนาคต รวมไปถึงเป็นนักแก้ปัญหาที่คิดคำนึงถึงสังคมและคนรอบข้างมากขึ้น

จากการศึกษาแนวคิดและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องในวงการการศึกษา พบว่า มีแนวทางการจัดการเรียนรู้ที่น่าสนใจและช่วยส่งเสริมสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือให้กับนักเรียนได้ นั่นคือ การจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็ม (STEM Education) ซึ่งเป็นการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการหลายสาขาวิชา ประกอบด้วย วิทยาศาสตร์ (Science: S) คณิตศาสตร์ (Mathematics: M) เทคโนโลยี (Technology: T) และวิศวกรรมศาสตร์ (Engineer: E) โดยนำจุดเด่นของธรรมชาติเนื้อหา ตลอดจนวิธีการสอนของแต่ละสาขาวิชาผสมผสานกัน (สิริรักษา กิจเกื้อกูล, 2558) เพื่อให้ผู้เรียนนำความรู้ทุกแขนงมาใช้ในการแก้ปัญหา เพราะในการทำงานจริงหรือในชีวิตประจำวันนั้นต้องใช้ความรู้หลายด้านในการทำงานไม่ได้แยกใช้ความรู้เป็นส่วนๆ นอกจากนี้สะเต็มศึกษายังเป็นการส่งเสริมการพัฒนาทักษะสำคัญโลกโลกาภิวัตน์หรือทักษะที่จำเป็นสำหรับศตวรรษที่ 21 อีกด้วย (พรทิพย์ ศิริภัทราชัย, 2556, น. 50)

ทั้งนี้การจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาสามารถจัดทำได้หลากหลายวิธี ในงานวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้นำการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาที่เน้นปัญหาเป็นฐานของ Lou, Shih, Diez, and Tseng (2010) มาประยุกต์ใช้ในการจัดการเรียนรู้โดยมีขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ทั้งหมด 6 ขั้นตอน คือ 1) การยืนยันปัญหา 2) การชี้แจงปัญหา 3) การวางแผน 4) การวางแผนลูกเงิน 5) การปรับปรุงแผน 6) การประเมิน (Lou, Shih, Diez, & Tseng, 2010) โดยวิธีการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มที่เน้นการใช้ปัญหาเป็นฐาน เป็นหนึ่งรูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่เน้นนักเรียนเป็นสำคัญ เชื่อว่านักเรียนสามารถเกิดการเรียนรู้ด้วยตนเอง ใช้สถานการณ์ปัญหาเป็นตัวกระตุ้นโดยปัญหาที่นำมาจะต้องเป็นปัญหาที่เกิดขึ้นในชีวิตจริง ปัญหาที่มีคำตอบหรือมีแนวทางในการแสวงหาคำตอบที่หลากหลาย ครอบคลุมการเรียนรู้ที่กว้างขวาง (สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา, 2550, น. 3-4 อ้างอิงใน วาสนา ภูมิ, 2555, น. 19-20) ซึ่งวิธีการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มที่เน้นการใช้ปัญหาเป็นฐาน สามารถส่งเสริมสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือของนักเรียนได้ รวมถึงส่งเสริมการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองและพัฒนาให้นักเรียนมีการนำความรู้ไปใช้ได้เหมาะสม (Asghar, Elington, Rice, Johnson & Prime, 2012, p. 90)

นอกจากนี้ผู้วิจัยยังได้ทำการศึกษาธรรมชาติเนื้อหาที่จะนำมาใช้ในการจัดการเรียนรู้ พบว่า บทเรียนไฟฟ้าเคมีเป็นบทเรียนที่นักเรียนจำเป็นต้องประยุกต์ใช้ไฟฟ้าเคมีกับชีวิตจริง โดยครูต้องยกตัวอย่างสถานการณ์ปัญหาที่เกี่ยวข้องกับไฟฟ้าในชีวิตจริง แล้วให้นักเรียนวิเคราะห์หาว่าปัญหาที่เกิดขึ้นจะใช้ความรู้เกี่ยวกับไฟฟ้าเคมีในการแก้ปัญหาอย่างไร (Sanger, 1996) ดังนั้นในการจัดการเรียนรู้ในบทเรียนไฟฟ้าเคมี จำเป็นต้องใช้สถานการณ์ในชีวิตจริงที่สอดคล้องกับบทเรียนมายกตัวอย่างประกอบการจัดการเรียนรู้ เหมาะสมสำหรับการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มที่เน้นการใช้ปัญหาเป็นฐาน

จากเหตุผลที่กล่าวมาข้างต้น ผู้วิจัยมีความสนใจที่จะนำการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มที่เน้นการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน เรื่อง ไฟฟ้าเคมี เพื่อส่งเสริมสมรรถนะแก้ปัญหาแบบร่วมมือของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยมุ่งเน้นให้นักเรียนมีโอกาสเรียนรู้ปัญหาและทำความเข้าใจปัญหาอย่างลึกซึ้ง ระดมสมองหาแนวคิดในการแก้ปัญหาอย่างหลากหลาย และเลือกแนวทางแก้ปัญหาได้อย่างมีประสิทธิภาพ

นิยามคำศัพท์เฉพาะ

1. การจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มที่เน้นการใช้ปัญหาเป็นฐาน หมายถึง การจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการข้ามสาขาวิชา ประกอบด้วย การบูรณาการเนื้อหาวิชาวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยี มาใช้ผ่านกระบวนการทางวิศวกรรมที่ประยุกต์จาก Lou, et al. (2010) ในการจัดการเรียนรู้ เรื่อง ไฟฟ้าเคมี ซึ่งกระบวนการจัดเรียนรู้มีทั้งหมด 6 ขั้นตอนดังนี้

1.1. การยืนยันปัญหา ขั้นตอนนี้ นักเรียนต้องทำความเข้าใจกับปัญหา และทำการระบุปัญหาร่วมกัน โดยต้องบอกว่าปัญหาคืออะไร มีข้อจำกัดและเงื่อนไขในการแก้ปัญหาอย่างไรบ้าง

1.2. การชี้แจงปัญหา ขั้นตอนนี้ นักเรียนต้องร่วมกันระบุนิยามความรู้ที่จำเป็นต้องใช้ในการแก้ปัญหามา ประกอบด้วย ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยี และวิศวกรรมศาสตร์ และสรุปองค์ความรู้ผ่านการอภิปรายภายในกลุ่ม

1.3. การวางแผน นักเรียนต้องร่วมกันออกแบบและวางแผนในการแก้ปัญหา โดยต้องระบุถึงกรอบการทำงาน และปัญหาที่คาดว่าจะพบและข้อจำกัดของการทำงาน

1.4. การวางแผนฉุกเฉิน นักเรียนต้องร่วมกันออกแบบและวางแผนในการแก้ปัญหาอีกครั้ง เพื่อใช้เป็นแผนการสำรองและจะถูกนำมาใช้เมื่อแผนการหลักประสบกับปัญหาไม่สามารถดำเนินการต่อได้

