

การพัฒนาสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือของนักเรียน
ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ด้วยการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา
โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน เรื่องพอลิเมอร์

Enhancing the Collaborative Problem Solving Competency of 12th
Grade Students Based on STEM Education Through Problem-based
Learning in the topic of Polymer

สายชล สุกร*
amamsaichon@gmail.com

สกนธ์ชัย ชะนูนันท์**

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ คือ 1) ศึกษาวิธีการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา โดยใช้ปัญหาเป็นฐานที่พัฒนาสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ และ 2) ศึกษาผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาโดยใช้ปัญหาเป็นฐานที่พัฒนาสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ โดยดำเนินการวิจัยตามกระบวนการวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียนเป็นวงจร PAOR ที่ต่อเนื่องกัน 3 วงจรปฏิบัติการ ผู้เข้าร่วมวิจัย คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ปีการศึกษา 2561 จำนวน 15 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วย แผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน แบบบันทึกสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ แบบสังเกตสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ และแบบประเมินสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้การวิเคราะห์เนื้อหาและการตรวจสอบข้อมูลแบบสามเส้า

ผลการวิจัยพบว่า 1) การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาโดยใช้ปัญหาเป็นฐานที่ใช้สถานการณ์ปัญหาที่น่าสนใจและเกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวัน การเน้นกระบวนการกลุ่ม มีการกระตุ้นให้นักเรียนทุกคนสะท้อนความคิดและประเมินความเข้าใจร่วมกันผ่านการอภิปราย และมีการติดตามอย่างใกล้ชิดจะทำให้ให้นักเรียนมีพัฒนาการของสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือที่ดีขึ้น 2) นักเรียนมีการพัฒนาสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือสูงขึ้นจากวงจรปฏิบัติการที่ 1 ถึงวงจรปฏิบัติการที่ 3 สอดคล้องกับผลการทดสอบด้วยแบบประเมินสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ ซึ่งมีนักเรียนกว่าร้อยละ 72.78 อยู่ในระดับสูง

คำสำคัญ: สะเต็มศึกษา, ปัญหาเป็นฐาน, การแก้ปัญหาแบบร่วมมือ

*นิสิตระดับมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครสวรรค์

**ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ภาควิชาการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครสวรรค์

Abstract

The purposes of this research were 1) to study the development of teaching approach based on STEM education through problem based learning to enhance the collaborative problem solving competency (CPS), and 2) to study the effect of teaching approach to promote collaborative problem solving competency (CPS). The research methodology was the action research through a continuous PAOR in three cycles. The participants were 15 students of grade 12th in the academic year of 2018. The research instruments consisted of the lesson plan, Reflect journal, CPS observation form and CPS test. Data analysis by content analysis and data credibility by triangulation method were used.

The research results indicated that 1) the teaching approach based on STEM education through problem based learning that interesting problem and related to daily life, focusing on group process, closely monitoring and encouraging students to reflect and evaluate their ideas with discussion can improve students tended to have a better development of the problem solving competency. 2) Student's collaborative problem solving competency increased significantly from the first to third cycle. In addition, this result agreed with the result by using CPS test showed that 72.78 % of students were at the high level.

Keywords: STEM Education, Problem-based Learning, Collaborative Problem Solving

บทนำ

ในยุคศตวรรษที่ 21 เป็นยุคที่การเปลี่ยนแปลงในด้านต่าง ๆ เป็นไปอย่างรวดเร็ว ความซับซ้อนและความเป็นพลวัตของสังคมในปัจจุบันก่อให้เกิดผลที่ตามมาอย่างหลากหลาย ในขณะที่เดียวกันสิ่งที่มาพร้อมกับความเจริญด้านต่าง ๆ นั่นก็คือ ปัญหาที่ระดับนานาชาติจนถึงระดับบุคคล มนุษย์ต้องปรับตัวและแก้ปัญหาเพื่อให้สามารถดำรงชีวิตได้อย่างมีคุณภาพ มนุษย์ในศตวรรษที่ 21 ต้องเป็นบุคคลที่พร้อมเรียนรู้และมีทักษะต่าง ๆ รวมถึงการมีทักษะในการแก้ปัญหาและสามารถทำงานร่วมกับผู้อื่นได้ (วิจารณ์ พานิช, 2555, หน้า 19) ทั้งนี้ในการทำงานร่วมกันจะทำให้เกิดการตัดสินใจในการทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ ได้ข้อสนเทศที่มาจากแหล่งความรู้ มุมมอง และประสบการณ์ที่หลากหลาย ส่งเสริมให้เกิดความคิดสร้างสรรค์ และแนวทางการ

แก้ปัญหาที่มีคุณภาพ ซึ่งได้มาจากแนวคิดของสมาชิกในกลุ่ม (OECD, 2013)

จากความสำคัญที่กล่าวมาคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน จึงได้กำหนดให้ทักษะการแก้ปัญหาและการทำงานร่วมกับผู้อื่นเป็นส่วนหนึ่งขององค์ประกอบทักษะชีวิตที่สำคัญ (สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน, 2559) อีกทั้งยังเป็นทักษะสำคัญที่ต้องเกิดขึ้นกับผู้เรียน ในหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน 2551 (กระทรวงศึกษาธิการ, 2551) ที่จะสร้างและพัฒนาเป็นภูมิคุ้มกันชีวิตให้กับเด็กและเยาวชนเพื่อรองรับการเปลี่ยนแปลงและสภาพปัญหาที่เกิดขึ้น และเพื่อให้มีศักยภาพที่จะแข่งขันกับประเทศอื่น ๆ ทั่วโลกตามที่กล่าวมานี้มีความสอดคล้องกับความสำคัญของการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ ซึ่งเป็นการรวมกันของทักษะการทำงานร่วมกันและทักษะที่จำเป็นในการแก้ปัญหา โดยองค์การเพื่อความร่วมมือและการพัฒนาทางเศรษฐกิจ

(OECD, 2013) ได้กล่าวไว้ว่า “สมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ” เป็นความสามารถของบุคคลในการเข้าร่วมกระบวนการของกลุ่มได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยมีสมาชิกตั้งแต่สองคนขึ้นไปและใช้ความพยายามในการแก้ปัญหา โดยการแบ่งปันความเข้าใจและความพยายาม ซึ่งจำเป็นต้องใช้เพื่อนำมาสู่แนวทางการแก้ปัญหา รวมถึงการรวบรวมความรู้ ทักษะ และความพยายามเข้าด้วยกันเพื่อแก้ปัญหา ประกอบด้วย 3 สมรรถนะ ได้แก่ 1) การสร้างและเก็บรักษาความเข้าใจที่มีร่วมกัน 2) การเลือกวิธีการดำเนินการที่เหมาะสมในการแก้ปัญหา 3) การสร้างและรักษาระเบียบของกลุ่ม (OECD, 2013)

จากผลการประเมิน PISA 2015 ที่ประเมินสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือหรือ CPS (Collaborative Problem Solving) พบว่า ทั่วโลกมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 500 คะแนน และประเทศไทยมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 436 คะแนน ทำให้นักเรียนไทยถูกจัดอยู่ในระดับที่ต่ำกว่ามาตรฐาน (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2560) และผลการประเมินดังกล่าว มีความสอดคล้องกับพฤติกรรมการเรียนรู้ของนักเรียนจากการที่ผู้วิจัยสังเกตในการจัดการเรียนรู้ในรายวิชาเคมี พบว่า ในการทำกิจกรรมการแก้ปัญหาที่ได้รับมอบหมายเป็นกลุ่ม นักเรียนไม่มีการแบ่งหน้าที่ซึ่งทำให้มีเพียงสมาชิกบางส่วนเท่านั้นที่ทำกิจกรรม หรือบางกลุ่มแบ่งแยกงานกันอย่างชัดเจน โดยไม่มีการสื่อสารระหว่างสมาชิกในกลุ่มหรือมีปฏิสัมพันธ์กับเพื่อนร่วมกลุ่มค่อนข้างน้อย ขาดการวางแผนร่วมกัน ทำให้งานหรือการแก้ปัญหานั้น ๆ ล่าช้า ไม่ประสบผลสำเร็จหรือไม่มีประสิทธิภาพเท่าที่ควรอีกทั้งอาจเกิดความขัดแย้งระหว่างกลุ่มในการทำกิจกรรมร่วมกัน แสดงให้เห็นว่าการจัดการเรียนรู้ในปัจจุบันยังไม่ส่งเสริมสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ และเนื่องจากการแก้ปัญหาในชีวิตจริงนั้นมีความซับซ้อนจึงจำเป็นต้องใช้ความรู้และทักษะในหลาย ๆ ศาสตร์วิชา ดังนั้นจึงควรจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่มีการบูรณาการความรู้และทักษะต่าง ๆ มา

