

บทความวิจัย (Research Article)

การจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เพื่อส่งเสริมสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ เรื่อง การเคลื่อนที่แบบต่างๆ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

STEM EDUCATION BASED ON ENGINEERING DESIGN PROCESS FOR DEVELOPING GRADE 10 STUDENTS' COLLABORATIVE PROBLEM SOLVING COMPETENCIES IN MOTIONS TOPIC

Received: May 12, 2020

Revised: June 19, 2020

Accepted: June 23, 2020

นัตยา หัสมินทร์^{1*} และธิติยา บงกชเพชร²

Nuttaya Hutsamin^{1*} and Thitiya Bongkotphet²

^{1,2}คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

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

*Corresponding Author, E-mail: nuttaya.hutsamin@gmail.com

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาแนวทางการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม และพัฒนาสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง การเคลื่อนที่แบบต่างๆ กลุ่มเป้าหมาย คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 45 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้ แบบสังเกตสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ แบบทดสอบสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ และแบบสังเกตการจัดการเรียนรู้ ผู้วิจัยนำข้อมูลมาวิเคราะห์เชิงเนื้อหาและใช้วิธีการตรวจสอบข้อมูลแบบสามเส้า ผลการวิจัย พบว่า แนวทางการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ คือ 1) กำหนดสถานการณ์ที่ทันสมัยและเกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวัน 2) กำหนดภาระงานที่ทำภายในชั้นเรียน ได้แก่ การทดลอง การสร้างชิ้นงาน และการทดสอบ 3) กระตุ้นให้นักเรียนสะท้อนความคิดและมีการประเมินความเข้าใจร่วมกันผ่านการแลกเปลี่ยนความคิดเห็น และผลการพัฒนาสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือของนักเรียนส่วนใหญ่มีระดับความสามารถระดับสูงและปานกลาง เมื่อพิจารณาสมรรถนะที่พัฒนาดีที่สุด คือ สมรรถนะการสร้างและรักษาระเบียบของกลุ่ม รองลงมา คือ สมรรถนะการสร้างและเก็บรักษาความเข้าใจที่มีร่วมกัน และลำดับสุดท้าย คือ สมรรถนะการเลือกวิธีดำเนินการที่เหมาะสมในการแก้ปัญหา

คำสำคัญ: การจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม สมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ การเคลื่อนที่แบบต่างๆ

Abstract

The purposes of this research were to study the effective ways of using engineering design process based on STEM education and to promote collaborative problem solving competencies in motions topic for 10th grade students. The participants were 45 10th grade students. The research instruments included lesson plans, the collaborative problem solving competency observation form, the collaborative problem-solving competency test, and the learning management observation. Data were analyzed through content analysis and the method of triangulation was employed to ensure the creditability of this research. The research results indicated that the effective ways to develop students' collaborative problem solving competency comprised of 1) defining the interesting problem related to everyday life, 2) defining challenging workloads to the class including an experiment to solve the problem, work piece construction, and 3) testing the results, and encouraging students to reflect and evaluate their ideas with argumentation. Most of the students had high and medium levels of proficiency in collaborative problem solving competency in all three competencies. However, when considered the performance of students, the best competency of students was establishing and maintaining team organization, establishing and maintaining shared understanding, and Taking appropriate action to solve the problem, respectively.

Keywords: STEM Education Based, Engineering Design Process, Collaborative Problem-Solving Competency, Motions Topic

บทนำ

ทักษะการแก้ปัญหา ทักษะด้านความร่วมมือ และภาวะผู้นำ เป็นทักษะในศตวรรษที่ 21 เป็นศักยภาพของผู้เรียนที่สามารถนำมาใช้ในชีวิตประจำวันจึงมี การจัดทำนโยบายและการดำเนินงานด้านการศึกษาเพื่อเตรียมความพร้อมคนไทยให้มีทักษะและศักยภาพที่สอดคล้องกับสถานการณ์ต่างๆ ในศตวรรษที่ 21 (The Secretariat of the Council of Education, 2018) ในการประเมินผลของโปรแกรมประเมินสมรรถนะนักเรียนมาตรฐานสากล ปี 2015 (Programme for International Student Assessment หรือ PISA) มีการประเมินการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ ที่วัดความสามารถของบุคคลในการเข้าร่วมกระบวนการแก้ปัญหาของกลุ่ม เนื่องจากเป็นที่ตระหนักกว่าการทำงานในโลกสมัยใหม่นั้น ทักษะเฉพาะส่วนบุคคลไม่เพียงพอต้องการทักษะการแก้ปัญหา ซึ่งต้องมีการทำงานร่วมกันหลายฝ่าย

การจัดการเรียนการสอนวิชาฟิสิกส์ ซึ่งนอกจากต้องการให้นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้นแล้ว ยังต้องการให้นักเรียนได้ฝึกฝนกระบวนการคิดเพื่อให้ได้แนวทางในการแก้ปัญหาต่างๆ เช่น ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้านกลศาสตร์ฟิสิกส์ ที่ประกอบด้วย การเคลื่อนที่ ต้องอาศัยการแก้ปัญหา การสอนที่จะช่วยพัฒนาการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์ควรจัดให้นักเรียนเผชิญปัญหาเกี่ยวกับชีวิตจริงหลายๆ รูปแบบ และมีหลายวิธีการแก้ปัญหาคควรทำเป็นกลุ่มย่อย เพื่อให้ให้นักเรียนได้มีการอภิปรายแลกเปลี่ยนความคิดเห็น มีการวางแผนการแก้ปัญหาร่วมกัน (Bitter, 1990)