1.5. การปรับปรุงแผน นักเรียนต้องดำเนินการแก้ปัญหาตามแผนการที่นักเรียนได้ออกแบบไว้ และนักเรียนต้องนำเสนอแผนการแก้ปัญหาและผลการแก้ปัญหาในชั้นเรียน

1.6. การประเมิน นักเรียนต้องทำการประเมินผลการดำเนินการแก้ปัญหาและทำการแก้ไขปรับปรุง รวมถึงสะท้อนผลการทำกิจกรรมเกี่ยวกับกระบวนการการเรียนรู้และสิ่งที่นักเรียนได้เรียนรู้มาทั้งหมด

2. สมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ หมายถึง ความสามารถส่วนบุคคลในการเข้าร่วมแก้ปัญหาผ่านกระบวนการกลุ่ม โดยร่วมกันระดมความรู้ ความเข้าใจ ทักษะที่มีและการช่วยเหลือกันในกลุ่มในการแก้ปัญหา เพื่อการแก้ปัญหามีประสิทธิภาพ โดยมีสมรรถนะในแต่ละด้านดังนี้

2.1 การสร้างและทำความเข้าใจร่วมกัน คือ ความสามารถในการระบุนิยามความรู้ร่วมกัน ระบุนิยามของร่วมกัน และแบ่งปันความเข้าใจปัญหาร่วมกัน

2.2 การเลือกวิธีดำเนินการที่เหมาะสมในการแก้ปัญหา คือ ความสามารถในการระบุวิธีแก้ปัญหาร่วมกันเพื่อนำไปสู่การแก้ปัญหอย่างเหมาะสม

2.3 การสร้างและรักษาระเบียบของกลุ่ม คือ ความสามารถในการเข้าใจบทบาทและหน้าที่ทั้งของตนเองและสมาชิกในกลุ่มในการแก้ปัญหา โดยตั้งอยู่บนฐานของความรู้และทักษะของแต่ละบุคคล

วัตถุประสงค์

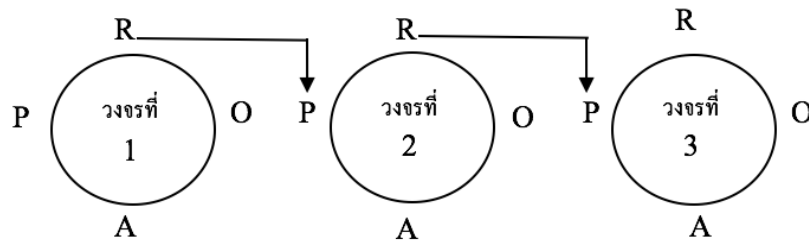
เพื่อพัฒนาการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาที่เน้นการใช้ปัญหาเป็นฐานเรื่อง ไฟฟ้าเคมี ที่ส่งเสริมสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

วิธีดำเนินการวิจัย

1. รูปแบบการวิจัย

การวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียน ซึ่งในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยได้เลือกใช้ขั้นตอนการวิจัยปฏิบัติการในชั้นเรียนตามแบบของ Schmuck (2006 อ้างอิงใน สิริภา กิจเกื้อกูล, 2557, น. 149-152) มีขั้นตอนการดำเนินการเป็น

วงจรปฏิบัติการประกอบด้วย ขั้นตอนวางแผน (Plan) ขั้นปฏิบัติ (Action) ขั้นสังเกต (Observe) และขั้นสะท้อนผล (Reflect) ซึ่งขั้นตอนทั้ง 4 นั้นจะเกิดขึ้นในลักษณะที่เป็นวงจรปฏิบัติการต่อเนื่องกัน 3 วงจรปฏิบัติการ โดยใช้แผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาที่เน้นการใช้ปัญหาเป็นฐาน จำนวน 1 แผนต่อ 1 วงจร ได้แก่ วงจรที่ 1 เรื่องรถยนต์แห่งศตวรรษที่ 21 วงจรที่ 2 เรื่อง การชุบโลหะ และวงจรที่ 3 เรื่องสว่างไสวด้วยไฟฟ้าเคมี โดยหลังจากที่ผู้วิจัยวางแผน (Plan ; P) ในการจัดการเรียนรู้ในแต่ละวงจรแล้วนั้น ผู้วิจัยจัดกิจกรรมการเรียนรู้ (Action ; A) ตามขั้นตอนของแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาที่เน้นการใช้ปัญหาเป็นฐาน โดยในระหว่างการจัดการเรียนรู้แต่ละขั้น ผู้วิจัยได้สังเกต (Observe ; O) พฤติกรรมในการเข้าร่วมกิจกรรมการเรียนรู้ของนักเรียน จากนั้นนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์เพื่อศึกษาพัฒนาการของสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือของนักเรียนและสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ (Reflect ; R) ในวงจรมานั้นๆ จากนั้นนำผลการสะท้อนที่ได้มาใช้ในการวางแผน (Plan ; P) เพื่อปรับปรุงการจัดการเรียนรู้ในวงจรถัดไป จนครบทั้ง 3 วงจร ดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 ขั้นตอนของกระบวนการวิจัยเชิงปฏิบัติการ

2. ผู้เข้าร่วมวิจัย

นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนที่เน้นวิทยาศาสตร์แห่งหนึ่งในจังหวัดพิษณุโลก จำนวน 29 คน โดยใช้ในการสุ่มตัวอย่างแบบกลุ่ม

3. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. แผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาที่เน้นการใช้ปัญหาเป็นฐาน เรื่อง ไฟฟ้าเคมี จำนวน 3 แผน แผนละ 4 ชั่วโมง รวมทั้งสิ้น 12 ชั่วโมง ประกอบด้วย แผนที่ 1 เรื่อง รถยนต์แห่งศตวรรษที่ 21 เป็นกิจกรรมที่ให้นักเรียนร่วมกันแก้ปัญหาคงของบริษัทแห่งหนึ่งที่ต้องการผลิตรถยนต์ที่ปล่อยมลพิษน้อย เพื่อวางขายและทำการตลาดในประเทศไทย แผนที่ 2 เรื่อง การชุบโลหะ เป็นกิจกรรมที่ให้นักเรียนร่วมกันแก้ปัญหาคงของโรงเรียนโดยโรงเรียนต้องการให้กลุ่มของนักเรียนนำตะปูที่เหลือจากการก่อสร้างมาเพิ่มมูลค่าโดยการเคลือบผิวของตะปูและนำไปขายที่ร้านค้า แผนที่ 3 เรื่อง สว่างไสวด้วยไฟฟ้าเคมี เป็นกิจกรรมที่ให้นักเรียนร่วมกันแก้ปัญหาคงของห้องเรียนที่มีแสงสว่างไม่พอต่อการเรียนครูประจำชั้นต้องการให้กลุ่มของนักเรียนนำอุปกรณ์ที่มีอยู่ในโรงเรียนมาใช้เพื่อทำให้หลอดไฟสว่าง โดยแผนการจัดการเรียนรู้ที่สร้างขึ้นได้รับการตรวจสอบความเหมาะสมโดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน ประกอบด้วย 1. ผู้เชี่ยวชาญด้านวิทยาศาสตร์ศึกษา 2. ผู้เชี่ยวชาญด้านเคมี 3. ครูประจำการ โดยผู้วิจัยได้ทำการปรับปรุงแผนการจัดการจัดการเรียนรู้ตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญก่อนนำไปใช้ในการจัดการเรียนรู้

2. แบบบันทึกการสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ เป็นแบบบันทึกที่ให้ผู้วิจัยและครูประจำการสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ ในส่วนที่สำคัญหลายส่วน เช่น ลักษณะรูปแบบการจัดการเรียนรู้ของผู้วิจัย การพัฒนาสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือของนักเรียน รวมถึงข้อเสนอแนะในการจัดการเรียนรู้

3. ใบกิจกรรม เป็นแบบบันทึกที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นเพื่อให้นักเรียนได้บันทึกเกี่ยวกับ การแบ่งหน้าที่การทำงาน การระบุปัญหา การหาแนวทางการแก้ปัญหา และการสะท้อนผลการทำกิจกรรม โดยสร้างเกณฑ์การประเมินการเขียนบันทึกเป็นรูปรีคัสตามกรอบการประเมินของ Cukurova et al. (2016) เพื่อประเมินสมรรถนะทั้ง 3 สมรรถนะ ได้แก่ 1) การสร้างและทำความเข้าใจร่วมกัน 2) การเลือกวิธีดำเนินการที่เหมาะสมในการแก้ปัญหา 3) การสร้างและรักษาระเบียบของกลุ่ม

4. การเก็บรวบรวมข้อมูลและการวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยเก็บรวบรวมข้อมูลและวิเคราะห์ข้อมูลตามขั้นตอนการวิจัยปฏิบัติการในชั้นเรียน โดยมีรายละเอียดของการดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลในการวิจัยดังนี้

1. ผู้วิจัยดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูล ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2560 เป็นระยะเวลารวม 12 ชั่วโมง ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลโดยใช้เครื่องมือวิจัยต่างๆ ในแต่ละวงจรปฏิบัติการ จนครบทั้ง 3 วงจรปฏิบัติการ

2. การวิเคราะห์ข้อมูลงานวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยใช้การวิเคราะห์เนื้อหา (Content analysis) เพื่อหารูปแบบและข้อสรุปของการจัดการเรียนรู้ที่เหมาะสม และตรวจสอบความน่าเชื่อถือของข้อมูลด้วยวิธีการตรวจสอบข้อมูลแบบสามเส้า (Triangulation) ด้านข้อมูล (Data triangulation) โดยเป็นการตรวจสอบความน่าเชื่อถือจากการให้ข้อมูลในแบบบันทึกสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ของผู้วิจัยและครูประจำการในประเด็นเดียวกัน และนำเสนอผลในรูปแบบของการเขียนบรรยาย

ผลการวิจัย

การพัฒนาการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาที่เน้นการใช้ปัญหาเป็นฐาน ผู้วิจัยได้ทำการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาที่เน้นการใช้ปัญหาเป็นฐาน โดยใช้แนวทางของ Lou, et al. (2010) มาเป็นพื้นฐานในการออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้และนำมาประยุกต์ใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในแต่ละวงจรปฏิบัติการ ดังนี้

1. ขั้นวางแผน (Plan)

ผู้วิจัยได้วางแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาที่เน้นการใช้ปัญหาเป็นฐาน โดยมีขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ดังนี้

ขั้นที่ 1 การยืนยันปัญหา ขั้นตอนนี้ นักเรียนจะต้องร่วมกันอภิปรายถึงลักษณะสภาพปัญหาที่เกิดขึ้นจากสถานการณ์ที่กำหนดให้ โดยต้องนิยามว่าปัญหานั้นคืออะไร มีปัจจัยหรือเงื่อนไขที่จำเป็นอะไรบ้างในการแก้ปัญหา นอกจากนี้ นักเรียนต้องร่วมกันระบุหน้าที่ให้กับสมาชิกแต่ละคนในกลุ่ม

ขั้นที่ 2 การชี้แจงปัญหา ขั้นตอนนี้ นักเรียนต้องร่วมกันระบุความรู้ที่จำเป็นต้องใช้ในการแก้ปัญหา โดยนักเรียนต้องศึกษาค้นคว้าเอกสารที่เกี่ยวข้องกับปัญหาร่วมกัน เพื่อให้มีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับปัญหา และเกี่ยวกับหลักการหรือทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับปัญหา รวมถึงรู้ถึงขอบเขตความรู้ที่จำเป็นต้องใช้ในการแก้ปัญหา

ขั้นที่ 3 การวางแผน นักเรียนต้องร่วมกันแบ่งปันความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับปัญหา ซึ่งจะให้นักเรียนสามารถคิดค้นและพัฒนาแผนการแก้ปัญหาได้อย่างหลากหลาย และทำการเลือกแผนการแก้ปัญหาที่มีความเป็นไปได้มากที่สุด โดยคำนึงเงื่อนไขต่าง ๆ ในการแก้ปัญหา

สมกรม ศิลาโชติ, สิริรักษา กิจเกื้อกูล, และ วิภารัตน์ เชื้อชวด ชัยสิทธิ์. (2563). วิจัยปฏิบัติการเพื่อพัฒนาการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาที่เน้นการใช้ปัญหาเป็นฐาน เรื่อง ไฟฟ้าเคมี ที่ส่งเสริมสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5. วารสารพัฒนาการเรียนการสอน มหาวิทยาลัยรังสิต, 14(1), 124-137.