ใช้ในการแก้ปัญหาที่สอดคล้องกับบริบท หรือสถานการณ์ในชีวิตจริงผ่านกระบวนการกลุ่ม

การจัดการเรียนรู้ที่สอดคล้องกับปัญหาที่กล่าวมาข้างต้นและสามารถช่วยพัฒนาสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ คือ การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ซึ่งเป็นการจัดการเรียนรู้ที่ช่วยให้ผู้เรียนได้บูรณาการความรู้ และทักษะระหว่างศาสตร์วิชาต่าง ๆ ทั้งความรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรม และคณิตศาสตร์ ในการแก้ปัญหาที่มีความสลับซับซ้อนของปัญหา (พรทิพย์ ศิริภักทธราชย์, 2556, 49-56) และเป็นวิธีการจัดการเรียนรู้ที่ฝึกให้นักเรียนรู้จักวิคิด การตั้งคำถามแก้ปัญหา และทำให้นักเรียนรู้จักนำองค์ความรู้จากวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และสาขาต่าง ๆ มาบูรณาการกันเพื่อมุ่งแก้ปัญหาสำคัญ ๆ ที่พบในชีวิตจริง (มนตรี จุฬาวัดชนทล, 2556, 3-14) สอดคล้องกับ จรูญพงษ์ ชลสินธุ์ (2559) ที่พบว่า การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา โดยเน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมทำให้นักเรียนส่วนใหญ่มีสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมืออยู่ในระดับกลาง สามารถแก้ปัญหาได้ดี เมื่ออยู่เป็นกลุ่มและสอดคล้องกับงานวิจัยของ อธิภา ไซเดช (2559) ที่พบว่า การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา โดยใช้วิจัยเป็นฐานทำให้มีสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมืออยู่ในระดับสูง ดังนั้นผู้วิจัยจึงทำการศึกษารูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิด สะเต็มศึกษาจากงานวิจัยของทั้งสองท่านข้างต้น พบว่า ขั้นตอนการจัดกิจกรรมที่เน้นการออกแบบเชิงวิศวกรรมที่พัฒนาสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือนั้นมีมากถึง 10 ขั้นตอน และกิจกรรมสะเต็มศึกษาที่ใช้วิจัยเป็นฐานที่พัฒนาสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือมี 6 ขั้นตอน ซึ่งเมื่อพิจารณาในแต่ละขั้นตอนของทั้งสองงานวิจัย ผู้วิจัยเห็นว่า เป็นขั้นตอนที่มีความซับซ้อนซึ่งไม่เหมาะสมกับบริบทของกลุ่มเป้าหมายของผู้วิจัย เนื่องจากกลุ่มเป้าหมายของการวิจัยดังกล่าวเป็นกลุ่มนักเรียนแผนการเรียนวิทยาศาสตร์ที่มีความสามารถพิเศษทางด้านวิทยาศาสตร์และ

คณิตศาสตร์ในโรงเรียนขนาดใหญ่ ซึ่งแตกต่างจากกลุ่มเป้าหมายของผู้วิจัยที่เป็นกลุ่มนักเรียนแผนการเรียนวิทยาศาสตร์ ในโรงเรียนขนาดเล็ก และส่วนใหญ่มีผลการเรียนอยู่ในระดับปานกลาง จึงไม่เหมาะสมที่จะใช้ขั้นตอนที่ซับซ้อนจนเกินไป ผู้วิจัยจึงได้ศึกษาแนวทางการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มเพิ่มเติม พบว่า งานวิจัยของ Lou, et al. (2011) ได้เสนอการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มโดยใช้ปัญหาเป็นฐาน 6 ขั้นตอน ประกอบด้วย 1) การยืนยันปัญหา 2) การชี้แจงปัญหา 3) การวางแผน 4) การวางแผนสำรอง 5) การปรับโครงสร้าง และ 6) การประเมิน ซึ่งมีรายละเอียดไม่ซับซ้อน และมีขั้นตอนที่เหมาะสมกับการพัฒนาสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ เนื่องจากมีขั้นตอนที่เปิดโอกาสให้สมาชิกกลุ่มได้แลกเปลี่ยนเรียนรู้ และอภิปรายร่วมกัน สอดคล้องกับจรรยาพงษ์ ชลสินธุ์ (2559) ที่กล่าวว่า การพัฒนาสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ ต้องเน้นบทบาทของสมาชิกในกลุ่มให้มีโอกาสในการแลกเปลี่ยนเรียนรู้กัน ด้วยเหตุนี้ ผู้วิจัยจึงได้วิเคราะห์เนื้อหาในรายวิชาเคมีที่สามารถนำมาจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ส่งเสริมสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ พบว่าเนื้อหาเรื่องพอลิเมอร์ มีความเกี่ยวข้องกับชีวิตจริงของนักเรียนเป็นอย่างมาก อีกทั้งสถาบันส่งเสริมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) ได้บรรจุเนื้อหาเรื่องนี้ในหลักสูตรวิทยาศาสตร์ในสาระที่ 3 สารและการเปลี่ยนแปลง ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2544 และปรากฏอย่างชัดเจนในหลักสูตรวิทยาศาสตร์ พ.ศ. 2551 โดยมีวัตถุประสงค์ให้นักเรียนได้มีความรู้ ความเข้าใจ และสามารถนำความรู้เรื่องพอลิเมอร์ไปใช้ประโยชน์ได้ และคำนึงถึงผลกระทบที่เกิดจากการใช้พอลิเมอร์ต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม (กระทรวงศึกษาธิการ, 2551) ดังนั้นการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในบทเรียนนี้จึงเหมาะสมที่จะจัดในรูปแบบกิจกรรมที่เน้นการลงมือปฏิบัติ เพื่อให้นักเรียนสามารถนำความรู้และทักษะกระบวนการที่ได้จากการเรียนรู้เกี่ยวกับพอลิเมอร์ไปใช้ในการแก้สถานการณ์ปัญหาที่เกี่ยวข้อง

พอลิเมอร์ในชีวิตจริงโดยผ่านกระบวนการกลุ่ม ตลอดจนตระหนักถึงผลกระทบของการใช้ผลิตภัณฑ์จากพอลิเมอร์ที่มีต่อการดำรงชีวิตและสิ่งแวดล้อม

จากเหตุผลดังที่ได้กล่าวมา ผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะนำแนวคิดการจัดการเรียนรู้ตามแนวทาง สะเต็มศึกษา โดยใช้ปัญหาเป็นฐานมาใช้ในการจัดการเรียนการสอนวิชาเคมี เรื่อง พอลิเมอร์ ซึ่งคาดหวังเป็นอย่างยิ่งว่าจะเป็นวิธีการที่ช่วยพัฒนาสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือของผู้เรียนให้ดีขึ้น เพื่อพัฒนาผู้เรียนให้เต็มตามศักยภาพ และเป็นบุคคลที่มีความรู้ความสามารถ และมีคุณภาพในสังคมทศวรรษที่ 21

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาวิธีการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาโดยใช้ปัญหาเป็นฐานที่พัฒนาสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ
2. เพื่อศึกษาผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาโดยใช้ปัญหาเป็นฐานที่พัฒนาสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ

ขอบเขตของงานวิจัย

1. เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัย
 - 1.1 วิทยาศาสตร์ ได้แก่ ความรู้ในรายวิชาเคมี 5 เรื่อง พอลิเมอร์ ตามหลักสูตรสถานศึกษาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ได้แก่ 1) พลาสติก 2) ยาง 3) เส้นใย โดยใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในการสืบเสาะ ทดลอง และแก้ปัญหา
 - 1.2 เทคโนโลยี ได้แก่ ความรู้ ความสามารถในการใช้เทคโนโลยีและสารสนเทศเพื่อใช้ในการสืบค้น และการออกแบบวิธีแก้ปัญหาตามกระบวนการทางเทคโนโลยี ได้แก่ การวางแผนในการแก้ปัญหา การทดสอบปรับปรุงแก้ไข และหาแนวทางที่เหมาะสมในการแก้ปัญหา

รวมถึงการเลือกใช้วัสดุ อุปกรณ์ที่เหมาะสมในการแก้ปัญหา

1.3 วิศวกรรมศาสตร์ ได้แก่ กระบวนการที่ใช้ในการวางแผน และออกแบบวิธีการแก้ปัญหาที่สอดคล้องกับกระบวนการทางเทคโนโลยี

1.4 คณิตศาสตร์ ได้แก่ การใช้ความรู้และทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ในการแก้ปัญหา

ในการจัดกิจกรรมตามแนวคิดสะเต็มศึกษาโดยใช้ปัญหาเป็นฐานซึ่งบูรณาการความรู้ทั้ง 4 สาขาวิชา จะใช้สถานการณ์ปัญหาเป็นตัวขับเคลื่อนการเรียนรู้ ของนักเรียน โดยนักเรียนจะได้ประยุกต์และบูรณาการความรู้ทั้ง 4 สาขา ข้างต้นในการแก้ปัญหาหรือสร้างชิ้นงานตามสถานการณ์ที่กำหนด