การประเมินผลของ OECD (Organization for Economic Co-operation and Development) นอกจากประเมินการรู้เรื่องวิทยาศาสตร์ ยังให้ความสำคัญกับการประเมินสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ (Collaborative Problem Solving: CPS) โดยผลการประเมิน PISA ตั้งแต่ปี 2003 และปี 2012 เป็นการประเมินสมรรถนะการแก้ปัญหา (Problem Solving) ของนักเรียน ต่อมาใน PISA 2015 ได้เล็งเห็นความสำคัญตลาดแรงงานในอนาคตที่ต้องการผู้ที่มีทักษะการแก้ปัญหา และการทำงานร่วมกัน จึงเปลี่ยนมาเป็นการประเมินสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ (CPS) ผลการประเมิน PISA 2015 ด้านสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือสำหรับประเทศไทยมีคะแนนเฉลี่ยต่ำกว่าค่าเฉลี่ย OECD (Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology, 2018) ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือของนักเรียนที่ได้รวบรวมข้อมูลโดยใช้การสะท้อนคิดจากแบบบันทึก

หลังการสอนในการสังเกตพฤติกรรมของนักเรียนในห้องเรียนของผู้วิจัย ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่เรียนวิชาฟิสิกส์พื้นฐานภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2562 เป็นเวลา 2 สัปดาห์ การสอนเรื่องการเคลื่อนที่ ลักษณะกิจกรรมเป็นการทดลองเป็นกลุ่ม พบว่า ในการทำงานกลุ่ม นักเรียนส่วนใหญ่ไม่ค่อยแบ่งหน้าที่ตามความสามารถแต่จะใช้ความคิดของสมาชิกส่วนหนึ่ง เมื่อมีสถานการณ์มาให้ นักเรียนไม่สามารถแก้ปัญหาได้ตรงประเด็นเพราะนักเรียนจะใช้ความคิดของคนใดคนหนึ่ง และขาดการวางแผนการทำงานและการร่วมมือของนักเรียนค่อนข้างน้อย นักเรียนสนใจที่จะทำงานส่วนบุคคลมากกว่าการทำงานกลุ่ม ทำให้เกิดปัญหา ส่งผลให้นักเรียนขาดการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ นอกจากเหตุผลดังกล่าว ผู้วิจัยวิเคราะห์การสอนของตนเอง พบว่า ลักษณะการจัดการเรียนรู้ของผู้วิจัยที่เน้นการสอนแบบบรรยายสาธิต เมื่อครูเสนอสถานการณ์นักเรียนจึงไม่สามารถแก้ไขปัญหาได้ เพราะนักเรียนขาดการมีปฏิสัมพันธ์กับผู้อื่นเมื่อมีการแสดงความคิดเห็นภายในกลุ่มนักเรียนก็จะทำตามคนที่เก่งกว่าความคิดของตนคิด หน้าที่ในการทำงานส่วนใหญ่ยกให้เป็นหน้าที่ของใครคนใดคนหนึ่ง ขาดการวางแผน การสอนแบบบรรยายเพียงอย่างเดียวส่งผลให้ ส่งผลให้ขาดการโต้ตอบกับครูผู้สอน และขาดการมีปฏิสัมพันธ์ระหว่างเพื่อนร่วมชั้นเรียน (Nualpong, 2010) ผู้วิจัยเห็นว่า ควรจะมีการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมและพัฒนาศักยภาพของนักเรียนในด้านสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ

การจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมถูกนำมาใช้ในประเทศไทยโดยสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี เป็นการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการที่ส่งเสริมให้นักเรียนได้ร่วมทำงานกลุ่ม เกิดความกล้าในการแสดงออกโดยครูต้องเปิดโอกาสให้นักเรียนได้แลกเปลี่ยนความคิดเห็นกับผู้อื่นในกลุ่ม เพื่อสร้างความมั่นใจให้กับนักเรียน ในการกล้าที่จะแสดงความคิดเห็นของตนเอง (Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology, 2014) ในงานวิจัยนี้นำกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมของ The NASA's BEST Engineering Design Model (Susan & Marci, 2011) มาประยุกต์ใช้ในการจัดการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือของนักเรียน พัฒนาความรู้ ความเข้าใจ และความสามารถในการแก้ปัญหาผ่านกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมที่จะนำไปสู่การค้นพบทางแก้ปัญหา ที่ต้องมีการร่วมมือในการแก้ปัญหาเป็นกลุ่มเพื่อให้ประสบความสำเร็จ (Householder & Hailey, 2012) จากปัญหาและความเป็นมาที่กล่าวมาผู้วิจัยเลือกที่จะศึกษาแนวทางการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เรื่องการเคลื่อนที่แบบต่างๆ ที่จะช่วยส่งเสริมสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ และศึกษาผลการพัฒนาสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือจากการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อศึกษาแนวทางการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เรื่อง การเคลื่อนที่แบบต่างๆ ที่ส่งเสริมสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ
2. เพื่อศึกษาผลการพัฒนาสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือของนักเรียนจากการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เรื่องการเคลื่อนที่แบบต่างๆ

วิธีการวิจัย

รูปแบบการวิจัย การวิจัยในครั้งนี้เป็นการวิจัยปฏิบัติการในชั้นเรียนตามรูปแบบของ Kemmis et al. (2014) เป็นวงจร PAOR ที่ต่อเนื่องกันเป็น 3 วงจรปฏิบัติการ ดังต่อไปนี้ 1) ขั้นวางแผน (Plan) 2) ขั้นปฏิบัติ (Act) 3) ขั้นสังเกต (Observe) 4) ขั้นสะท้อนผล (Reflect)

ผู้เข้าร่วมวิจัย ได้แก่ นักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 4 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ ของโรงเรียนมัธยมแห่งหนึ่งในจังหวัดภาคเหนือตอนล่าง ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2562 โดยการคัดเลือกแบบเจาะจง จำนวน 45 คน เป็นนักเรียนชาย 9 คน นักเรียนหญิง 36 คน