ขั้นที่ 4 การวางแผนฉุกเฉิน นักเรียนต้องร่วมกันสร้างแผนสำรองหรือแผนฉุกเฉินโดยนักเรียนต้องอธิบายถึง ขั้นตอนและวิธีแก้ปัญหานั้น ซึ่งวิธีการแก้ปัญหานี้จะต้องแตกต่างจากการวางแผนในขั้นก่อนหน้านั้น โดยวิธีการนี้จะถูกนำมาใช้ในกรณีที่การวางแผนครั้งที่ 1 ไม่สามารถแก้ปัญหาได้หรือมีความผิดพลาด

ขั้นที่ 5 การปรับปรุงแผน ขั้นนี้นักเรียนต้องลงมือแก้ไขปัญหาคตามแผนการที่นักเรียนได้ร่วมกันออกแบบไว้ หลังจากนั้นนักเรียนต้องนำเสนอแผนการแก้ปัญหาพร้อมก็นำเสนอผลการแก้ปัญหาต่อสาธารณะซึ่งอาจจะจะเป็นเพื่อน ครู ผู้เชี่ยวชาญ หรือผู้ที่เกี่ยวข้อง เพื่อรับฟังข้อเสนอแนะจากสาธารณะ

ขั้นที่ 6 การประเมิน นักเรียนต้องร่วมกันประเมินผลการแก้ปัญหาของกลุ่มและทำการปรับปรุงแก้ไข หลังจากนั้นนักเรียนจะต้องสะท้อนผลจากการเข้าร่วมกิจกรรมการเรียนรู้ โดยอภิปรายถึงข้อบกพร่องของตนเองของสมาชิกในกลุ่มและของกลุ่มตนเอง รวมถึงอภิปรายสิ่งที่ได้จากการเรียนรู้ครั้งนี้

2. ขั้นปฏิบัติ (Action) และขั้นสังเกต (Observe)

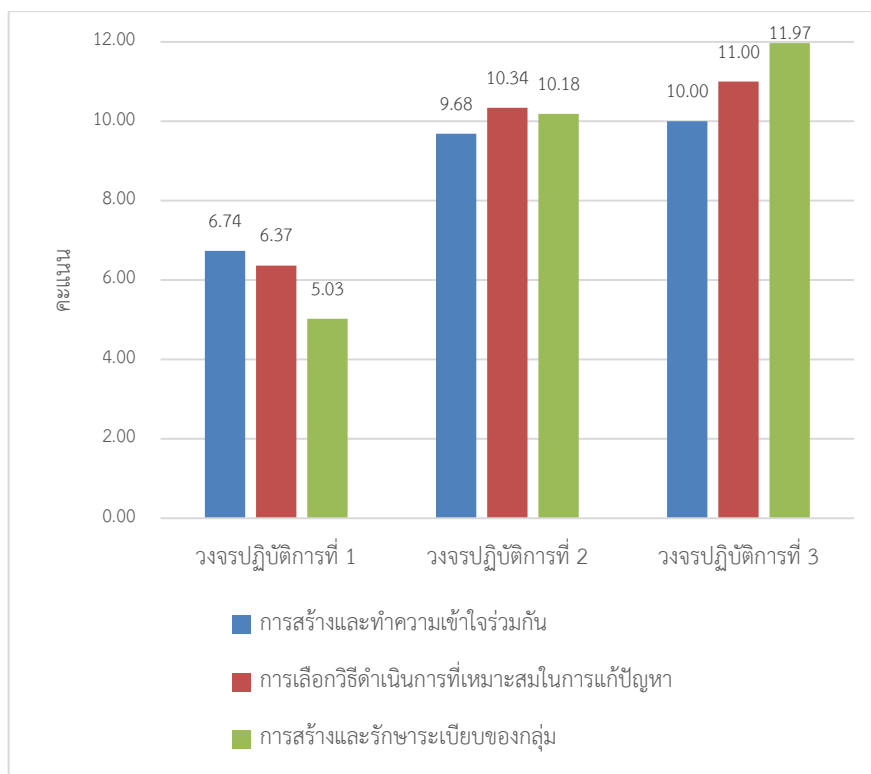
ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาที่เน้นการใช้ปัญหาเป็นฐาน ผู้วิจัยได้ปฏิบัติตามขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ที่ได้ออกแบบไว้ พร้อมทั้งสังเกตพฤติกรรมจัดการเรียนรู้ของผู้วิจัย และสังเกตพฤติกรรมจัดการเรียนรู้ของนักเรียน แล้วทำการบันทึกผลลงในแบบบันทึกการสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ โดยทำการบันทึกโดยผู้วิจัยและผู้สะท้อนผลร่วม (ครูประจำการ) ประกอบกับการประเมินสมรรถนะการแก้ปัญหาของนักเรียนจากใบกิจกรรมตามเกณฑ์รูบริคส์ ซึ่งสามารถสรุปได้ดังนี้

สมรรถนะที่นักเรียนมีการพัฒนาได้มากที่สุด คือ สมรรถนะการสร้างและรักษาระเบียบของกลุ่ม เพราะนักเรียนทุกคนแสดงให้เห็นถึงความเข้าใจในบทบาทและหน้าที่ของตนเองและสมาชิกในกลุ่ม มีการตักเตือนสมาชิกเมื่อมีข้อผิดพลาด และสอบถามความเข้าใจของสมาชิกในการปฏิบัติการแก้ปัญหาเพื่อป้องกันการผิดพลาดของการทำงาน รวมถึงสามารถสะท้อนผลการทำงานของตนเอง ของสมาชิกในกลุ่ม และผลการทำงานของกลุ่มได้

สมรรถนะที่นักเรียนพัฒนาได้รองลงมา คือ สมรรถนะการเลือกวิธีการดำเนินงานที่เหมาะสมในการแก้ปัญหา โดยนักเรียนส่วนใหญ่แสดงให้เห็นถึงความร่วมมือในการหาข้อมูล ทำการวางแผนโดยคำนึงถึงเงื่อนไขและข้อจำกัดที่มี ทำให้สามารถระบุปัญหาและวางแผนการแก้ปัญหาได้อย่างเหมาะสม พร้อมทั้งบอกเหตุผลในการเลือกแนวทางนั้นได้ แต่ก็ยังมีคณักเรียนบางส่วนที่ยังไม่คำนึงถึงความสำคัญของข้อมูล วางแผนด้วยข้อมูลสนับสนุนเพียงเล็กน้อย ถึงแม้ว่าจะสามารถระบุปัญหาและวางแผนได้อย่างเหมาะสมแต่ยังไม่สามารถระบุเหตุผลในการเลือกแนวทางนั้นได้

สมรรถนะที่นักเรียนพัฒนาได้น้อยที่สุด คือ สมรรถนะการสร้างและเก็บความเข้าใจที่มีร่วมกัน โดยนักเรียนแสดงให้เห็นถึงการสื่อสารเพื่อแลกเปลี่ยนความรู้ ความเข้าใจ มีการประชุมภายในกลุ่มเพื่อปรับความเข้าใจต่อปัญหาให้เป็นไปในทิศทางเดียวกัน แต่เมื่อมองถึงรายละเอียดในการแลกเปลี่ยนความรู้ ความเข้าใจของนักเรียน พบว่านักเรียนส่วนใหญ่จะเสนอความคิดเห็นตามเพื่อนสมาชิกในกลุ่มเดียวกัน หรือเพื่อนต่างกลุ่ม โดยไม่ได้มาจากความเข้าใจของตนเอง โดยผลการประเมินแสดงดังรูปที่ 2

สมกร ศิลาโชติ, สิริณภา กิจเกื้อกูล, และ วิภารัตน์ เชื้อชวด ชัยสิทธิ์. (2563). วิจัยปฏิบัติการเพื่อพัฒนาการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาที่เน้นการใช้ปัญหาเป็นฐาน เรื่อง ไฟฟ้าเคมี ที่ส่งเสริมสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5. วารสารพัฒนาการเรียนการสอน มหาวิทยาลัยรังสิต, 14(1), 124-137.