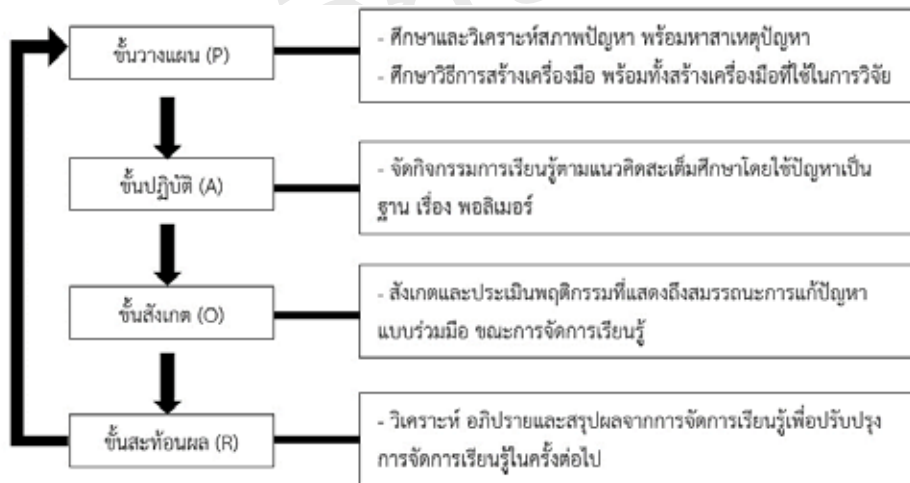
2. ผู้เข้าร่วมวิจัย คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 จำนวน 15 คน ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2561 ของโรงเรียนขนาดเล็กแห่งหนึ่งในภาคเหนือตอนล่าง

3. สิ่งที่ศึกษา ได้แก่ การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาโดยใช้ปัญหาเป็นฐาน เรื่องพอลิเมอร์ และสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ

4. ระยะเวลาที่ใช้ในการวิจัย จำนวน 12 ชั่วโมง

ระเบียบวิธีวิจัย

ผู้วิจัยดำเนินการวิจัยตามกระบวนการวิจัยปฏิบัติการในชั้นเรียนของ Schmuck (2006, p. 8-12 อ้างอิงใน สิริินภา กิจเกื้อกูล, 2557, หน้า 177) มีขั้นตอนการดำเนินการเป็น 4 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นวางแผน ขั้นปฏิบัติ ขั้นสังเกต และขั้นสะท้อนผล โดยจะดำเนินต่อเนื่องกัน 3 วงจรปฏิบัติการ ดังภาพ 1



ภาพ 1 ขั้นตอนของการวิจัยเชิงปฏิบัติการในแต่ละวงจรปฏิบัติการ

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. แผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาโดยใช้ปัญหาเป็นฐาน เรื่องพอลิเมอร์ จำนวน 3 แผน รวม 12 ชั่วโมง ได้แก่ แผนที่ 1 พลาสติก แผนที่ 2 เรื่องยาง และแผนที่ 3 เรื่อง เส้นใย โดยชิ้นงานของนักเรียนและใบบันทึกกิจกรรมถือเป็นส่วนหนึ่งของแผนการ

จัดการเรียนรู้ ซึ่งแผนการจัดการเรียนรู้ได้รับการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน มีผลการประเมินความเหมาะสมเฉลี่ยอยู่ในระดับมาก ($\bar{X} = 4.32$)

2. แบบบันทึกสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ ซึ่งผ่านการพิจารณาจากอาจารย์ที่ปรึกษานั้นมีลักษณะเป็นการเขียนอิสระตามหัวข้อที่กำหนด ใช้ในการสะท้อน

ผลที่ได้จากการสังเกตการจัดการเรียนรู้เพื่อนำไปปรับปรุงการจัดการเรียนรู้ในครั้งต่อไป ซึ่งผู้วิจัยและครูประจำการเป็นผู้บันทึกสะท้อนผล

3. แบบสังเกตสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ ซึ่งผ่านการพิจารณาจากอาจารย์ที่ปรึกษานั้น มีลักษณะเป็นแบบสังเกตแบบกึ่งโครงสร้าง โดยสังเกตพฤติกรรมการเรียนรู้ของนักเรียนที่เกิดในการทำกิจกรรมในชั้นเรียน รวมไปถึงข้อมูลจากใบบันทึกกิจกรรม และชิ้นงาน

4. แบบประเมินสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นตามกรอบการประเมินของ PISA 2015 มีลักษณะเป็นข้อสอบอัตนัย จำนวน 12 ข้อ ผลการประเมินความสอดคล้องจากผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่านพบว่า ข้อคำถามทุกข้อมีค่าดัชนีความสอดคล้องมากกว่า 0.5

การเก็บรวบรวมข้อมูล

1. ก่อนเริ่มกิจกรรมการเรียนรู้ ผู้วิจัยอธิบายจุดประสงค์ในการเรียน วิธีการจัดการเรียนรู้ และการทำงานกิจกรรมให้ผู้เรียนเข้าใจ

2. ผู้วิจัยดำเนินการจัดการเรียนรู้ของชั้นตอนการวิจัยปฏิบัติการในชั้นเรียน โดยจะใช้แผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาโดยใช้ปัญหาเป็นฐานที่ส่งเสริมสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือของนักเรียน เรื่องพอลิเมอร์ จำนวน 1 แผน ต่อ 1 วงจร ได้แก่ วงจรที่ 1 เรื่องพลาสติก ใช้สถานการณ์ปัญหาเกี่ยวกับปัญหาขยะพลาสติกย่อยสลายยากที่เกิดจากการใช้ถุงเพาะชำ ชิ้นงาน คือ ถุงเพาะชำที่สามารถย่อยสลายได้ง่ายขึ้น วงจรที่ 2 เรื่องยาง ใช้สถานการณ์ปัญหาอันตรายต่อสุขภาพ และสิ่งแวดล้อมที่เกิดจากการใช้กรดซัลฟิวริก และกรดฟอร์มิก ในการทำยางก้อนถ้วยหรือยางแผ่น ชิ้นงาน คือ การทำสารที่ใช้ในการทำยางแผ่นที่มีอันตรายต่อชาวสวน และสิ่งแวดล้อมน้อยที่สุด และหาอัตราส่วนระหว่างสารธรรมชาติ: น้ำ: น้ำยางสด และใน

วงจรที่ 3 เรื่องเส้นใย ใช้สถานการณ์ปัญหาสารปนเปื้อนที่เกิดจากการใช้กระดาษทิชชู และกระดาษหนังสือพิมพ์ซับน้ำมันในอาหาร ชิ้นงาน คือ กระดาษซับน้ำมันจากเส้นใยธรรมชาติที่ปลอดภัยต่อผู้บริโภค โดยในระหว่างดำเนินกิจกรรมการจัดการเรียนรู้ในแต่ละวงจรปฏิบัติการ ผู้วิจัยจะเก็บรวบรวมข้อมูลสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือโดยใช้แบบสังเกตสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือจากนั้นสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบบันทึกสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้เพื่อนำผลการสะท้อนมาใช้ในการวางแผนในวงจรถัดไป

3. หลังจากการจัดการเรียนรู้ครบทุกวงจรปฏิบัติการ ผู้วิจัยจะวัดสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือของนักเรียนโดยใช้แบบประเมินสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ

การวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยได้นำข้อมูลจากการเก็บรวบรวมมาวิเคราะห์ โดยแบ่งเป็น 2 ส่วน คือ

1. การวิเคราะห์เพื่อปรับปรุงและพัฒนาการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา โดยใช้ปัญหาเป็นฐานโดยข้อมูลมาจากแบบบันทึกสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ ที่ผู้วิจัยและครูประจำการ 1 ท่านเป็นผู้บันทึก ซึ่งเป็นข้อมูลเชิงคุณภาพและทำการวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้การวิเคราะห์เนื้อหา (Content analysis) โดยจะจัดข้อมูลให้เป็นหมวดหมู่ และกำหนดคำหลักของข้อมูลแล้ว ให้ความหมายที่แสดงให้เห็นถึงการพัฒนาและปรับปรุงการจัดการเรียนรู้ นำมาเขียนเชื่อมโยงและสรุปเป็นบทสรุปย่อยจากนั้นนำข้อสรุปย่อยมาเชื่อมโยงเข้าด้วยกันเป็นข้อสรุปสุดท้ายโดยเขียนเป็นความเรียงและทำการตรวจสอบข้อมูลเชิงคุณภาพด้วยวิธีสามเส้าแบบ Resource triangulation นำเสนอผลในรูปแบบของการเขียนบรรยาย

2. การวิเคราะห์ผลการจัดการเรียนรู้ในการพัฒนาสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือของนักเรียน

โดยแบ่งการวิเคราะห์ข้อมูลจาก 2 ส่วน คือ ส่วนที่ 1 แบบสังเกตสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือที่สังเกตจากพฤติกรรมการเรียนรู้ของนักเรียน ระหว่างการจัดการเรียนรู้ รวมถึงชิ้นงานและใบบันทึกกิจกรรมของนักเรียน และ ส่วนที่ 2 แบบประเมินสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือที่ทดสอบหลังจากจบ 3 วงจรปฏิบัติการ โดยทำการวิเคราะห์และจัดกลุ่มระดับ

สมรรถนะของนักเรียน ตามกรอบการประเมินของ PISA 2015 (OECD, 2013) ดังตาราง 1 และนำผลจากทั้งสองส่วนมาวิเคราะห์ เพื่อพิจารณาผลการพัฒนาสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือโดยใช้วิธีการตรวจสอบเชิงคุณภาพด้วยวิธีสามเส้าแบบ Method triangulation นำเสนอผลในรูปแบบของร้อยละจำนวนนักเรียนตามระดับสมรรถนะ