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. แผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เพื่อส่งเสริมสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง การเคลื่อนที่แบบต่างๆ ซึ่งผู้วิจัยได้สร้างแผนการจัดการเรียนรู้จำนวน 3 แผน 9 ชั่วโมง นำไปใช้ในการจัดการเรียนรู้กับนักเรียน จากนั้นหาคุณภาพแผนการจัดการเรียนรู้โดยนำไปให้ผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน ได้แก่ ผู้เชี่ยวชาญด้านวิทยาศาสตร์ศึกษา ด้านวิทยาศาสตร์ (ฟิสิกส์) และครูประจำการ ซึ่งพบว่าต้องปรับแก้สถานการณ์ยังไม่สอดคล้องกับเนื้อหา และปรับกิจกรรมในแต่ละขั้นตอนให้ชัดเจนในการส่งเสริมสมรรถนะ จากนั้นปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ จึงได้แผนการจัดการเรียนรู้ตามขอบเขตเนื้อหาสะเต็มศึกษาดังตารางที่ 1 โดยแต่ละแผนมี 6 ขั้นตอน

ตาราง 1 แสดงขอบเขตเนื้อหาสะเต็มศึกษาในแต่ละวงจรปฏิบัติการ

วงจรปฏิบัติการ	สถานการณ์	ขอบเขตเนื้อหาสะเต็มศึกษา			
		วิทยาศาสตร์	คณิตศาสตร์	วิศวกรรม	เทคโนโลยี
ที่ 1 เรื่อง การเคลื่อนที่แบบโปรเจกไทล์	สถานการณ์ไฟฟ้าในออสเตรเลีย หัวหน้าฝ่ายฉุกเฉินรัฐวิกตอเรีย กล่าวถึงความหวั่นวิตก เพราะเปลวไฟที่ลุกโชน ควันทไฟที่พวยพุ่ง ขึ้นสู่ชั้นบรรยากาศสูง เป็นสถานการณ์ที่ยากลำบากสำหรับการควบคุมไฟ <u>ชิ้นงานที่ผู้เรียนต้องปฏิบัติ</u> เครื่องยัดดับเพลิง	ความรู้ทางฟิสิกส์ เรื่อง การเคลื่อนที่แบบโปรเจกไทล์	เปรียบเทียบ ในการสร้างเครื่อง ยิงลูกโป่งน้ำ	กระบวนการ ออกแบบเชิง วิศวกรรม 6 ขั้นตอน*	เป็นกระบวนการทางเทคโนโลยีเพื่อใช้ในการออกแบบเครื่องยัดดับเพลิง
ที่ 2 เรื่อง การเคลื่อนที่แบบวงกลม	สถานการณ์ที่นักกีฬาที่ต้องขว้างลูกเหล็กให้ไปได้ไกลโดยใช้แรงที่เกิดจากหมุนแล้วสามารถถ่วงลูกเหล็กขึ้นและขว้างลูกเหล็กไปได้ไกล <u>ชิ้นงานที่ผู้เรียนต้องปฏิบัติ</u> การสร้างอุปกรณ์หมุนเพื่อยกของและขนส่งของ	ความรู้ทางฟิสิกส์ เรื่องการเคลื่อนที่แบบวงกลม	เปรียบเทียบ หน่วยความยาว ระหว่าง จาก สถานการณ์ต่างๆ ที่กำหนดให้	กระบวนการ ออกแบบเชิง วิศวกรรม 6 ขั้นตอน*	เป็นกระบวนการทางเทคโนโลยีเพื่อใช้ในการออกแบบอุปกรณ์ยกของ
ที่ 3 เรื่อง การเคลื่อนที่แบบสั่น	พิธีโล้ชิงช้าของชาวอาฮา จะรวมตัวกันออกไปตัดไม้มาทำเสาชิงช้า มีอยู่ 3 แบบ คือ กระโจมสี่เสา ระหวัดวิดน้ำ และสำหรับเด็กในการเล่นชิงช้าต้องคอยระวังไม่ให้สายขาด ถ้าขาดจะถูกปรับให้เสียหมู 1 ตัว เพื่อนำไปเช่นขอหมาต่อผีประจำชิงช้า <u>ชิ้นงานที่ผู้เรียนต้องปฏิบัติ</u> ชิงช้าของชาวอาฮา	ความรู้ทางฟิสิกส์ เรื่อง การเคลื่อนที่แบบสั่น	คำนวณหาพื้นที่ ในการสร้างฐาน ชิงช้า	กระบวนการ ออกแบบเชิง วิศวกรรม 6 ขั้นตอน*	เป็นกระบวนการทางเทคโนโลยีเพื่อใช้ในการออกแบบชิงช้า

*กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมมี 6 ขั้นตอน คือ 1) ขั้นถาม คือ ถามเพื่อระบุปัญหา 2) ขั้นจินตนาการ คือ อภิปรายเพื่อเลือกแนวทางการแก้ปัญหา 3) ขั้นวางแผน คือ ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา 4) ขั้นสร้างชิ้นงาน คือ ลงมือแก้ปัญหา 5) ขั้นการทดสอบ คือ ตรวจสอบแนวทางการแก้ปัญหา และ 6) ขั้นปรับปรุง คือ ปรับปรุงแนวทางการแก้ปัญหา

2. แบบทดสอบสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ เรื่อง การเคลื่อนที่แบบต่างๆ ที่พัฒนาขึ้นตามกรอบการประเมินของ PISA 2015 (OECD, 2015) โดยมีทั้งหมด 3 สถานการณ์ที่เกี่ยวกับชาวที่เก็ดขึ้น คือ 1) ยิงกระสุนปืนใหญ่พลาดเป้า 2) ความไม่ปลอดภัยของชิงช้าสวรรค์