รูปที่ 2 แสดงผลการประเมินสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือตามเกณฑ์รูบรีคส์

3. ขั้นสะท้อนผล (Reflect)

จากการสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ในแต่ละวงจรสามารถสรุปผลการจัดการเรียนรู้ได้ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แสดงผลการจัดการเรียนรู้ในแต่ละวงจรปฏิบัติการ

ววงจรปฏิบัติการ	ผลการจัดการเรียนรู้	ข้อปรับปรุงในวงจรถัดไป
ววงจรปฏิบัติการที่ 1	<p>ข้อดี คือ</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. การนำเข้าสู่กิจกรรมการเรียนรู้ด้วยการใช้สื่อวีดิทัศน์สามารถดึงดูดความสนใจของผู้เรียนได้ 2. สถานการณ์ที่ใช้มีการใช้ภาษาที่เข้าใจง่ายช่วยให้นักเรียนเข้าใจและสามารถกำหนดเป้าหมายในการแก้ปัญหาได้ <p>ข้อบกพร่อง คือ</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. การนำเข้าสู่บทเรียนนั้นผู้วิจัยไม่ได้บอกถึงจุดประสงค์ของกิจกรรม ส่งผลให้นักเรียนไม่รู้ถึงขอบเขตและเป้าหมายของการทำกิจกรรมเกิดความสับสนในการทำกิจกรรม 	<ol style="list-style-type: none"> 1. บอกจุดประสงค์การเรียนรู้และสร้างข้อตกลงเรื่องคะแนนในการทำกิจกรรม รวมถึงทำการสร้างองค์ความรู้พื้นฐานที่จำเป็นก่อนนำนักเรียนเข้ากิจกรรมการเรียนรู้ 2. ใช้กลุ่มเดิมในการทำกิจกรรม เนื่องจากนักเรียนทราบถึงความสามารถของสมาชิกในกลุ่มมาบ้างแล้วจากการร่วมงานในวงจรปฏิบัติการที่ 1 ซึ่งจะช่วยให้นักเรียนแบ่งหน้าที่ที่ดีขึ้น

วจนรปฏิบัติการ	ผลการจัดการเรียนรู้อ	ข้อปรับปรุงในวจนรถัดไป
	<p>2. การจับกลุ่มและแบ่งหน้าที่ยังเกิดความสับสน และเกิดความวุ่นวายในชั้นเรียน</p> <p>3. สถานการณ์ปัญหายังขาดการเชื่อมโยงเข้ากับชีวิตจริง ทำให้นักเรียนขาดความสนใจ เพราะรู้สึกว่สถานการณ์ปัญหาเป็นเรื่องไกลตัว</p> <p>4. การแก้สถานการณ์ปัญหาเป็นเพียงแค่กระบวนการสืบค้นข้อมูลเพื่ออภิปรายกับเพื่อนในกลุ่มเกี่ยวกับแนวทางการแก้ปัญหาที่เหมาะสมเท่านั้น ไม่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ทำการแก้ปัญหาด้วยการปฏิบัติจริง จึงทำให้ผู้เรียนไม่ให้ความสำคัญกับแผนสำรอง และมองไม่เห็นถึงข้อบกพร่องในการทำงานของตนเอง ของสมาชิกในกลุ่ม และข้อบกพร่องในการทำงานของกลุ่ม จึงทำให้การสะท้อนผลการทำกิจกรรมทำได้ไม่ดีเท่าที่ควร</p> <p>5. ผู้วิจัยไม่ได้สร้างองค์ความรู้พื้นฐานที่จำเป็นให้กับนักเรียนก่อนทำกิจกรรมส่งผลให้นักเรียนไม่สามารถสืบค้นข้อมูล รวมถึงไม่สามารถวางแผนแก้ไขปัญหาได้อย่างเหมาะสม</p> <p>6. กิจกรรมการเรียนรู้อยังไม่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ทำการสื่อสารร่วมกันมากเท่าที่ควร</p> <p>7. ผู้วิจัยขาดการกำหนดเงื่อนไขเรื่องคะแนน ในการนำเสนอการดำเนินการแก้ปัญหา และผลการดำเนินงาน จึงทำให้นักเรียนไม่มีความกระตือรือร้น</p> <p>8. ผู้วิจัยขาดการสรุปภาพรวมของกิจกรรมหลังกิจกรรมเสร็จสิ้น</p>	<p>3. การใช้สถานการณ์ปัญหาที่เกี่ยวข้องกับชีวิตจริง และเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ดำเนินการแก้ปัญหาด้วยการปฏิบัติจริง</p> <p>4. การจัดกิจกรรมการเรียนรู้อได้ทำการเพิ่มเทคนิคการเรียนแบบร่วมมือแบบคิดเดี่ยว-ร่วมกันคิด เพื่อส่งเสริมให้นักเรียนมีการสื่อสารร่วมกันมากขึ้น</p> <p>5. ทำการสรุปภาพรวมของการทำกิจกรรม เพื่อช่วยให้นักเรียนมีความเข้าใจเพิ่มขึ้น</p>
<p>วจนรปฏิบัติการ ที่ 2</p>	<p>ข้อดี คือ</p> <p>1. การเริ่มนำเข้าสู่บทเรียนด้วยการบอกจุดประสงค์ของกิจกรรมและใช้วิธีที่ศนเพื่อสร้างความสนใจของนักเรียนสามารถกระตุ้นความสนใจของผู้เรียนได้ดี ส่งผลให้ผู้เรียนสามารถเชื่อมโยงเข้าสู่กิจกรรมการเรียนรู้อได้ง่าย รวมถึงการให้นักเรียนอยู่ร่วมกับกลุ่มสมาชิกคนเดิม ทำให้การแบ่งหน้าที่เป็นไปอย่างเหมาะสม</p> <p>2. สถานการณ์ปัญหาที่เกี่ยวข้องกับชีวิตจริงช่วยให้นักเรียนมีความสนใจในกิจกรรมเพิ่มขึ้น ให้</p>	<p>ข้อปรับปรุงในวจนรถัดไป คือ</p> <p>1. การจัดกิจกรรมการเรียนรู้อได้ทำการเปลี่ยนเทคนิคการเรียนแบบร่วมมือแบบคิดเดี่ยว-ร่วมกันคิดเป็นการพูดรอบวง เพื่อส่งเสริมให้นักเรียนมีการสื่อสารร่วมกันมากขึ้น และใช้เวลาสั้นลง</p>