ตารางที่ 1 ระดับสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือตามกรอบการประเมิน PISA 2015

| ระดับสมรรถนะ | รายละเอียด |
|--------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ต่ำ | นักเรียนระบุปัญหาและองค์ความรู้ที่จำเป็นต่อการแก้ปัญหาได้น้อยมากหรือไม่มีความสอดคล้องต่อปัญหา มีการสื่อสารหรือแบ่งปันข้อมูลเกี่ยวกับปัญหาน้อยมากและไม่เกี่ยวข้องกับปัญหา มีการตรวจสอบความผิดพลาดที่เกิดขึ้นจากการสื่อสารหรือการแบ่งปันความเข้าใจร่วมกันได้น้อยมากหรือไม่มีความสอดคล้องต่อปัญหา ระบุแนวทางการแก้ปัญหาได้น้อยมากหรือไม่มีความสอดคล้องต่อปัญหาที่เผชิญ มีการแก้ปัญหาแบบลองผิดลองถูก ไม่สามารถตรวจสอบความผิดพลาดที่เกิดจากการดำเนินการแก้ปัญหากลุ่มได้และให้ความช่วยเหลือสมาชิกในการแก้ปัญหาน้อยมาก นักเรียนแสดงถึงการไม่มีความเข้าใจในบทบาทหน้าที่ของตนเองและปฏิบัติหน้าที่ที่ได้รับมอบหมายอย่างไม่เหมาะสม |
| กลาง | นักเรียนสามารถระบุปัญหาและองค์ความรู้ที่จำเป็นต่อการแก้ปัญหาได้ค่อนข้างสอดคล้องกับสถานการณ์ปัญหา สามารถระบุเงื่อนไข และข้อจำกัดของปัญหาได้มีการสื่อสารหรือแบ่งปันข้อมูลเกี่ยวกับปัญหา เมื่อถูกกระตุ้นสามารถกำหนดเป้าหมาย ระบุแนวทางและวางแผนในการแก้ปัญหาผ่านการร่วมมือกันในกลุ่ม ได้สอดคล้องต่อบริบทและสถานการณ์ที่เผชิญได้บางส่วน นักเรียนให้ความร่วมมือในการดำเนินการแก้ปัญหากลุ่มและปฏิบัติหน้าที่ตามบทบาทได้อย่างเหมาะสม สามารถตรวจสอบความผิดพลาดที่เกิดจากการดำเนินการแก้ปัญหากลุ่มและของสมาชิกได้ สามารถยอมรับข้อผิดพลาดของตนเองและของสมาชิกได้ค่อนข้างเหมาะสม |
| สูง | นักเรียนเป็นผู้ริเริ่มในการดำเนินการแก้ปัญหา สามารถระบุปัญหา และองค์ความรู้ที่จำเป็นต่อการแก้ปัญหาลงจนระบุเงื่อนไข และข้อจำกัดของปัญหาได้อย่างชำนาญ สามารถตรวจสอบความผิดพลาดที่เกิดจากการสื่อสารของสมาชิกได้ เป็นผู้ริเริ่มในการวางแผนและออกแบบวิธีแก้ปัญหา สามารถตรวจสอบและแก้ไขปัญหาคือเป็นผลมาจากการดำเนินการแก้ปัญหากลุ่มและของสมาชิกได้อย่างเหมาะสม นักเรียนแสดงให้เห็นถึงการเข้าใจบทบาทหน้าที่ของตนเองและของสมาชิก สามารถปฏิบัติหน้าที่ได้อย่างเหมาะสม สามารถรับมือกับความขัดแย้ง หรืออุปสรรคที่เกิดขึ้นได้อย่างเหมาะสม ตลอดจนการให้ความช่วยเหลือสมาชิกเมื่อเกิดปัญหาได้อย่างเหมาะสม |

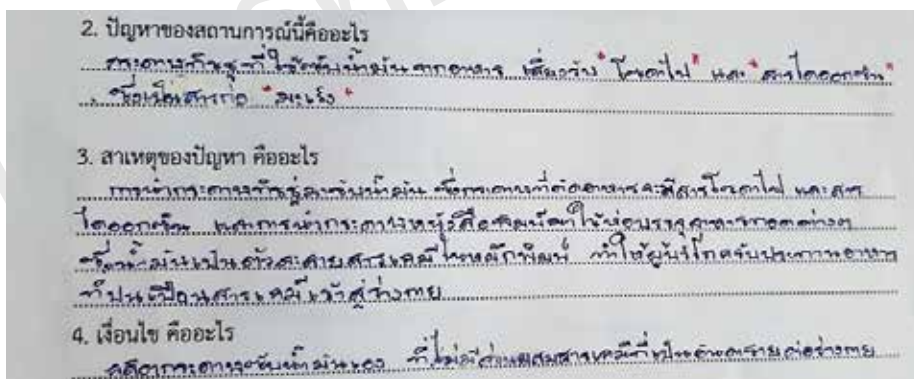
ผลการวิจัย

ตอนที่ 1 ผลการศึกษาแนวทางในการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาโดยใช้ปัญหาเป็นฐานที่ส่งเสริมสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ

จากผลการวิเคราะห์ข้อมูลการจัดการเรียนรู้ทั้ง 3 วงจรปฏิบัติการ สามารถสรุปแนวทางในการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา โดยใช้ปัญหาเป็นฐานที่ส่งเสริมสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ ได้ดังนี้

ขั้นที่ 1 การยืนยันปัญหา เป็นขั้นที่นักเรียนระบุปัญหาผ่านการอภิปรายกลุ่ม โดยก่อนการอภิปรายผู้สอนควรแบ่งนักเรียนออกเป็นกลุ่มแบบละความสามารถและให้นักเรียนแต่ละกลุ่มแบ่งหน้าที่ โดยคำนึงถึงความสามารถของสมาชิกกลุ่ม เนื่องจากในวงจรที่ 1 จากการสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้พบว่า นักเรียนจับฉลากแบ่งหน้าที่หรือแบ่งตามความชอบส่งผลให้การดำเนินการในแต่ละหน้าที่ล่าช้าไม่เสร็จตามเวลาที่กำหนด และเมื่อ

แบ่งหน้าที่เสร็จจึงให้นักเรียนระบุปัญหาจากสถานการณ์ที่กำหนดซึ่งจากข้อมูลในวงจรที่ 1 พบว่า นักเรียนบางกลุ่มให้สมาชิกเพียงคนเดียวหรือบางส่วนเป็นผู้ระบุปัญหาทำให้ระบุปัญหาได้ไม่สอดคล้องหรือไม่ครบตามสถานการณ์ที่กำหนด ผู้สอนจึงควรติดตามอย่างใกล้ชิดและให้นักเรียนได้ระบุปัญหาด้วยมุมมองของตนเองและเปิดโอกาสให้นักเรียนแต่ละคนนำมาอภิปรายในกลุ่มและนำข้อสรุปของแต่ละกลุ่มมาอภิปรายในชั้นเรียนจะทำให้นักเรียนระบุปัญหาได้สอดคล้องกับสถานการณ์ ดังภาพที่ 2 นอกจากนี้ในขั้นนี้ผู้สอนควรเลือกสถานการณ์ปัญหาที่มีอยู่จริงในชีวิตประจำวันและไม่ไกลตัวนักเรียนเกินไป เช่น ขยะจากถุงเพาะชำ หรืออันตรายจากการใช้กระดาษทิชชูชุบน้ำมันในอาหาร เป็นต้น ซึ่งจากการสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ ทั้ง 3 วงจร พบว่า การใช้สถานการณ์ในชีวิตจริงทำให้นักเรียนมีความกระตือรือร้นในการทำกิจกรรมสะเต็มศึกษา



ภาพที่ 2 แสดงตัวอย่างการระบุปัญหา สาเหตุ และเงื่อนไข ในวงจรปฏิบัติการที่ 3

ขั้นที่ 2 การชี้แจงปัญหา เป็นขั้นที่นักเรียนแต่ละกลุ่มอภิปรายสาเหตุและเงื่อนไขของสถานการณ์ ซึ่งผู้สอนควรให้นักเรียนระบุสาเหตุและเงื่อนไขด้วยตนเองก่อนนำมาอภิปรายในกลุ่มและในชั้นเรียนตามลำดับ จะทำให้นักเรียนระบุสาเหตุและเงื่อนไขได้สอดคล้องกับสถานการณ์ดังภาพที่ 2 และเชื่อมโยงสู่ประเด็นความรู้ด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์

ขั้นที่ 3 การวางแผน เป็นขั้นที่แต่ละกลุ่มระดมความคิดเพื่อวางแผนเพื่อเลือกแนวทางที่เหมาะสมที่สุดและคำนึงถึงความผิดพลาดที่อาจเกิดขึ้นจากแผนการที่เลือกและเนื่องจากในวงจรที่ 1 นักเรียนไม่ทำตามแผนที่วางไว้ทั้งใส่สารไม่ตรงตามที่วางแผนหรือการผลิตพลาสติกชีวภาพเพื่อใช้ในการทำถุงเพาะชำเกิน 1 ชิ้นซึ่งที่วางแผนใช้เพียง 1 ชิ้น ดังภาพที่ 3 ดังนั้นในขั้นนี้

ผู้สอนควรจำกัดจำนวนอุปกรณ์และปริมาณสารเคมีต่อกลุ่ม รวมถึงอธิบายเกณฑ์การประเมินชิ้นงานและระยะเวลาที่ใช้ในการวางแผนเพื่อเป็นการสร้างเงื่อนไขให้นักเรียนนำไปใช้ในการวางแผน และควรส่งเสริมให้นักเรียนมีการโต้แย้งกันอย่างมีเหตุผลในการวางแผนเพื่อป้องกันการลองผิดลองถูก ในการลงมือปฏิบัติในชั้นปรับโครงสร้าง และผู้สอนควรเป็นเพียงผู้คอยติดตาม

