การพัฒนาทักษะการแก้ปัญหาและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ โดยการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษา สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2

The Development of Problem-Solving Skills and Mathematics Learning Achievement by Learning Management Based on the STEAM Education for Mathayomsuksa2 Students

กิตติพร พรเกียรติคุณ[1*] กนิษฐา เชาว์วัฒนกุล[1] แสงเดือน เจริญฉิม[1] และ ทำนุ ปัตพี[2]
Kittiporn Pornkiadtikhun[1*], Kanitha Chaowatthanakun[1], Sangduan Charoenchim[1] and Tumnu Patapee[2]

[1]ภาควิชาครุศึกษา คณะศึกษาศาสตร์และพัฒนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จังหวัดนครปฐม 73140
[2]โรงเรียนพรหมานุสรณ์ จังหวัดเพชรบุรี 76000
[1]Department of Teacher Education, Faculty of Education and Development Science, Kasetsart University, Nakhonpathom 73140
[2]Prommanusorn school, Phetchaburi 76000

[*]To whom correspondence should be addressed. e-mail: Kittiporn.po@ku.th

Received: 21 January 2022**, Revised:** 03 April 2022**, Accepted:** 19 June 2022

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาทักษะการแก้ปัญหาของนักเรียนหลังการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษา เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์เรื่องการแปลงทางเรขาคณิตของนักเรียนก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษา และศึกษาความพึงพอใจของนักเรียน ต่อการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษา กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2/10 โรงเรียนพรหมานุสรณ์จังหวัดเพชรบุรี ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2564 จำนวน 35 คนได้มาโดยการสุ่มแบบกลุ่ม ด้วยวิธีการจับสลากโดยใช้ห้องเรียนเป็นหน่วยในการสุ่ม เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วย แผนการจัดการเรียนรู้เรื่องการแปลงทางเรขาคณิต แบบประเมินทักษะการแก้ปัญหา แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้ เรื่องการแปลงทางเรขาคณิต และแบบสอบถามความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษา วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้ค่าเฉลี่ย ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และทดสอบค่าทีแบบไม่อิสระ

ผลการวิจัยพบว่า

1) ทักษะการแก้ปัญหาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 หลังการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษาโดยภาพรวมอยู่ในระดับสูง

2) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่องการแปลงทางเรขาคณิตของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

3) ความพึงพอใจของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่มีต่อการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษาอยู่ในระดับมาก

คำสำคัญ : สะตีมศึกษา ทักษะการแก้ปัญหา ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

Abstract

The objectives of this research were to study the problem-solving skills of students after learning management according to the STEAM Education. A comparison of mathematics learning achievement on geometric transformations of students before and after the learning management according to STEAM Education, and study student satisfaction towards learning management according to the concept of STEAM Education. The sample group used in this research was 35 students in Mathayomsuksa 2/10, Prommanusorn School, Phetchaburi Province, semester 1 of the academic year 2021.

The total number of 35 students was obtained by cluster random sampling using a lottery method with the classroom as a random unit. The tools used in the research consisted of a learning management plan on geometric transformations, a problem solving skills assessment form, a learning achievement test about geometric transformations, and a satisfaction questionnaire on learning management according to the concept of STEAM Education. The data was analyzed using average scores, standard deviation, and t-test dependent.

The results showed that

1) The problem solving skills of MathayomSuksa2 students after learning management based on STEAM Education as a whole were at a high level.

2) The learning achievement on geometric transformations of MathayomSuksa2 students' scores Examination after school was significantly higher than before school at the statistical significance of .01.