วงจรถอบปฏิบัติ	ผลการจัดการเรียนรู้	ข้อปรับปรุงในวงจรถัดไป
	<p>ความสำคัญกับการวางแผน รวมถึงมองเห็นถึงความสำคัญของแผนสำรองมากขึ้น</p> <p>3. การสร้างองค์ความรู้พื้นฐานที่จำเป็นก่อนนำนักเรียนเข้าสู่กิจกรรมการเรียนรู้ช่วยให้นักเรียนสามารถสืบค้นข้อมูลได้ดียิ่งขึ้น รวมถึงสามารถดำเนินการแก้ปัญหาได้ดียิ่งขึ้น</p> <p>4. การเปิดโอกาสให้นักเรียนได้ดำเนินการแก้ปัญหาด้วยการปฏิบัติจริง ช่วยให้นักเรียนมองเห็นข้อผิดพลาดในการดำเนินงาน ส่งผลให้นักเรียนสามารถสะท้อนผลการดำเนินงานของตนเอง ของสมาชิกในกลุ่ม และการดำเนินงานของกลุ่มได้</p> <p>5. การสร้างข้อตกลงเรื่องคะแนนในการนำเสนอการดำเนินการแก้ปัญหาและผลการแก้ปัญหา ทำให้นักเรียนมีความกระตือรือร้นมากขึ้น ช่วยทำกิจกรรมดำเนินได้อย่างราบรื่น</p> <p>6. การสรุปภาพรวมของกิจกรรมให้กับนักเรียน ช่วยให้นักเรียนมีความเข้าใจกิจกรรม และมองเห็นถึงความสัมพันธ์ของสาขาวิชาต่างๆ มากขึ้น</p> <p>ข้อบกพร่อง คือ</p> <p>การใช้เทคนิคการคิดแบบร่วมมือ แบบคิดเดี่ยว-ร่วมกัน คิด ค่อนข้างมีความซับซ้อน ทำให้นักเรียนเกิดความซับซ้อนส่งผลให้ใช้เวลาในการทำกิจกรรมนานกว่าที่กำหนดไว้</p>	
<p>วงจรถอบปฏิบัติ ที่ 3</p>	<p>ในการจัดการเรียนรู้ในวงจรถอบปฏิบัติที่ 3 มีข้อดีของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เหมือนกับในวงจรถอบปฏิบัติที่ 2 แต่การเปลี่ยนเทคนิคการสอนเป็นการพูดรอบวง ช่วยให้นักเรียนสามารถดำเนินกิจกรรมได้สำเร็จลุล่วงตามระยะเวลาที่ได้กำหนดไว้</p>	

โดยจากข้อค้นพบในการจัดการเรียนรู้ในแต่ละวงจรถอบปฏิบัติ การจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาที่เน้นการใช้ปัญหาเป็นฐานเพื่อส่งเสริมสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ เรื่อง ไฟฟ้าเคมี มีสิ่งที่ควรคำนึงถึงดังนี้

1. ก่อนเริ่มทำกิจกรรมการเรียนรู้ควรให้นักเรียนได้มีความรู้พื้นฐาน
2. สถานการณ์ปัญหาที่ใช้ควรจะเป็นสถานการณ์ที่เกี่ยวข้องกับชีวิตจริง
3. กิจกรรมการเรียนรู้ควรเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ดำเนินการแก้ปัญหาด้วยการปฏิบัติจริง

4. ขั้นการยืนยันปัญหา ควรจะมีการแบ่งกลุ่มนักเรียน และให้นักเรียนได้มีการระบุหน้าที่ในการทำกิจกรรม นอกจากนี้ควรจะมีเทคนิคที่ช่วยให้นักเรียนสื่อสารร่วมกัน
5. ขั้นการชี้แจงปัญหา ควรจะเปิดโอกาสให้นักเรียนแต่ละกลุ่มได้สรุปองค์ความรู้ที่ได้สับคั้นมาร่วมกัน
6. ขั้นการวางแผน และขั้นการวางแผนฉุกเฉิน ควรจะเปิดโอกาสให้นักเรียนมีการนำเสนอแผนการแก้ปัญหาเป็นรายบุคคล แล้วค่อยทำการสรุปเป็นแนวทางแก้ปัญหาของกลุ่ม
7. ขั้นการประเมิน ควรกระตุ้นให้นักเรียนสะท้อนผลการทำกิจกรรมและประเมินความเข้าใจร่วมกันผ่านการอภิปรายภายในกลุ่ม

ในส่วนบทบาทของผู้สอนในการให้ความช่วยเหลือกับนักเรียนในระหว่างการจัดการเรียนรู้ พบว่า ในช่วงแรกของการจัดการเรียนรู้ ผู้สอนต้องให้คำแนะนำกับนักเรียน เมื่อสังเกตว่านักเรียนไม่สามารถดำเนินการได้ตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่วางไว้ด้วยตัวนักเรียนเอง เช่น การแบ่งหน้าที่ในการปฏิบัติงาน การหาแหล่งข้อมูลที่น่าเชื่อถือ การนำเสนอข้อมูล ตลอดจนสิ่งอื่นๆ ที่เอื้อให้การจัดการเรียนรู้เกิดประสิทธิภาพมากขึ้น แต่ความช่วยเหลือเหล่านี้ควรลดลงเมื่อครูสังเกตและพิจารณาแล้วว่านักเรียนสามารถดำเนินการได้ตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่วางไว้ด้วยตัวนักเรียนเอง อย่างไรก็ตามครูควรเฝ้าติดตามการดำเนินการของนักเรียนอย่างใกล้ชิดและพร้อมให้ความช่วยเหลือเมื่อนักเรียนร้องขอ รวมถึงหลังจากการจัดกิจกรรมเสร็จสิ้นครูควรมีการสรุปกิจกรรมการเรียนรู้ให้กับนักเรียน