ชี้แนะ และให้คำปรึกษาเท่านั้นโดยไม่มีส่วนเกี่ยวข้องในการวางแผนของนักเรียน ดังนั้นไม่ควรนำตัวอย่างการแก้ปัญหาให้นักเรียนดู เนื่องจากนักเรียนมักลอกเลียนแบบจากตัวอย่างที่ให้โดยไม่ร่วมกันคิดแก้ปัญหา ดังที่พบว่า นักเรียนทุกกลุ่มใช้แบ่งมันสำปะหลังเหมือนกับตัวอย่างในการทำพลาสติกชีวภาพเพื่อทำถุงเพาะชำ



ภาพที่ 3 แสดงการทำพลาสติกชีวภาพ เพื่อขึ้นรูปเป็นถุงเพาะชำเกิน 1 ชั้น

ขั้นที่ 4 การวางแผนสำรอง เป็นขั้นที่นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันวางแผนการเพื่อรองรับความผิดพลาดที่เกิดจากแผนการหลัก ซึ่งครูควรกำหนดระยะเวลาในการวางแผนสำรองและเน้นย้ำความสำคัญของแผนสำรอง และควรส่งเสริมให้นักเรียนมีการโต้แย้งกันอย่างมีเหตุผลในการวางแผนสำรองเพื่อป้องกันการลองผิดลองถูกในการลงมือปฏิบัติในชั้นปรับโครงสร้าง ดังภาพ 3

ขั้นที่ 5 การปรับโครงสร้าง เป็นขั้นลงมือสร้างชิ้นงาน เพื่อแก้ปัญหาตามแผนการหลักที่วางเอาไว้แล้วนำไปทดสอบ และหากผลการทดสอบหรือการสร้างชิ้นงานพบปัญหาควรเปิดโอกาสให้นักเรียนได้ปรับปรุงชิ้นงานอีกครั้งตามแผนสำรองที่วางเอาไว้ นอกจากนี้ครูควรติดตามการดำเนินงานของแต่ละกลุ่มอย่างใกล้ชิดและก่อนการสร้างชิ้นงานผู้สอนควรมีการกำหนดเวลาในการสร้างและทดสอบชิ้นงานเนื่องจากพบว่า เมื่อมีการกำหนดระยะเวลาในการสร้างและทดสอบชิ้นงานทั้งในการทำวางแผนด้วยสารจากธรรมชาติ และกระดาษซับน้ำมันจากเส้นใย

ธรรมชาติ นักเรียนจะตั้งใจและร่วมมือกันจนสำเร็จคล่องตามกำหนดเวลา

ขั้นที่ 6 การประเมิน เป็นขั้นการนำเสนอชิ้นงานเพื่อเป็นการประเมินการแก้ปัญหาและสรุปความรู้ที่ได้ โดยผู้สอนควรมีการกำหนดเกณฑ์การให้คะแนนเงื่อนไขในการนำเสนอ หัวข้อในการนำเสนอ และเวลาที่ใช้ในการนำเสนอเนื่องจากการสะท้อนผลพบว่า หากไม่มีการกำหนดเกณฑ์เหล่านี้ นักเรียนมักจะออกมานำเสนอโดยการอ่านใบบันทึกกิจกรรมทั้งหมด จากนั้นให้นักเรียนร่วมกันประเมินชิ้นงาน โดยผู้สอนควรเปิดโอกาสให้นักเรียนทุกคนได้แสดงความคิดเห็น เพื่ออภิปรายร่วมกันถึงข้อดี สิ่งที่ต้องปรับปรุง เพื่อให้คำแนะนำในการทำงานครั้งต่อไป และนอกจากนี้จากการสะท้อนผลพบว่าการให้นักเรียนสรุปความรู้เพียงเรื่อง พอลิเมอร์เพียงอย่างเดียว ไม่สอดคล้องกับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาที่ใช้การบูรณาการความรู้ในการแก้ปัญหา ดังนั้นควรให้นักเรียนร่วมกันสรุปองค์ความรู้เกี่ยวกับ

พอลิเมอร์ และความรู้ด้านสะเต็มศึกษาที่ใช้ในการแก้ปัญหา โดยมีผู้สอนเป็นผู้คอยชี้แนะ เพื่อเป็นการตรวจสอบ และแก้ไขความเข้าใจที่ผิดพลาด หรือเสริมความรู้เกี่ยวกับเรื่องพอลิเมอร์ และการบูรณาการความรู้ด้านสะเต็มศึกษาให้แก่นักเรียน

จากที่กล่าวมาข้างต้นสามารถสรุปแนวทางในการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาโดยใช้ปัญหาเป็นฐานที่ส่งเสริมสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ คือ การจัดการเรียนรู้ที่ใช้สถานการณ์ปัญหาที่น่าสนใจ และเกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวัน เน้นกระบวนการกลุ่ม

มีการกระตุ้นให้นักเรียนทุกคนสะท้อนความคิดและประเมินความเข้าใจร่วมกันผ่านการอภิปราย และมีการติดตามอย่างใกล้ชิดในทุกขั้นตอนจะทำให้ให้นักเรียนมีพัฒนาการของสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือที่ดีขึ้น

ตอนที่ 2 ผลการพัฒนาสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาโดยใช้ปัญหาเป็นฐาน

ผลการทดสอบสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือหลังการจัดการเรียนรู้ ได้ผลดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 แสดงผลการประเมินสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือหลังการจัดการเรียนรู้

| สมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ | จำนวนนักเรียนเป็นร้อยละ | | |
|---------------------------------------------------------------|-------------------------|-------|-------|
| | ต่ำ | กลาง | สูง |
| 1. สมรรถนะการสร้างและเก็บรักษาความเข้าใจที่มีร่วมกัน | | | |
| - การค้นพบมุมมองและความสามารถของสมาชิกภายในกลุ่ม | 0.00 | 13.33 | 86.67 |
| - การแบ่งปันข้อมูล และทำความเข้าใจในปัญหาร่วมกัน | 0.00 | 40.00 | 60.00 |
| - การสื่อสารร่วมกันเพื่อระบุถึงปัญหาและการดำเนินงานภายในกลุ่ม | 0.00 | 40.00 | 60.00 |
| - การตรวจสอบและแก้ไขความเข้าใจร่วมกัน | 0.00 | 26.67 | 73.33 |
| สรุปสมรรถนะการสร้างและเก็บรักษาความเข้าใจที่มีร่วมกัน | 0.00 | 30.00 | 70.00 |
| 2. สมรรถนะการเลือกวิธีดำเนินการที่เหมาะสมในการแก้ปัญหา | | | |
| - การร่วมมือกันระบุเพื่อหาแนวทางที่เหมาะสมในการแก้ปัญหา | 0.00 | 46.67 | 53.33 |
| - การร่วมกันวางแผนออกแบบและดำเนินงาน | 0.00 | 40.00 | 60.00 |
| - การระบุและอธิบายภาระงานที่ต้องปฏิบัติให้เสร็จ | 0.00 | 20.00 | 80.00 |
| - การร่วมกันตรวจสอบผลการดำเนินงานและประเมินผลความสำเร็จของงาน | 0.00 | 13.33 | 86.67 |
| สรุปสมรรถนะการเลือกวิธีดำเนินการที่เหมาะสมในการแก้ปัญหา | 0.00 | 30.00 | 70.00 |
| 3. สมรรถนะการสร้างและรักษาระเบียบของกลุ่ม | | | |
| - การเข้าใจบทบาทหน้าที่ของตนเองและของสมาชิกกลุ่ม | 0.00 | 40.00 | 60.00 |
| - การปฏิบัติงานตามหน้าที่ที่ได้รับมอบหมายได้ | 0.00 | 13.33 | 86.67 |
| - การอธิบาย และประพฤติตนตามกฎของกลุ่มที่ได้ตั้งไว้ | 0.00 | 20.00 | 80.00 |
| - การให้ข้อเสนอแนะเพื่อเป็นข้อปรับปรุงในการทำงานร่วมกัน | 0.00 | 13.33 | 86.67 |
| สรุปสมรรถนะการสร้างและรักษาระเบียบของกลุ่ม | 0.00 | 21.67 | 78.34 |
| สรุปสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ | 0.00 | 27.22 | 72.78 |

จากตารางที่ 2 แสดงให้เห็นว่า นักเรียนส่วนใหญ่ ร้อยละ 72.78 มีสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมืออยู่ในระดับสูง กล่าวคือ นักเรียนร้อยละ 70.00 มีสมรรถนะการสร้างและเก็บรักษาความเข้าใจที่มีร่วมกัน โดยมีสมรรถนะย่อยการค้นพบมุมมองและความสามารถของสมาชิกภายในกลุ่มมากที่สุด (ร้อยละ 86.67) นักเรียนร้อยละ 70.00 มีสมรรถนะการเลือกวิธีดำเนินการที่เหมาะสมในการแก้ปัญหา โดยมีสมรรถนะย่อยการร่วมกันตรวจสอบผลการดำเนินงานและประเมินผลความสำเร็จของงานมากที่สุด (ร้อยละ 86.67) และนักเรียนร้อยละ 78.34 มีสมรรถนะการสร้างและรักษาระเบียบของกลุ่ม โดยมีสมรรถนะย่อยการปฏิบัติตามหน้าที่ที่ได้รับมอบหมายได้ และสมรรถนะย่อยการให้ข้อเสนอแนะ เพื่อเป็นข้อปรับปรุงในการทำงานร่วมกันมากที่สุด (ร้อยละ 86.67)