3) The satisfaction of Mathayomsuksa2 students towards learning management according to the STEAM Education found that the students were at the high level of satisfaction in all aspects

Keywords : STEAM Education, Problem Solving Skills, Academic Achievement

บทนำ

สะตีมศึกษาเป็นแนวคิดการจัดการเรียนการสอนที่บูรณาการวิทยาศาสตร์(Science) เทคโนโลยี(Technology) วิศวกรรมศาสตร์(Engineering) ศิลปะ(Art) และคณิตศาสตร์(Mathematics) โดยเน้นการสร้างองค์ความรู้เพื่อใช้ในการแก้ปัญหา รวมทั้งการพัฒนากระบวนการหรือผลผลิตใหม่ ที่เป็นประโยชน์ต่อการดำเนินชีวิต และสร้างนวัตกรรมในการเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขัน ซึ่งการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษาได้ให้ความสำคัญกับกระบวนการในการนำความรู้ศาสตร์ต่าง ๆมาใช้ประกอบการคิดค้นหา และคัดเลือกวิธีการที่เหมาะสมที่สุดในการแก้ปัญหาที่เกี่ยวข้องกับการดำเนินชีวิตและการทำงาน [1] การเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษา จะช่วยให้ผู้เรียนได้พัฒนาทักษะการคิด ทักษะการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ ทักษะการแก้ปัญหา และทักษะการสื่อสาร ทักษะดังกล่าวนี้เป็นทักษะการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 ที่ผู้เรียนพึงมีนอกจากนี้ผู้เรียนยังได้ความรู้แบบองค์รวมที่สามารถนำไปเชื่อมโยงหรือประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันได้

ทักษะการแก้ปัญหาจัดได้ว่าเป็นทักษะหนึ่งที่มีความสำคัญต่อการดำเนินชีวิตของมนุษย์ เพราะมนุษย์ต้องเจอกับปัญหาทุกวัน ในการคิดแก้ปัญหามิใช่เพียงแต่การรู้จักคิดและรู้จักการใช้สมองหรือเป็นทักษะที่มุ่งพัฒนาสติปัญญาเพียงอย่างเดียว แต่ยังเป็นทักษะที่สามารถพัฒนาทัศนคติวิธีคิด ค่านิยม ความรู้ ความเข้าใจในสภาพการณ์ของสังคมได้ดีอีกด้วย ซึ่งในระบบการศึกษาจะต้องให้ความสำคัญในการพัฒนาทักษะการแก้ปัญหาของผู้เรียนให้มากขึ้น [2]

การจัดการเรียนการสอนวิชาคณิตศาสตร์ ทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์เป็นสิ่งที่จำเป็นและสำคัญเพราะสามารถช่วยให้ผู้เรียนนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในการเรียนรู้สิ่งต่าง ๆ เพื่อให้ได้มาซึ่งความรู้และประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันได้อย่างมีประสิทธิภาพ ดังนั้นการพัฒนาทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์จึงเป็นสิ่งสำคัญที่ไม่อาจมองข้ามได้แต่จากการจัดการเรียนการสอนพบว่านักเรียนส่วนมากยังขาดทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ซึ่งมีสาเหตุจากหลายปัจจัย ได้แก่ ผู้เรียน หลักสูตร ผู้สอนและสาเหตุอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง ดังนี้ ด้านตัวผู้เรียนพบว่าผู้เรียนไม่เข้าใจโจทย์ปัญหา ตีความโจทย์ไม่ได้ ขาดทักษะในการคำนวณและขาดความรู้พื้นฐานในการเรียนรู้เรื่องใหม่ ซึ่งอาจมาจากวิธีการสอนที่เน้นเนื้อหาเป็นหลัก ทำให้นักเรียนเกิดความเบื่อหน่ายและคิดว่าวิชาคณิตศาสตร์เป็นวิชาที่ยาก ทำให้การสอนไม่บรรลุจุดประสงค์ในการเรียนรู้ จากสภาพปัญหาด้านการจัดการเรียนการสอนในชั้นเรียนที่ผ่านมาเมื่อพิจารณาจากคะแนนเก็บรายหน่วย คะแนนสอบกลางภาคและคะแนนสอบปลายภาคของนักเรียน อยู่ในระดับที่ควรพัฒนา นักเรียนมีปัญหาด้านการแก้โจทย์ปัญหา ขาดทักษะในการอ่าน และวิเคราะห์โจทย์ปัญหาออกมาเป็นประโยคสัญลักษณ์ที่เขียนในรูปของการดำเนินการทางคณิตศาสตร์จากสิ่งที่โจทย์กำหนดให้ได้ รวมถึงนักเรียนไม่ทราบว่าจะต้องเริ่มทำตรงไหนและใช้กลยุทธ์หรือวิธีการใดในการแก้โจทย์ปัญหาให้สำเร็จ รวมถึงนักเรียนยังมีพื้นฐานที่จำเป็นในการแก้โจทย์ปัญหาได้ไม่ดีเท่าที่ควร ในส่วนของผู้สอนมุ่งเน้น