อภิปรายผลการศึกษา

จากผลการวิจัยชี้ให้เห็นว่าลักษณะของการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาที่เน้นการใช้ปัญหาเป็นฐาน เรื่อง ไฟฟ้าเคมี เพื่อส่งเสริมสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ ต้องเป็นการจัดการเรียนรู้ที่เน้นนักเรียนเป็นสำคัญ โดยต้องใช้สถานการณ์ปัญหาที่เกิดขึ้นในชีวิตจริงและสอดคล้องกับความรู้ เรื่อง ไฟฟ้าเคมี รวมถึงกิจกรรมการเรียนรู้ควรเปิดโอกาสให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติจริง เพื่อกระตุ้นให้นักเรียนเกิดความสนใจในกิจกรรมและเกิดการเรียนรู้ได้ด้วยตนเองผ่านการประยุกต์ใช้ความรู้ด้านไฟฟ้าเคมีในการแก้ปัญหาแบบกลุ่ม ดังปัญหาในวงจรปฏิบัติการที่ 1 ที่นักเรียนไม่ค่อยให้ความสนใจในการเรียนรู้ เนื่องจากสถานการณ์ปัญหาค่อนข้างไกลตัว และการดำเนินการแก้ปัญหาเป็นแค่กระบวนการสับคั้นข้อมูลเพื่อโต้แย้งและอภิปรายกับเพื่อนในกลุ่มเกี่ยวกับแนวทางการแก้ปัญหาที่เหมาะสมเท่านั้น ในทางตรงกันข้ามพบว่านักเรียนส่วนใหญ่มีความสนใจและกระตือรือร้นมากขึ้นกับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่มีสถานการณ์ปัญหาที่ใกล้ตัว และต้องแก้ไขปัญหาด้วยการลงมือปฏิบัติจริง ดังจะเห็นได้จากสถานการณ์ปัญหาในวงจรที่ 2 และ 3 ที่ต้องใช้กระบวนการทดลองในห้องปฏิบัติการเพื่อเป็นแนวทางการแก้ปัญหาที่เหมาะสม (สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา 2550, น. 3-4 อ้างอิงใน วาสนา ภูมิ, 2555, น. 19-20) ซึ่งช่วยให้นักเรียนได้ศึกษาหาข้อมูลเพื่อหาแนวทางแก้ปัญหาร่วมกัน รวมถึงได้ลงมือแก้ปัญหากจากการลงมือปฏิบัติจริง ทำให้นักเรียนทราบถึงผลการดำเนินงานว่า วิธีการที่เลือกนั้นสามารถแก้ปัญหาได้หรือไม่ ควรจะปรับเปลี่ยนวิธีแก้ปัญหายังไงเพื่อให้แก้ปัญหาได้ดีที่สุด ส่งผลให้นักเรียนสามารถพัฒนาสมรรถนะการเลือกวิธีการดำเนินงานที่เหมาะสมในการแก้ปัญหาได้ดีขึ้น

ทั้งนี้การจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา จำเป็นต้องการสร้างองค์ความรู้พื้นฐานก่อนนำนักเรียนไปเข้าสู่กิจกรรมการเรียนรู้ เพื่อให้ผู้เรียนนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในกิจกรรม ซึ่งจากข้อค้นพบที่ได้จากการเรียนรู้นั้นนักเรียนไม่สามารถร่วมทำกิจกรรมได้อย่างมีประสิทธิภาพ หากขาดองค์ความรู้พื้นฐานในหลักการและทฤษฎีเบื้องต้น เพราะกิจกรรมที่จัดขึ้นเป็นเรื่องใหม่และนักเรียนไม่มีความคุ้นเคยมาก่อน รวมถึงต้องใช้องค์ความรู้ที่มีลักษณะเฉพาะในแต่ละสาขาวิชามาประยุกต์ใช้ในการทำกิจกรรม โดยนักเรียนไม่สามารถใช้ความรู้จากสาขาใดสาขาหนึ่งมาแก้ปัญหาได้ แต่

จำเป็นต้องใช้ความรู้จากหลายสาขาวิชาในการแก้ปัญหาจึงจะสามารถแก้ปัญหาได้อย่างมีประสิทธิภาพ (พรทิพย์ ศิริภัทรราชัย, 2556, น. 50)

ส่วนสำคัญอีกส่วนหนึ่งของการจัดการเรียนรู้ คือ ในการออกแบบกิจกรรมต้องให้นักเรียนร่วมกันกำหนดภาระหน้าที่ของสมาชิกแต่ละคนในกลุ่ม ซึ่งจะเป็นการตรวจสอบว่านักเรียนทุกคนมีส่วนร่วมในการทำกิจกรรม โดยมีภาระหน้าที่ที่ชัดเจน สามารถตรวจสอบและติดตามการปฏิบัติงานได้ รวมถึงต้องมีการเพิ่มเทคนิคที่ช่วยให้นักเรียนมีการสื่อสารร่วมกัน ซึ่งจะช่วยให้โอกาสให้นักเรียนมีการพูดคุยและแลกเปลี่ยนแนวคิดเกี่ยวกับปัญหาและวิธีการดำเนินการแก้ปัญหามากขึ้น เพื่อช่วยให้นักเรียนมีความเข้าใจในทิศทางเดียวกัน สามารถกระตุ้นเพื่อนสมาชิกในการดำเนินการ สามารถตั้งคำถามสมาชิกเมื่อสังเกตเห็นการดำเนินงานที่ผิดพลาด ซึ่งส่งผลให้การแก้ไขปัญหามีประสิทธิภาพมากขึ้นและดำเนินการได้สำเร็จในเวลาที่มีอย่างจำกัด โดยในกิจกรรมจะมีขั้นตอนที่ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มได้แลกเปลี่ยนความคิดเห็นร่วมกัน โดยให้สมาชิกแต่ละคนเสนอความคิดเห็นของตนเองก่อนเมื่อครบทุกคนแล้วค่อยทำการสรุปเป็นความคิดเห็นของกลุ่ม ซึ่งสามารถส่งเสริมสมรรถนะการสร้างและเก็บความเข้าใจที่มีร่วมกันได้

นอกจากนี้จากผลการวิจัย พบว่า การกระตุ้นให้นักเรียนสะท้อนผลการทำกิจกรรมและประเมินความเข้าใจร่วมกันผ่านการอภิปรายภายในกลุ่ม ซึ่งหลังเสร็จสิ้นกิจกรรมการเรียนรู้ ครูควรจะให้ให้นักเรียนร่วมกันสะท้อนผลการทำกิจกรรม โดยมีประเด็นในการสะท้อนดังนี้ 1) ผลการดำเนินกิจกรรมของตนเอง 2) ผลการดำเนินกิจกรรมของสมาชิกในกลุ่ม 3) ผลการดำเนินงานของกลุ่มของกลุ่ม และ 4) สิ่งที่นักเรียนได้เรียนรู้ในการทำกิจกรรม ทำให้นักเรียนได้ทราบถึงข้อผิดพลาดและข้อบกพร่องของตนเอง ตลอดจนได้รับฟังแนวทางในการปรับปรุงและพัฒนาตนเองจากเพื่อนสมาชิกในกลุ่ม สามารถนำไปปรับปรุงความรู้ความเข้าใจของตนเองและนำความรู้ที่ได้รับไปประยุกต์ใช้ในอนาคตได้อย่างมีประสิทธิภาพ (Asghar et al., 2012, p. 90) ซึ่งจากกิจกรรมช่วยทำให้นักเรียนมีความตระหนักถึงความสำคัญของแต่ละหน้าที่ รวมถึงให้ความสำคัญกับการทำงานตามแผนที่วางไว้มากขึ้น นอกจากนี้ยังช่วยให้นักเรียนได้มองเห็นถึงข้อผิดพลาดของตนเอง ของสมาชิกในกลุ่ม และของกลุ่มมากขึ้น ซึ่งสามารถส่งเสริมสมรรถนะการสร้างและรักษาระเบียบของกลุ่มของนักเรียนได้ ตลอดจนช่วยให้ผู้วิจัยสามารถตรวจสอบสิ่งที่นักเรียนได้เรียนรู้จากการทำกิจกรรม และทราบถึงข้อบกพร่องของการจัดกิจกรรมสามารถนำไปปรับปรุงและพัฒนาการจัดการเรียนรู้ในครั้งต่อไปได้