จากข้อมูลข้างต้นที่ได้นำเสนอามีผลการประเมินสอดคล้องกับผลการประเมินพฤติกรรมการเข้าร่วมกระบวนการแก้ปัญหาของกลุ่มขณะจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในแต่ละวงจรปฏิบัติการโดยใช้แบบสังเกตสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ พบว่า ในแต่ละวงจรปฏิบัติการมีการเปลี่ยนแปลงจำนวนของนักเรียนในระดับสมรรถนะต่าง ๆ โดยนักเรียนที่อยู่ในระดับต่ำและระดับกลางมีจำนวนลดลง ในขณะที่จำนวนนักเรียนในระดับสูงมีจำนวนเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ โดยในวงจรปฏิบัติการที่ 3 นักเรียนส่วนใหญ่แสดงพฤติกรรมการแก้ปัญหาแบบร่วมมือครบทุกประเด็นย่อย เช่น มีการแบ่งหน้าที่สมาชิกตามความสามารถ ปฏิบัติหน้าที่ตามที่ได้รับมอบหมาย มีการสื่อสารและแบ่งปันข้อมูลจากการอภิปรายร่วมกัน และให้ข้อเสนอแนะในการปรับปรุงการทำงาน หรือการดำเนินการแก้ปัญหาร่วมกัน เป็นต้น แสดงให้เห็นว่า นักเรียนมีพัฒนาการในสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือที่สูงขึ้น

อภิปรายผลการวิจัย

สามารถอภิปรายผลตามจุดมุ่งหมายของการวิจัย ดังนี้

1. จากผลการศึกษาแนวทางในการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาโดยใช้ปัญหาเป็นฐานที่ส่งเสริมสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ จะเห็นได้ว่าจากขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ทั้ง 6 ขั้นตอน ใช้กระบวนการกลุ่มในการแก้ปัญหา มุ่งเน้นให้ผู้เรียนได้อภิปรายร่วมกันเนื่องจากการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาเน้นกระบวนการแก้ปัญหาที่หลากหลาย ซึ่งย่อมได้มาจากการอภิปรายที่กว้างขวางเพื่อให้ได้ข้อสรุปที่ดีที่สุดนั่นเอง โดยมีครูเป็นผู้อำนวยความสะดวกในการเรียนรู้และคอยติดตามอย่างใกล้ชิดในทุกขั้นตอน อีกทั้งการใช้สถานการณ์ปัญหาที่น่าสนใจ การให้นักเรียนได้มีโอกาสเผชิญกับปัญหาใกล้ตัว และการสร้างชิ้นงานในการแก้ปัญหาที่น่าสนใจ เช่น กิจกรรมการแก้ปัญหาขยะพลาสติกจากถุงเพาะชำโดยการคิดค้นและออกแบบถุงเพาะชำจากพลาสติกชีวภาพ เป็นต้น จะเป็นตัวขับเคลื่อนทำให้นักเรียนกระตือรือร้นในการร่วมกิจกรรมการเรียนรู้จะทำให้นักเรียนแสดงพฤติกรรมการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ สอดคล้องกับ สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษาแห่งชาติ (2550) ที่กล่าวว่า ปัญหาเป็นสิ่งที่กระตุ้นให้เกิดแรงจูงใจในการใฝ่หาความรู้ หากเป็นเรื่องใกล้ตัว น่าสนใจ มีคุณค่าและความหมายแล้ว จะนำไปสู่การพัฒนาการเรียนการสอนที่ยกระดับคุณภาพผู้เรียนทั้งความรู้ ทักษะกระบวนการ การคิดขั้นสูง และการทำงานร่วมกันเป็นทีมได้ และสอดคล้องกับผลการวิจัยของ นันทชา อัมฤทธิ์ (2559) ที่พบว่าการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาควรใช้สถานการณ์ในชีวิตจริงจะช่วยกระตุ้นความสนใจของนักเรียนและเป็นปัจจัยสำคัญในการช่วยพัฒนาทักษะการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนได้

ในขั้นการยืนยันปัญหาและขั้นการชี้แจงปัญหามุ่งเน้นให้นักเรียนได้ร่วมกันระบุปัญหาและสาเหตุโดยเริ่ม

ตั้งแต่มุมมองของตนเองและเปิดโอกาสให้นักเรียนแต่ละคนนำมาอภิปรายในกลุ่ม และนำข้อสรุปของแต่ละกลุ่มมาอภิปรายอีกครั้งในชั้นเรียน และมีการแบ่งกลุ่มนักเรียนแบบคละความสามารถ จะช่วยให้นักเรียนได้เกิดการเรียนรู้แบบร่วมมือ ช่วยเหลือกันและร่วมมือกันแก้ปัญหา ส่งเสริมให้นักเรียนเกิดความรับผิดชอบต่อหน้าที่และความสัมพันธ์อันดีต่อเพื่อนร่วมกลุ่ม ในการทำงานร่วมกัน นำไปสู่การพัฒนาทักษะทางสังคม (ทศนา เขมมณี, 2557) ในขั้นการวางแผนและขั้นการวางแผนสำรอง นักเรียนจะได้นำความรู้ที่สับสนมาระดมความคิด และโต้แย้งกันอย่างมีเหตุผลในการวางแผนพัฒนาแนวทางในการแก้ปัญหาที่เป็นไปได้ โดยคำนึงถึงข้อจำกัดและเงื่อนไขของปัญหาที่สถานการณ์กำหนด และตั้งอยู่บนหลักการหรือทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์และ คณิตศาสตร์ (Morgan, et al., 2013; Householder & Hailey, 2012) และไม่ควรนำตัวอย่างการสร้างชิ้นงานเพื่อแก้ปัญหามาให้ดูเป็นตัวอย่างหากสถานการณ์ปัญหานั้นไม่ได้มีความซับซ้อนมาก หรือสามารถหาแหล่งข้อมูลที่ใช้ในการอ้างอิงได้ง่ายเนื่องจากนักเรียนมักลอกเลียนแบบจากตัวอย่างที่ให้สอดคล้องกับ สายหยุด สมประสงค์ (2523 อ้างอิงใน พรหมพร นามโนรินทร์ 2554, หน้า 33) ที่กล่าวว่า ผู้สอนไม่ควรบอกปัญหาและวิธีการแก้ปัญหาให้นักเรียนตรง ๆ เพราะถ้าบอกแล้ว นักเรียนจะไม่ได้ใช้ยุทธศาสตร์ในการคิดแก้ปัญหา ส่วนในขั้นการปรับโครงสร้าง เป็นขั้นที่นักเรียนได้ร่วมมือกันดำเนินการแก้ปัญหา ให้นักเรียนได้ค้นพบองค์ความรู้และประสบการณ์ด้วยตนเองจากการใช้กระบวนการคิดและการแสวงหาความรู้ควบคู่กับการปฏิบัติจริง (ชัยชัย อธิเกียรติ และคณะ, 2559) และในขั้นการประเมิน เป็นขั้นตอนที่แต่ละกลุ่มรายงานผลการดำเนินการแก้ปัญหา นักเรียนร่วมกันอภิปรายถึงข้อดี ข้อด้อยของชิ้นงาน ความสำเร็จของการดำเนินงาน ปัญหาและอุปสรรคที่เกิดขึ้น ตลอดจนแนวทางในการแก้ไขปรับปรุง นักเรียนจะได้เรียนรู้จากข้อผิดพลาดที่เกิดขึ้นจากวิธีแก้ปัญหาของทั้งกลุ่มตนเองและกลุ่มเพื่อน

และสามารถดำเนินการปรับปรุงแก้ไขวิธีแก้ปัญหาให้มีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น (Householder & Hailey, 2012; Kapur & Toh, 2013; Morgan, et al., 2013)

2. จากผลการพัฒนาสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือของนักเรียน พบว่า นักเรียนมีการพัฒนาสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือไปในทางที่ดีขึ้น ในแต่ละวงจรการจัดการเรียนรู้มีการเปลี่ยนแปลงจำนวนของนักเรียนตามระดับสมรรถนะต่าง ๆ โดยนักเรียนที่อยู่ในระดับต่ำและระดับกลางมีจำนวนลดลง ในขณะที่จำนวนนักเรียนในระดับสูงมีจำนวนเพิ่มขึ้นในแต่ละวงจรปฏิบัติการ ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดสอบสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือที่นักเรียนส่วนใหญ่มีระดับสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมืออยู่ในระดับสูง สามารถอภิปรายผลแยกตามสมรรถนะแต่ละด้าน ดังนี้