3. การฟังของสะพานทาโคมาแนโรส์ สถานการณ์ละ 4 ข้อ เลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 6 ข้อ และแบบเขียนตอบ 6 ข้อ จากนั้นหาคุณภาพเครื่องมือโดยเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน ได้รับคำแนะนำในการปรับแก้คำถาม และสถานการณ์ ที่ใช้ในแบบทดสอบ จากนั้นผู้วิจัยดำเนินการปรับแก้ไขตามคำแนะนำ แล้วนำไปใช้ทดสอบนักเรียนเป็นรายบุคคลเมื่อสิ้นสุดการดำเนินกิจกรรมทั้งหมด

4. แบบสังเกตสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ เป็นการบันทึกลักษณะพฤติกรรมของผู้เรียนที่แสดงถึงการมีสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือที่เกิดขึ้นในแต่ละขั้นของการจัดการเรียนรู้โดยผู้วิจัย และใช้กับการสังเกตแบบมีส่วนร่วม จากนั้นหาคุณภาพเครื่องมือโดยเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน ได้รับคำแนะนำในการปรับข้อสังเกตพฤติกรรมให้ชัดเจน จากนั้นได้ดำเนินการปรับแก้แล้วนำไปใช้สังเกตพฤติกรรมนักเรียนระหว่างที่ดำเนินกิจกรรมการเรียนรู้ในแต่ละแผนร่วมกับใบกิจกรรมของนักเรียน

5. แบบสังเกตการจัดการเรียนรู้ เป็นแบบบันทึกการสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ตามคำถามที่ตั้งไว้ คือ การจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมมีแนวทางการจัดการเรียนรู้หรือไม่ ปัญหาและอุปสรรคที่พบระหว่างการจัดการเรียนรู้ บันทึกโดยผู้วิจัยและครูประจำการ จากนั้นหาคุณภาพเครื่องมือโดยเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน ได้รับคำแนะนำในการเพิ่มเติมคำอธิบายแต่ละขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้ เมื่อปรับแก้แล้วก็นำไปใช้ในการสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้เมื่อสิ้นสุดการจัดการเรียนรู้แต่ละแผน

การเก็บรวบรวมข้อมูลและการวิเคราะห์ข้อมูล ผู้วิจัยเก็บรวบรวมข้อมูลและวิเคราะห์ข้อมูลตามขั้นตอนการวิจัยปฏิบัติการในชั้นเรียน โดยมีรายละเอียด ดังนี้

1. ผู้วิจัยเก็บรวบรวมข้อมูลจาก นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 45 คน ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2562 เป็นระยะเวลารวม 9 ชั่วโมง โดยใช้แผนการจัดการเรียนรู้ 3 แผน ระหว่างดำเนินการแต่ละวงจรปฏิบัติการใช้แบบสังเกตสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ สังเกตพฤติกรรมนักเรียนที่แสดงถึงสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ และมีการสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้จากผู้วิจัยร่วมกับครูผู้ร่วมสังเกต ใช้แบบสังเกตการจัดการเรียนรู้ เมื่อสิ้นสุดทุกวงจรปฏิบัติการผู้วิจัยใช้แบบทดสอบเพื่อวัดสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือของนักเรียนเป็นรายบุคคลจากนั้นจึงนำข้อมูลไปวิเคราะห์ผล

2. การวิเคราะห์ข้อมูลงานวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยใช้การวิเคราะห์เนื้อหา

2.1 เมื่อทำการเก็บรวบรวมข้อมูลแล้ว ผู้วิจัยทำการอ่านข้อมูลทั้งหมดที่ได้จากเครื่องมือวิจัย ได้แก่ แบบสังเกตการจัดการเรียนรู้ แบบสังเกตสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ และแบบทดสอบสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ

2.2 นำข้อมูลที่ได้เก็บรวบรวมมาทำการวิเคราะห์ผลโดยแบ่งออกเป็น 2 ตอนตามวัตถุประสงค์ในการวิจัย คือ ตอนที่ 1 แนวทางการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เรื่อง การเคลื่อนที่แบบต่างๆ ที่ส่งเสริมสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ โดยผู้วิจัยรวบรวมข้อมูลจากแบบสังเกตการจัดการเรียนรู้จากผู้วิจัยและครูผู้ร่วมสังเกตมาวิเคราะห์เชิงเนื้อหาแต่ละวงจรปฏิบัติการว่าควรมีแนวทางการจัดการเรียนรู้หรือไม่ แล้วนำมาเขียนสรุปเป็นแนวทางในการจัดการเรียนรู้ที่เหมาะสมกับนักเรียนมากที่สุด

ตอนที่ 2 ผลการพัฒนาสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือของนักเรียนที่จากการจัดการเรียนรู้ ผู้วิจัยนำแบบสังเกตพฤติกรรมที่แสดงถึงสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือโดยสังเกตพฤติกรรมของนักเรียนในแต่ละขั้นต่างๆ ของแต่ละวงจรปฏิบัติการ แล้วมาวิเคราะห์เชิงเนื้อหา เพื่อหาข้อสรุปว่านักเรียนเกิดสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมืออย่างไรบ้าง และเมื่อสิ้นสุดวงจรปฏิบัติการทุกวงจรผู้วิจัยได้นำแบบทดสอบวัดสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือเพื่อวัดสมรรถนะของนักเรียน นำคำตอบของนักเรียนไปเทียบเกณฑ์การประเมินของ PISA 2015 ข้อสอบแบบเลือกตอบ ตัวเลือกแต่ละข้อ จะแบ่งเป็นระดับ 4 ระดับ เทียบเกณฑ์การประเมินของ PISA 2015 และข้อสอบแบบเขียนตอบ จะวิเคราะห์คำตอบเทียบเกณฑ์การประเมินของ PISA 2015 ซึ่งแบ่งออกเป็น 4 ระดับ คือ ระดับสูง ให้ 3 คะแนน ระดับกลาง ให้ 2 คะแนน ระดับต่ำ ให้ 1 คะแนน และไม่มี ให้ 0 คะแนน และสรุปผลเป็นค่าร้อยละ