ด้านบทบาทของครูในการจัดการเรียนรู้นั้น ในช่วงแรกอาจต้องมีการให้ความช่วยเหลือหรือให้คำแนะนำเกี่ยวกับแนวทางที่ถูกต้องในการทำกิจกรรมการเรียนรู้ เพื่อให้การจัดการเรียนรู้ดำเนินการต่อไปได้ แต่ในช่วงหลังควรจะมีการลดบทบาทในการให้ความช่วยเหลือและการสนับสนุนลง เพื่อเปิดโอกาสให้นักเรียนสามารถเกิดการเรียนรู้ได้ด้วยตนเอง รวมถึงหลังเสร็จสิ้นการจัดการเรียนรู้ ครูผู้สอนควรทำการสรุปกิจกรรมการเรียนรู้ให้กับนักเรียน เพื่อให้ผู้เรียนมีความเข้าใจในเนื้อหาและมองเห็นถึงความสัมพันธ์ของแต่ละสาขาวิชาเพิ่มมากขึ้น

ข้อเสนอแนะ

1. ข้อเสนอแนะจากการวิจัย

สถานการณ์ปัญหาที่จะนำมาใช้ในการกระตุ้นให้นักเรียนอยากเรียนรู้นั้นจะต้องเป็นปัญหาที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวัน การออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ควรเน้นให้มีภาระงานกับนักเรียนมากขึ้น เช่น การให้นักเรียนได้ทำการทดลองหรือสร้างชิ้นงาน การทดสอบผลการแก้ปัญหา การนำเสนอข้อมูลที่ได้จากการสืบค้น เป็นต้น

สมกร ศิลาโชติ, สิริธนา กิจเกื้อกูล, และ วิภารัตน์ เชื้อชวด ชัยสิทธิ์. (2563). วิจัยปฏิบัติการเพื่อพัฒนาการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาที่เน้นการใช้ปัญหาเป็นฐาน เรื่อง ไฟฟ้าเคมี ที่ส่งเสริมสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5. *วารสารพัฒนาการเรียนการสอน มหาวิทยาลัยรังสิต*, 14(1), 124-137.

2. ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

นอกจากทำการศึกษาถึงความเหมาะสมของการจัดการเรียนรู้แล้ว ควรมีการศึกษามุมมองความเข้าใจหรือทัศนคติต่อความรู้สะเต็มศึกษาโดยเฉพาะในด้านเทคโนโลยีและด้านวิศวกรรมศาสตร์

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) ที่ให้ทุนสนับสนุนในการทำวิจัยครั้งนี้ และขอขอบคุณคณาจารย์ภาควิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา มหาวิทยาลัยนเรศวร ทุกท่านที่ให้คำแนะนำที่เป็นประโยชน์ รวมถึงข้อเสนอแนะเพื่อใช้พัฒนาการวิจัยในครั้งนี้

บรรณานุกรม

- พรทิพย์ ศิริภัทรราชย์. (2556). STEM Education กับการพัฒนาทักษะในศตวรรษที่ 21. *วารสารนักบริหาร*, 33(2), 49-56.
- วัชรีย์ นวลผ่อง. (2553). *การพัฒนาชุดกิจกรรมการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสอนแบบซิปปา เรื่อง งานประดิษฐ์จากภูมิปัญญาไทย วิชางานประดิษฐ์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 (การศึกษาค้นคว้าอิสระ)*. มหาสารคาม: มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.
- วาสนา ภูมิ. (2555). *ผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน เรื่อง อัตราส่วนร้อยละที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ และความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต)*. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- สถาบันวิจัยเพื่อพัฒนาประเทศไทย. (2557). *การจัดทำยุทธศาสตร์การปฏิรูปการศึกษาขั้นพื้นฐานให้เกิดความรับผิดชอบ*. รายงานที่ตีพิมพ์, 103, 1-20
- สิรินภา กิจเกื้อกูล. (2557). *การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ทิศทางสำหรับศตวรรษที่ 21*. เพชรบูรณ์: จุลติสการพิมพ์.
- (2558). *สะเต็มศึกษา*. *วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร*, 17(2), 201-207.
- Asghar, A., Elington, 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.
- Cukurova, M., Avramides, K., Spikol, D., Luckin, R., & Mavrikis, M. (2016). *An Analysis Framework for Collaborative Problem Solving in practice-based Learning Activities: A Mixed-method approach*. Retrieved November 20, 2017, from http://discovery.ucl.ac.uk/1476723/1/LAK16%2Short_paper_Reviewed.pdf.
- Lou, S., Shih, R., Diez, 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 student. *International Journal of Technology and design Education*, 21, 195-215.
- OECD. (2017). *Pisa 2015 Collaborative Problem-Solving Framework*. Paris: OECD.
- Rosen, S. & Foltz, P. W. (2014). Assessing collaborative problem solving through automated technologies. *Research and Practice in Technology Enhanced Learning*, 9(3), 389 – 410.

สมกร ศิลาโชติ, สิริินภา กิจเกื้อกูล, และ วิภารัตน์ เชื้อชวด ชัยสิทธิ์. (2563). วิจัยปฏิบัติการเพื่อพัฒนาการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาที่เน้นการใช้ปัญหาเป็นฐาน เรื่อง ไฟฟ้าเคมี ที่ส่งเสริมสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5. *วารสารพัฒนาการเรียนการสอน มหาวิทยาลัยรังสิต*, 14(1), 124-137.

Sanger, M. J. (1996). *Identifying, attributing, and dispelling student Misconceptions in electrochemistry*. Retrieved April 27, 2017, from <http://lib.dr.iastate.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=12398&context=rted>.

Translated Thai References

- Kijkuakul, S. (2014). *Learning management direction for teacher in 21st century*. Phetchabun: Chuladit printing. [in Thai]
- (2015). STEM Education. *Journal of Education Neresuan University*, 17(2), 201-207. [in Thai]
- Nualpong, W. (2010). *Development of Learning Activity Management Based on CIPPA model in The invention of Thai wisdom topic of Artificial Intelligence subject. for grade 12 Students* (Independent Study). Mahasarakham: Mahasarakham University. [in Thai]
- Phumee, W. (2012). *The effect of problem-based learning instruction activities on problem solving ability and mathematical reasoning ability of grade 8 students* (Master's thesis). Bangkok: Srinakharinwirot University. [in Thai]
- Siripatrachai, P. (2013). STEM Education and 21st Century Skills Development. *Executive Journal*, 33(2), 49-56. [in Thai]
- Thailand Development Research Institute. (2013). Strategic Planning for reform basic education to take responsibility. *TDRI report*, 103, 1-20. [in Thai]