2.1 สมรรถนะการสร้าง และเก็บรักษาความเข้าใจที่มีร่วมกัน มีนักเรียนส่วนใหญ่อยู่ในระดับสูง โดยมีสมรรถนะย่อยการค้นพบมุมมองและความสามารถของสมาชิกภายในกลุ่มมากที่สุด เนื่องจากในการทำกิจกรรมใช้การแบ่งกลุ่มแบบคละความสามารถ โดยครูผู้สอน ซึ่งทำให้นักเรียนไม่เข้าใจหน้าที่แต่ละหน้าที่ และไม่รู้ความสามารถของสมาชิก เนื่องจากไม่ได้แบ่งกลุ่มเอง จึงแบ่งหน้าที่ด้วยการจับฉลากในวงจรปฏิบัติการที่ 1 แต่เมื่อได้รับคำแนะนำเกี่ยวกับการแบ่งหน้าที่จากผู้สอน รวมถึงได้รู้ความสามารถของสมาชิกจากการทำงานร่วมกันในวงจรปฏิบัติการที่ 1 ทำให้ในวงจรต่อไปนักเรียนมีการแบ่งหน้าที่ในการดำเนินงานอย่างเหมาะสมมากขึ้น สอดคล้องกับแนวคิดของ วราภรณ์ ศรีวิโรจน์ (2557) ที่กล่าวว่า การจัดกลุ่มในลักษณะที่ไม่ให้นักเรียนจัดกลุ่มเองนั้น จะช่วยให้นักเรียนเกิดปฏิสัมพันธ์ที่ดีต่อกัน และให้การช่วยเหลือเกื้อกูลกันในการทำงานได้เป็นอย่างดี และในส่วนของสมรรถนะย่อยอื่น ๆ ที่มีจำนวนนักเรียนส่วนใหญ่อยู่ในระดับสูงเช่นกัน เนื่องจากในกิจกรรมการเรียนรู้ที่นักเรียนได้อภิปรายร่วมกันภายในกลุ่ม เริ่มตั้งแต่การสร้าง ความเข้าใจด้วยมุมมองของตนเอง แล้วแลกเปลี่ยนจน

ได้มุมมองของกลุ่มและระหว่างกลุ่ม เป็นการแสดงแนวคิด และมุมมองของตนเองแล้วปรับความเข้าใจให้ตรงกันในการระบุปัญหา สาเหตุ เจาะใจ การสร้างองค์ความรู้หรือข้อมูลสำคัญในการแก้ปัญหา ตลอดจนการถ่ายทอดและแก้ไขความเข้าใจและสิ่งที่เกิดขึ้นในระหว่างการทำงาน เช่น ในกิจกรรม เรื่อง เส้นใย ในการทำกระดาษชาน้ำมัน จากเส้นใยธรรมชาติ นักเรียนแต่ละกลุ่มต้องร่วมกันระบุปัญหา สาเหตุ และเงื่อนไขของสถานการณ์ การสืบค้น ข้อดี ข้อด้อยของเส้นใยพืชแต่ละชนิด และสืบค้นสารที่จะนำมาใช้แทนโซดาไฟในการย่อยเส้นใยในการทำกระดาษชาน้ำมัน โดยระบุประเด็นตามมุมมองของตนเองหรือจากการสืบค้น จากนั้นจึงผลัดกันพูดที่ละคนจนครบ แล้วนำข้อสรุปของกลุ่มที่ได้ไปอภิปรายในชั้นเรียน เพื่อปรับความเข้าใจให้เป็นไปในทิศทางเดียวกัน รวมถึงมีตรวจสอบและแก้ไขความเข้าใจของสมาชิก โดยหัวหน้ากลุ่มตลอดการดำเนินงาน ดังนั้นกิจกรรมดังกล่าว จึงช่วยส่งเสริมให้นักเรียนสามารถสื่อสารกันเพื่อสร้างความเข้าใจในปัญหา และข้อมูลต่าง ๆ ร่วมกันและเก็บรักษาความเข้าใจที่ร่วมกันตลอดการทำงาน

2.2 สมรรถนะการเลือกวิธีดำเนินการที่เหมาะสมในการแก้ปัญหา มีนักเรียนส่วนใหญ่อยู่ในระดับสูง โดยมีสมรรถนะย่อยการร่วมกันตรวจสอบผลการดำเนินงาน และประเมินผลความสำเร็จของงานมากที่สุด เนื่องจากการจัดกิจกรรมในชั้นการปรับโครงสร้างที่นักเรียนจะต้องลงมือปฏิบัติสร้างชิ้นงานเพื่อแก้ปัญหาตามแผนการที่วางเอาไว้ และนำชิ้นงานมาทดสอบ จะทำให้นักเรียนสามารถตรวจสอบผลการดำเนินงานเพื่อแก้ไขปรับได้ รวมถึงในชั้นการประเมินผลที่ให้นักเรียนได้นำเสนอผลการแก้ปัญหา และร่วมกันประเมินผลงานจะทำให้สามารถประเมินผลความสำเร็จของงานได้ ดังเช่นในการทำกิจกรรมเรื่องพลาสติก ในการทำถุงเพาะชำจากพลาสติกชีวภาพ ที่นักเรียนจะต้องนำพลาสติกชีวภาพมาทดสอบเปอร์เซ็นต์การยึดตัว และระยะเวลาในการย่อยสลาย หากพบว่า ผลการทดสอบไม่เป็น

ดังที่คาดหวัง นักเรียนจะต้องทำการแก้ไขตามแผนสำรองที่วางไว้ รวมถึงการรายงานเพื่อนำเสนอผลการทำพลาสติกชีวภาพ ซึ่งทั้งหมดที่กล่าวมาจะทำให้นักเรียนเข้าใจปัญหามากขึ้น และทราบถึงประสิทธิภาพของชิ้นงานที่สร้างขึ้น รวมถึงประสิทธิภาพของวิธีการแก้ปัญหา (Morgan, et al., 2013) ส่งผลให้นักเรียนสามารถตรวจสอบ และประเมินความสำเร็จของงานได้ และในส่วนของสมรรถนะย่อยอื่น ๆ ที่มีจำนวนนักเรียน ส่วนใหญ่อยู่ในระดับสูงเช่นกัน เนื่องจากการทำกิจกรรมในขั้นตอนการวางแผนและวางแผนสำรอง ซึ่งทำให้นักเรียนต้องร่วมกันระดมความคิด เพื่อวางแผนออกแบบในการสร้างชิ้นงาน เพื่อแก้ปัญหาและโต้แย้งกัน ด้วยเหตุผลจนสามารถร่วมกันระบุ เพื่อหาแนวทางที่เหมาะสมในการแก้ปัญหาทำให้สามารถระบุได้ว่า ต้องดำเนินการอย่างไรจึงจะทำให้งานประสบผลสำเร็จผ่านการนำเสนอ วิธีแก้ปัญหาตามแผนการที่วางเอาไว้ กล่าวคือ เป็นขั้นที่ให้นักเรียนได้ร่วมกระบวนการกลุ่ม เพื่อแลกเปลี่ยนวิธีการแก้ปัญหา ทำให้นักเรียนแต่ละกลุ่มระดมความคิด เพื่อร่วมกันวางแผนออกแบบวิธีการแก้ปัญหา ช่วยให้ผู้เรียนเกิดการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ และมีการโต้แย้งกันเพื่อให้ได้แนวทางในการแก้ปัญหาที่เหมาะสมที่สุด (Antonnenko, et al., 2011 อ้างอิงใน Farzaneh Jahanzad, 2012)

2.3 สมรรถนะการสร้างและรักษาระเบียบของกลุ่ม มีนักเรียนส่วนใหญ่อยู่ในระดับสูง โดยมีสมรรถนะย่อยการปฏิบัติงานตามหน้าที่ที่ได้รับมอบหมายได้ และสมรรถนะย่อยการให้ข้อเสนอแนะ เพื่อเป็นข้อปรับปรุงในการทำงานร่วมกันมากที่สุด เนื่องจากการทำกิจกรรมมีการให้นักเรียนแบ่งหน้าที่ตามความสามารถ ทำให้นักเรียนมีความเข้าใจบทบาทหน้าที่ของตนเองและเข้าใจข้อตกลงของกลุ่มทำให้สามารถปฏิบัติหน้าที่ที่ได้รับมอบหมายได้เป็นอย่างดี ซึ่งในวงจรปฏิบัติการที่ 1 นักเรียนยังไม่สามารถปฏิบัติตามหน้าที่ที่ได้รับมอบหมายได้ เนื่องจากนักเรียนไม่เข้าใจบทบาทของแต่ละหน้าที่จึงมีการแบ่งหน้าที่ไม่เหมาะสม