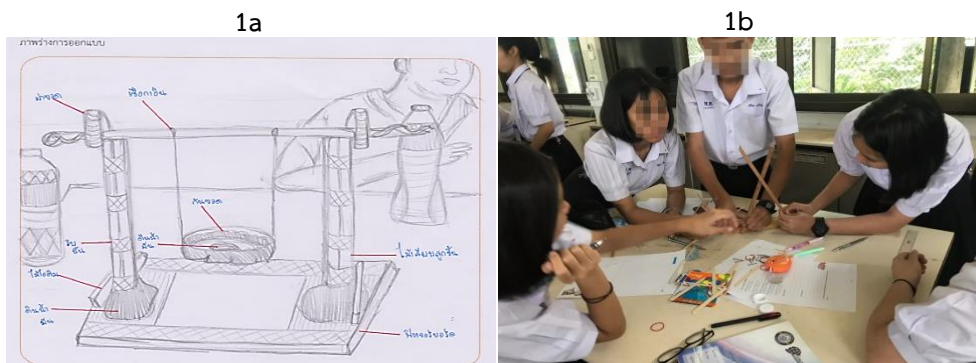
ผลการวิจัย

ตอนที่ 1 แนวทางในการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เรื่อง การเคลื่อนที่แบบต่างๆ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ส่งเสริมสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ

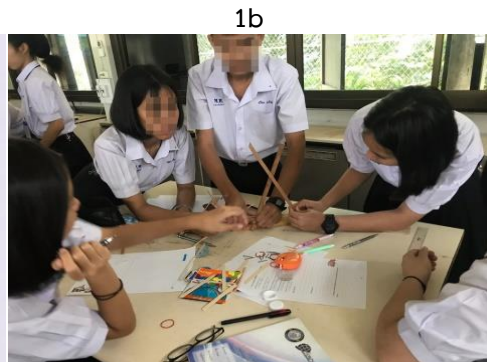
1. ขั้นถาม เพื่อระบุปัญหา ครูควรแบ่งกลุ่มให้นักเรียนโดยคละความสามารถและให้นักเรียนทำกิจกรรมโดยใช้กลุ่มเดิม ครูควรเสนอสถานการณ์ปัญหาที่ซับซ้อนและใกล้ตัวนักเรียน และให้นักเรียนมีส่วนร่วมในการอภิปราย โดยครูใช้คำถามคอยกระตุ้นเพื่อให้นักเรียนระบุปัญหาและนำเสนอมุมมองของตน (แบบสังเกตการจัดการเรียนรู้ 6 กุมภาพันธ์ 2563) ส่งผลให้นักเรียนแสดงความคิดเห็นและค้นเคัยกับเพื่อนในกลุ่มมากขึ้น (แบบสังเกตการจัดการเรียนรู้ 19 กุมภาพันธ์ 2563) จากนั้นให้นักเรียนทำความเข้าใจบทบาทหน้าที่ในสถานการณ์ แล้วจึงให้นักเรียนแต่ละกลุ่ม แบ่งบทบาทหน้าที่ โดยให้เหมาะสมกับความสามารถของสมาชิกแต่ละคนในกลุ่มพร้อมทั้งอธิบาย เหตุผล

2. ขั้นจินตนาการ เพื่อหาแนวทางการแก้ปัญหาจากการทดลอง โดยครูควรอธิบายวิธีการทดลอง เปิดโอกาสให้นักเรียนได้ออกแบบการทดลองด้วยตนเอง โดยที่ครูคอยอำนวยความสะดวกให้นักเรียน (แบบสังเกตการจัดการเรียนรู้ 6 กุมภาพันธ์ 2563) จากนั้นครูควรให้นักเรียนออกมาแนะนำเสนอแนวคิดที่ได้จากการทดลองของแต่ละกลุ่ม และร่วมกันอภิปรายเพื่อให้เกิดความเข้าใจแนวคิดในทิศทางเดียวกัน

3. ขั้นวางแผน ในขั้นนี้นักเรียนจะต้องรวบรวมแนวคิดที่ได้จากการทดลองของสมาชิกแต่ละคน แล้วเลือกแนวคิดที่ดีที่สุดเพื่อวางแผนการสร้างชิ้นงานร่วมกัน โดยครูควรให้นักเรียนนำเสนอขั้นตอนการแก้ปัญหาและภาพร่างการออกแบบเพื่อเป็นแนวทางในการเลือกใช้อุปกรณ์ในการสร้างเครื่องย้งดับเพลิง (แบบสังเกตการจัดการเรียนรู้ 6 กุมภาพันธ์ 2563)



1a



1b

ภาพ 1a ตัวอย่างการออกแบบชิ้นงานในใบกิจกรรมของนักเรียน ภาพ 1b นักเรียนดำเนินการสร้างแบบจำลอง

4. ขั้นสร้าง พบว่า ในการสร้างชิ้นงานควรมีหลายขั้นตอน (แบบสังเกตการจัดการเรียนรู้ 20 กุมภาพันธ์ 2563) จะทำให้นักเรียนช่วยกันมากขึ้น ครูควรให้อิสระกับนักเรียนในการสร้างชิ้นงานโดยครูเป็นผู้คอยแนะนำ ควรฝึกให้นักเรียนช่วยการคิดและพัฒนาชิ้นงานของกลุ่ม และกระตุ้นนักเรียนโดยการกำหนดเวลา เพื่อให้นักเรียนมีการแบ่งหน้าที่และร่วมมือกันในการดำเนินการสร้างชิ้นงาน (แบบสังเกตการจัดการเรียนรู้ 26 กุมภาพันธ์ 2563)

5. ขั้นการทดสอบ เพื่อประเมินชิ้นงาน โดยนักเรียนจะต้องนำชิ้นงานที่สร้างขึ้นมามาทดสอบ ว่ามีปัญหาอะไร และจะปรับปรุงอย่างไร ครูควรอธิบายวิธีการทดสอบชิ้นงานที่ให้ชัดเจนเพิ่มการแข่งขันในการทดสอบ เพื่อให้นักเรียนมีความกระตือรือร้น และให้นักเรียนจดบันทึกผลการทดสอบเพื่อสร้างแรงผลักดันให้กับนักเรียน (แบบสังเกตการจัดการเรียนรู้ 19 กุมภาพันธ์ 2563)

6. ขั้นปรับปรุง นักเรียนจะต้องนำชิ้นงานไปปรับปรุง และทดสอบอีกครั้ง ครูควรเปิดโอกาสให้นักเรียนทุกกลุ่มออกมาแนะนำเสนอแนวทางที่จะทำให้นักเรียนเกิดแนวคิดใหม่ๆ และเกิดความรู้ที่บูรณาการหลายสาขาวิชา และให้นักเรียนรวมกันประเมินบทบาทหน้าที่ของตนเองและเพื่อนในกลุ่ม (แบบสังเกตการจัดการเรียนรู้ 20 กุมภาพันธ์ 2563)

ตอนที่ 2 ผลของสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือที่จากการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เรื่อง การเคลื่อนที่แบบต่างๆ แบ่งออกเป็น 2 ระยะ ดังต่อไปนี้

1. ผลของสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือของนักเรียนระหว่างการจัดการเรียนรู้ มีรายละเอียด ดังนี้

สมรรถนะการสร้างและเก็บรักษาความเข้าใจที่มีร่วมกัน มุ่งให้นักเรียนระบุความรู้ที่ได้จากการทำงานร่วมกัน และแบ่งปันความเข้าใจปัญหา ในงานวิจัยนี้พบว่า นักเรียนมีการแลกเปลี่ยนความคิดเห็นในการระบุปัญหาเป็นอย่างดี และค้นพบลักษณะเด่นของเพื่อนในกลุ่ม ยกตัวอย่างเช่น ผู้วิจัยใช้คำถามว่า “ทำไมถึงรับหน้าที่ในการสร้าง” นักเรียนตอบว่า “ผมถนัดในการปฏิบัติครับ” (แบบสังเกตสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ 26 กุมภาพันธ์ 2563)

สมรรถนะการเลือกวิธีการดำเนินการที่เหมาะสมในการแก้ปัญหา มุ่งให้นักเรียนระบุการวางแผนการแก้ปัญหา ดำเนินตามขั้นตอนเพื่อไปสู่เป้าหมายที่ตั้งไว้ และค้นพบแนวทางที่จะทำให้ประสบความสำเร็จในการแก้ปัญหา ในงานวิจัยนี้พบว่า นักเรียนระดมสมองร่วมกันระบุแผนการในการแก้ปัญหา มีการทำงานเป็นระบบ ร่วมมือกันสร้างชิ้นงานตามแบบร่าง และมีการทดสอบชิ้นงานเพื่อประเมินว่าสามารถช่วยแก้ปัญหาได้หรือไม่ (แบบสังเกตสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ 13 กุมภาพันธ์ 2563) และสามารถนำเสนอแนวทางในการปรับปรุงชิ้นงาน

สมรรถนะการสร้างและรักษาระเบียบของกลุ่ม มุ่งให้นักเรียนเข้าใจบทบาทหน้าที่ของตนและเพื่อนร่วมกลุ่มในการแก้ปัญหา ทำตามข้อตกลงของกลุ่ม ในงานวิจัยนี้นักเรียนมีความเข้าใจบทบาทหน้าที่ของตนเอง และให้คำแนะนำบทบาทหน้าที่ของเพื่อนสามารถทำตามบทบาทได้ดี (แบบสังเกตสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ 20 กุมภาพันธ์ 2563) ผู้วิจัยได้เข้าไปถามว่า “ใครเป็นหัวหน้ากลุ่ม แล้วทำไมถึงเลือกเพื่อนคนนี้” คำตอบนักเรียน “ที่เลือกเป็นหัวหน้า เพราะเพื่อนมีความเป็นผู้นำมีความสามารถหลายด้าน” (แบบบันทึกใบกิจกรรม 19 กุมภาพันธ์ 2563)

2. สมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือของนักเรียนที่ได้หลังจากการจัดการเรียนรู้มีคะแนนแบบทดสอบสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ เรื่อง การเคลื่อนที่แบบต่างๆ ดังตารางที่ 2

ตาราง 2 แสดงระดับสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือของนักเรียนโดยใช้แบบทดสอบวัดสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ

สมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ	ร้อยละจำนวนนักเรียนในแต่ละระดับ			
	สมรรถนะต่างๆ			
	สูง	กลาง	ต่ำ	ไม่มี
1) การสร้างและเก็บรักษาความเข้าใจที่มีร่วมกัน				
- การค้นพบมุมมองและความสามารถของสมาชิกในทีม	89	11	0	0
- การแบ่งปันข้อมูล และการเจรจาเกี่ยวกับการทำ ความเข้าใจปัญหา ร่วมกัน	18	73	5	4
- การสื่อสารกับสมาชิกในกลุ่มเกี่ยวกับ การกระทำ การแก้ปัญหา	51	49	0	0
- การตรวจสอบ และปรับปรุง ความเข้าใจเกี่ยวกับปัญหาร่วมกัน	9	76	0	15
2) การเลือกวิธีดำเนินการที่เหมาะสมในการแก้ปัญหา				
- การค้นพบความสัมพันธ์แบบร่วมมือกันในการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นให้บรรลุเป้าหมาย	20	76	4	0
- การระบุและอธิบายงานที่ต้องทำ ให้สำเร็จ	16	76	0	8
- การวางแผนการแก้ปัญหา	13	65	22	0
- การตรวจสอบผลของการดำเนินงาน และการประเมินความสำเร็จใน การแก้ปัญหา	22	76	0	2
3) การสร้างและรักษาระเบียบของกลุ่ม				
- การเข้าใจบทบาทหน้าที่ในการแก้ปัญหา	27	33	40	0
- การอธิบายบทบาทหน้าที่ของตน และระเบียบของกลุ่ม	84	0	0	16
- การทำตามกฎระเบียบของกลุ่มที่ตกลงร่วมกัน	93	0	0	7
- การตรวจสอบการให้คำแนะนำ และการปรับปรุงบทบาทหน้าที่ของสมาชิกในกลุ่ม	67	2	20	11