กับความสามารถ ส่งผลให้ในการทำกิจกรรมนักเรียนไม่สามารถปฏิบัติตามหน้าที่ที่ได้รับมอบหมายได้แต่ในวงจรปฏิบัติการที่ 2 และ 3 นักเรียนเข้าใจหน้าที่และค้นพบความสามารถของสมาชิกจึงแบ่งหน้าที่ได้ตามความสามารถส่งผลให้นักเรียนเข้าใจในหน้าที่และสามารถปฏิบัติหน้าที่ตามที่ได้รับมอบหมายได้เป็นอย่างดีรวมถึงในขั้นการประเมินที่เปิดโอกาสให้นักเรียนทุกคนได้ประเมินและให้ข้อเสนอแนะในการแก้ปัญหาของทั้งกลุ่มตนเองและกลุ่มอื่นจึงทำให้มีสมรรถนะนี้ในระดับสูง และตลอดการทำกิจกรรมนักเรียนต้องปฏิบัติตาม หน้าที่ที่ตนเองได้รับมอบหมาย และคอยติดตามตรวจสอบการทำงานของสมาชิกกลุ่มเพื่อให้งานดำเนินไปจนสำเร็จ ล่วงตามเป้าหมาย รวมถึงมีการกำหนดเวลาที่ใช้ในการทำกิจกรรมที่จำกัดในแต่ละขั้นตอนเพื่อเป็นการสร้างและรักษาระเบียบของกลุ่ม จากทั้งหมดที่กล่าวมาจึงส่งผลให้สมรรถนะย่อยอื่น ๆ อยู่ในระดับสูงเช่นเดียวกัน ดังเช่น ในกิจกรรมการทำกระดาษซับน้ำมันจากเส้นใยธรรมชาติ ซึ่งต้องใช้เวลาในการทำกระดาษให้แห้งจึงต้องมีการติดตามกระดาษที่ตาก นอกเหนือจากเวลานั้นนักเรียนจึงต้องผลัดเปลี่ยนกันมาติดตามผลงานตามหน้าที่ของตนเองและช่วยเหลือกัน เมื่อมีปัญหาเกิดขึ้น สอดคล้องกับทิสนา แคมมณี (2557) ที่กล่าวว่า ในการเรียนรู้แบบร่วมมือนั้น นักเรียนแต่ละคนต้องรับผิดชอบในบทบาทหน้าที่ของตนเอง และในขณะเดียวกันนักเรียนก็ให้ความช่วยเหลือต่อเพื่อนคนอื่น ๆ ในกลุ่มด้วย

การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา โดยใช้ปัญหาเป็นฐานสามารถส่งเสริมให้นักเรียนมีสมรรถนะหลักของการแก้ปัญหาแบบร่วมมืออยู่ในระดับสูง เนื่องจากการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน จะช่วยส่งเสริมให้นักเรียนนำความรู้ด้านวิศวกรรม คณิตศาสตร์ เทคโนโลยี และวิทยาศาสตร์ไปประยุกต์ใช้ และช่วยเพิ่มความสามารถและประสบการณ์เชื่อมโยงความรู้ของผู้เรียนเข้ากับชีวิตจริง ซึ่งจะทำให้นักเรียนได้เรียนรู้จากปัญหาผ่าน

กระบวนการกลุ่มเพื่อแก้ปัญหา หรือสถานการณ์ต่าง ๆ ในชีวิตจริงได้ สอดคล้องกับ พงจจิต นาบุญมี (2560) ซึ่งได้ศึกษาการจัดการเรียนรู้ โดยใช้ปัญหาเป็นฐานเพื่อพัฒนาสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ เรื่อง การเคลื่อนที่แบบหมุน พบว่า นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ โดยใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานมีสมรรถนะ การแก้ปัญหาแบบร่วมมือ ทั้ง 3 สมรรถนะหลักอยู่ในระดับสูง และสอดคล้องกับ ผลการวิจัยของ Lou, et al. (2011) ที่พบว่า การเรียนรู้ โดยใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ช่วยเพิ่มความสามารถและประสบการณ์การบูรณาการ และการประยุกต์ใช้ความรู้ของนักเรียนได้

ข้อเสนอแนะ

1. ข้อเสนอแนะในการนำไปใช้

สำหรับการจัดการเรียนรู้เพื่อพัฒนาสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือเน้นการปฏิสัมพันธ์ และการแก้ปัญหาของนักเรียน หน้าที่ของครูเป็นเพียงผู้คอยชี้แนะ และให้คำปรึกษาเท่านั้น โดยจะไม่มีส่วนเกี่ยวข้องในการวางแผนแก้ปัญหาของนักเรียน ดังนั้นไม่ควรให้ตัวอย่างในการแก้ปัญหาแก่นักเรียน หากสถานการณ์ปัญหาไม่ซับซ้อน หรือสามารถหาแหล่งอ้างอิงได้ง่ายเพื่อให้นักเรียนสามารถพัฒนาทักษะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือได้เต็มศักยภาพ

2. ข้อเสนอแนะในการวิจัย

จากการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา โดยใช้ปัญหาเป็นฐานที่ส่งเสริมสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือในครั้งนี้ พบว่า นักเรียนได้เกิดการโต้แย้งกันด้วยเหตุผลในขั้นของการวางแผนและการวางแผนสำรวจ ดังนั้นควรมีการศึกษาผลที่มีต่อทักษะในศตวรรษที่ 21 อื่น ๆ ว่าเป็นอย่างไร เช่น ทักษะการให้เหตุผลในเชิงวิทยาศาสตร์ หรือทักษะการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ เป็นต้น

เอกสารอ้างอิง

- กระทรวงศึกษาธิการ. (2551). *หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551*. กรุงเทพฯ: กระทรวงศึกษาธิการ.
- ฉันทชัย อธิเกียรติ, และธนารักษ์ สารเถื่อนแก้ว. (2559). *การสอนแบบทันสมัยและเทคโนโลยีวิธีสอนแนวใหม่*. สงขลา: มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา.
- จรรยาพงษ์ ชลสินธุ์. (2559). *การวิจัยปฏิบัติการเพื่อการพัฒนาการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมที่ส่งเสริมสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ เรื่อง ปริมาณสารสัมพันธ์. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท สาขาเคมี, พิษณุโลก:มหาวิทยาลัยนเรศวร*
- ทิตนา แคมมณี. (2557). *ศาสตร์การสอน: องค์ความรู้เพื่อการจัดกระบวนการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพ. (พิมพ์ครั้งที่ 18)*. กรุงเทพฯ: ด่านสุทธาการพิมพ์.
- ธีรญา ไชยเดช. (2559). *การพัฒนาสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิจัยเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง เชื้อเพลิงซากดึกดำบรรพ์และผลิตภัณฑ์. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท สาขาเคมี, พิษณุโลก:มหาวิทยาลัยนเรศวร*
- นันทชา อัมฤทธิ. (2559). *การวิจัยปฏิบัติการเพื่อพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ด้วยการจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง งานและพลังงานสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4. วิทยานิพนธ์ระดับมหาบัณฑิต สาขาฟิสิกส์, มหาวิทยาลัยนเรศวร. พิษณุโลก.*
- พวงจิต นานูณมี. (2560). *การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานเพื่อพัฒนาสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ เรื่องการเคลื่อนที่แบบหมุนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4. วิทยานิพนธ์ระดับมหาบัณฑิต สาขาฟิสิกส์, มหาวิทยาลัยนเรศวร. พิษณุโลก.*
- พรทิพย์ ศิริภักทราชัย. (2556). *STEM Education กับการพัฒนาทักษะในศตวรรษที่ 21. วารสารนักบริหาร. 33(2), 49-56.*
- พรรณพร นามโนรินทร์. (2554). *การพัฒนาทักษะการแก้ปัญหาจากการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน (Problem-based learning) ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนบ้านหนองโก สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษามหาสารคาม เขต 3. วิทยานิพนธ์ระดับมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยขอนแก่น. ขอนแก่น.*
- มนตรี จุฬาวัดนทล. (2556). *การศึกษาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรม และคณิตศาสตร์ หรือ “สะเต็ม”. สมาคมครูวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี แห่งประเทศไทย. 19 (มกราคม-ธันวาคม 2556), 3-14.*
- วิจารณ์ พานิช. (2555). *วิธีสร้างการเรียนรู้เพื่อศิษย์ ในศตวรรษที่ 21*. กรุงเทพฯ: มูลนิธิสดศรี-สฤษดิ์วงศ์.
- วารารณ ศรีวิโรจน์. (2557). *การพัฒนารูปแบบการเรียนการสอน เรื่องปริมาณสารสัมพันธ์แบบเน้นการบูรณาการการฝึกอบรมกระบวนการสืบเสาะหาความรู้และการเรียนรู้แบบร่วมมือเพื่อเสริมสร้างการคิดอย่างมีวิจารณญาณ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายห้องเรียนพิเศษวิทยาศาสตร์. วิทยานิพนธ์ระดับมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยนเรศวร. พิษณุโลก.*
- สิรินภา กิจเกื้อกูล. (2557). *การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ทิศทางสำหรับครูศตวรรษที่ 21*. เพชรบูรณ์: จุลติสการพิมพ์.

- สถาบันการส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2560). สรุปข้อมูลเบื้องต้น PISA 2015. สืบค้นเมื่อ 15 ตุลาคม 2561 จาก <https://pisathailand.ipst.ac.th/pisa-2015-basic-summary/>
- สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน. (2559). *แนวทางการพัฒนาทักษะชีวิต*. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ สำนักงานพระพุทธศาสนาแห่งชาติ
- สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษาแห่งชาติ. (2550). *แนวทางการจัดการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐาน*. กรุงเทพฯ: ชุมนุมการเกษตรแห่งประเทศไทย.
- Farzaneh Jahanzad. (2012). *The influence of the DEEPER Scaffolding framework on problem-solving performance and transfer of knowledge*. Master's thesis. Oklahoma State University, Stillwater, Oklahoma.
- Householder, D. L., & Hailey, C. E. (2012). *Incorporating engineering design challenges into STEM Courses*. สืบค้นเมื่อ 20 มีนาคม 2562 จาก http://digitalcommons.usu.edu/ncete_publications/166
- 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.
- Lou, S., Shih, R., Diez, C. R., & Tseng, K. (2010). *The Impact of Problem-Based Learning 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.