จากตาราง 2 พบว่า สมรรถนะการสร้างและรักษาระเบียบของกลุ่ม นักเรียนส่วนใหญ่มีสมรรถนะน้อยในระดับสูงเฉลี่ยมากที่สุด รองลงมาคือ สมรรถนะการสร้างและเก็บรักษาความเข้าใจที่มีร่วมกัน และสมรรถนะการเลือกวิธีการดำเนินการที่เหมาะสมในการแก้ปัญหาในภาพรวมนั้นนักเรียนมีสมรรถนะในระดับสูงน้อยที่สุด

อภิปรายผลการวิจัย

แนวทางการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เรื่อง การเคลื่อนที่แบบต่างๆ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ส่งเสริมสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ

กิจกรรมกลุ่มกำหนดบทบาทหน้าที่ให้เหมาะสมกับความสามารถแต่ละบุคคล ส่งเสริมให้นักเรียนได้พัฒนาสมรรถนะการสร้างและรักษาระเบียบของกลุ่ม สอดคล้องกับ Bureau of Academic Affairs and Educational Standards (2015) ที่ว่า กระบวนการกลุ่มจะช่วยให้การดำเนินงานได้อย่างมีประสิทธิภาพและบรรลุเป้าหมาย โดยสมาชิกกลุ่มต้องทำความเข้าใจในเป้าหมายการทำงานร่วมกัน กิจกรรมร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับปัญหาจากสถานการณ์ การอภิปรายผลการทดลอง และร่วมกันสรุปเป็นแนวคิดของกลุ่ม ส่งเสริมให้นักเรียนได้พัฒนาสมรรถนะการสร้างและเก็บรักษาความเข้าใจที่มีร่วมกัน สอดคล้องกับ Antonenko et al. (2014) กล่าวว่า การแบ่งปันและพูดคุยเพื่อให้เข้าใจปัญหาการลงมือปฏิบัติ ส่งเสริมให้นักเรียนรู้จักเรียนรู้ด้วยตนเอง เรียนในเรื่องที่สอดคล้องกับความสามารถของตนเอง การจัดกิจกรรมที่ให้อิสระกับนักเรียนในการสร้างชิ้นงานที่หลากหลาย มีการวางแผนและออกแบบแนวทางการแก้ปัญหาส่งเสริมให้นักเรียนได้พัฒนาสมรรถนะการเลือกวิธีดำเนินการที่เหมาะสมในการแก้ปัญหา สอดคล้องกับ McNaught (2014) ได้กล่าวไว้ว่า การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่มีหลายมุมมองและมีวิธีแก้ที่หลากหลาย ทำให้นักเรียนได้ตัดสินใจในการเลือกวิธีแก้ปัญหาที่ดีที่สุดผ่านกระบวนการกลุ่ม กิจกรรมประเมินการแก้ปัญหา ประเมินชิ้นงาน และประเมินบทบาทหน้าที่ของตนเองและสมาชิก ส่งเสริมให้นักเรียนได้พัฒนาสมรรถนะการสร้างและรักษาระเบียบของกลุ่มสอดคล้องกับ Asghar et al. (2012) ที่กล่าวว่า การประเมินการแก้ปัญหาของตนเอง ทำให้นักเรียนได้ประเมินจุดดี จุดปรับปรุงของตนเองในการแก้ปัญหา ตลอดจนได้รับฟังแนวทางในการปรับปรุงและพัฒนาตนเองจากเพื่อนในกลุ่ม สามารถนำไปปรับปรุงความรู้ความเข้าใจของตนเอง

ผลของสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือที่จากการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เรื่อง การเคลื่อนที่แบบต่างๆ

สมรรถนะการสร้างและรักษาระเบียบของกลุ่ม นักเรียนส่วนใหญ่มีสมรรถนะน้อยในระดับสูง เฉลี่ยร้อยละ 67.75 เป็นสมรรถนะที่นักเรียนพัฒนาได้ดีที่สุด สอดคล้องกับในระหว่างการจัดการเรียนรู้ที่นักเรียนส่วนใหญ่มีการพัฒนามากที่สุดตั้งแต่วงจรปฏิบัติการที่ 1-3 เนื่องจากกิจกรรมที่ใช้ความรู้แบบบูรณาการและการแบ่งกลุ่มของนักเรียนและการแบ่งหน้าที่รับผิดชอบตามความถนัดของสมาชิกแต่ละคน สอดคล้องกับ Suthee et al. (2001, pp. 18-27) กล่าวว่า การสอนแบบบูรณาการจะส่งเสริมให้ผู้เรียนมีโอกาสได้ปฏิสัมพันธ์กันในกลุ่ม ปรัชญาหรือ แลกเปลี่ยนความคิดเห็น ประสานงานซึ่งกันและกัน

สมรรถนะการสร้างและเก็บรักษาความเข้าใจที่มีร่วมกันซึ่งในภาพรวมนั้นนักเรียนมีสมรรถนะในระดับที่สูง เฉลี่ยร้อยละ 41.75 สอดคล้องกับในระหว่างการจัดการเรียนรู้ที่นักเรียนส่วนใหญ่มีการพัฒนามากตั้งแต่วงจรปฏิบัติการที่ 1-3 เนื่องจากสถานการณ์ปัญหาใกล้ตัวทำให้นักเรียนเชื่อมโยงความรู้มาใช้ในการระบุปัญหาและหาแนวทางแก้ปัญหาร่วมกัน กระตุ้นให้นักเรียนมีความกระตือรือร้นและเกิดความสนใจที่จะแลกเปลี่ยนความคิดเห็นภายในกลุ่ม สอดคล้องกับ Joyce and Weil (1996, pp. 80-88) ได้กล่าวไว้ว่า สิ่งสำคัญที่สามารถช่วยให้ผู้เรียนเกิด ความต้องการที่จะแสวงหาความรู้ก็คือตัวปัญหา แต่ปัญหานั้นจะต้องมีลักษณะที่มีความหมายต่อผู้เรียนและท้าทายเพียงพอที่จะทำให้ผู้เรียนเกิดความต้องการที่จะแสวงหาคำตอบ

สมรรถนะการเลือกวิธีการดำเนินการที่เหมาะสมในการแก้ปัญหา ในภาพรวมนั้นนักเรียนมีสมรรถนะในระดับที่สูง เฉลี่ยร้อยละ 17.75 เป็นสมรรถนะที่นักเรียนพัฒนาได้น้อย สอดคล้องกับในระหว่างการจัดการเรียนรู้ที่นักเรียนมีการพัฒนาน้อยที่สุดตั้งแต่วงจรปฏิบัติการที่ 1-3 เนื่องจากสามารถระบุแนวทางการแก้ปัญหา ดำเนินงานอย่างเป็นระบบ แต่นักเรียนยังไม่ให้ความสำคัญในการร่วมกันแสดงความคิดเห็น

ข้อเสนอแนะ

1. ข้อเสนอแนะในการนำไปใช้

1.1 การจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการเชิงวิศวกรรมสามารถพัฒนาสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือได้ ควรเน้นให้มีภาระงานที่ท้าทายในชั้นเรียน เช่น การให้นักเรียนได้ทำการทดลองหรือสร้างชิ้นงาน การทดสอบผลการแก้ปัญหา เป็นต้น

1.2 สถานการณ์ปัญหาที่ใช้ในการร่วมมือกันแก้ปัญหาต้องเป็นสถานการณ์ที่นักเรียนต้องใช้ความสามารถที่หลากหลายและใกล้ตัวนักเรียน อาจใช้สถานการณ์ที่นักเรียนสนใจและเป็นปัญหาอยู่ในขณะนั้น

2. ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

การจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมผู้วิจัยให้อิสระกับนักเรียนในการสร้างชิ้นงานทำให้นักเรียนแต่ละกลุ่มมีการสร้างชิ้นงานที่มีรูปแบบที่แตกต่างกันแสดงให้เห็นถึงความสร้างสรรค์ของแต่ละกลุ่มในการสร้างชิ้นงานออกมา ดังนั้นในการทำวิจัยครั้งต่อไปควรเพิ่มการวัดทักษะการคิดสร้างสรรค์ของนักเรียน เพื่อหาแนวทางใหม่ๆ ความเข้าใจและการมองปัญหาในรูปแบบใหม่

References

- Antonenko, P. D., Jahanzad, F., & Greenwood, C. (2014). Fostering collaborative problem solving and 21st century skills using the DEEPER scaffolding framework. *Journal of College Science*, 43(6), 78-87.
- Asghar, M. Y., Viitanen, T., Kemppainen, K., & Tornquist, K. (2012). Sphingosine 1- phosphate and human ether-a'-go-go-related gene potassium channels modulate migration in human anaplastic thyroid cancer cells. *Endocrine - Related Cancer*, 19(5), 667-680. <https://doi.org/10.1530/ERC-12-0092>
- Bitter, C. G. (1990). *Mathematics method for the elementary and middle school: A comprehensive approach*. Boston: Allyn and Bacon.
- Bureau of Academic Affairs and Educational Standards [BAAES]. (2015). *Collaborative problem solving*. Retrieved January 25, 2020, from <https://drive.google.com/folderview?id=0BwnYgcDtSNqaQkU3VzVEdXdqNG8&usp=sharing&tid=0BwnYgcDtSNqaTTlwS1ZhdHVXMzg>. [in Thai]
- Householder, D. L., & Hailey, C. E. (2012). *Incorporating engineering design challenges into STEM courses*. Retrieved November 10, 2019, from https://digitalcommons.usu.edu/ncete_publications/166
- Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology (IPST). (2014). Activity manual for level 4 (M.4-M.6), Bangkok: Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology (IPST), Ministry of Education. [in Thai]
- Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology (IPST). (2018). PISA 2015 Assessment of Reading Science and Mathematics Excellence and educational equality. Bangkok: Success Public Company Limited. [in Thai]
- Joyce, B., & Weil, M. (1996). *Model of teaching* (5th ed.). Boston: Allyn and Bacon.
- Kemmis, S., McTaggart, R., & Nixon, R. (2014). *The action research planner: Doing critical participatory action research*. New York: Springer.
- McNaught, C. (2014). *Implementing research based education at UCL*. Retrieved May 2, 2020, from <http://www.ucl.ac.uk/teaching-learning/connectedcurriculum/research-based-education>

- Organization for Economic Co-operation and Development (OECD). (2015). *PISA 2015 draft collaborative problem solving framework*. Paris: OECD.
- 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]
- Susan, H., & Marci, D. (2011). *NASA's best students beginning engineering science, and technology*. Retrieved August 1, 2019, from <https://www.nasa.gov/audience/foreducators/best/edp.html>
- Suthee, S., Wanpakae, P., & Saengtopho, S. (2001). *Techniques for developing an integrated curriculum*. Bangkok: Development Education. [in Thai]
- The Secretariat of the Council of Education. (2018). *Thai Education Report 2018 (Education in Thailand 2018)*. Bangkok: The Secretariat of the Education Council Ministry of Education. [in Thai]