การบรรยายมากกว่าการจัดการเรียนการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญในการลงมือปฏิบัติจริง ผู้เรียนไม่สามารถนำเอาความรู้มาใช้ในชีวิตประจำวันได้และยังขาดแรงจูงใจในการเรียน

ผู้วิจัยจึงสนใจที่จะประยุกต์ใช้แนวคิดสะตีมศึกษามาพัฒนาทักษะการแก้ปัญหาและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ เรื่อง การแปลงทางเรขาคณิต เนื่องจากเนื้อหาดังกล่าวมีความเหมาะสมในการบูรณาการเข้ากับศาสตร์อื่นและการที่นักเรียนได้ลงมือฝึกปฏิบัติจริงจะทำให้นักเรียนได้เข้าใจถึงเรื่องการแปลงทางเรขาคณิต มากขึ้น ส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแรงจูงใจต่อการเรียนคณิตศาสตร์ ความสามารถในการแก้ปัญหารวมถึงเป็นแนวทางในการพัฒนาการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาในปัจจุบันให้ดียิ่งขึ้น

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อศึกษาทักษะการแก้ปัญหาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 หลังการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษา
2. เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์เรื่องการแปลงทางเรขาคณิต ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษา
3. เพื่อศึกษาระดับความพึงพอใจของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ต่อการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษา

สมมุติฐานการวิจัย

1. ทักษะการแก้ปัญหาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โดยการจัดการเรียนรู้ตาแนวคิดสะตีมศึกษาอยู่ในระดับสูงขึ้นไป
2. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์เรื่องการแปลงทางเรขาคณิต ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โดยใช้การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษาหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน

ขอบเขตการวิจัย

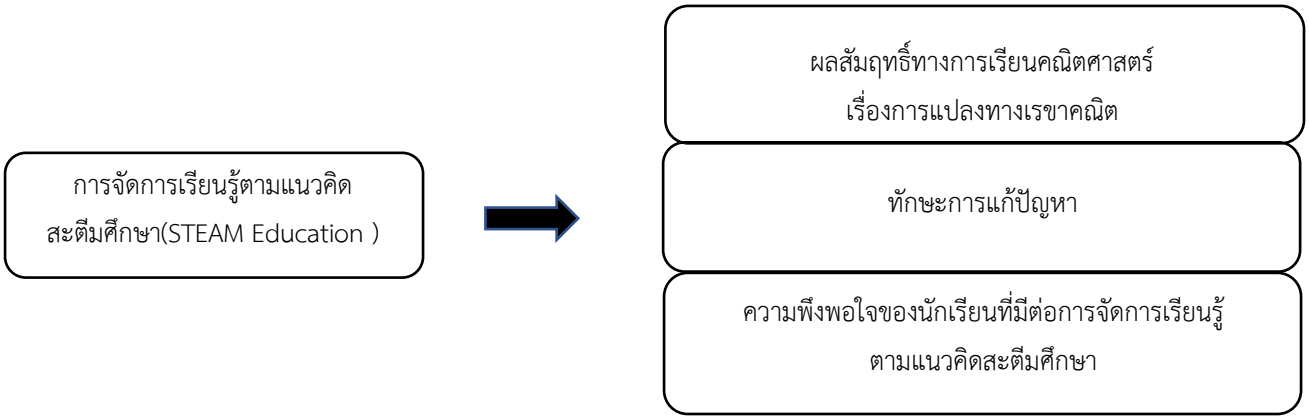
1.ขอบเขตด้านประชากรและกลุ่มตัวอย่าง ประชากร คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนพรหมานุสรณ์จังหวัดเพชรบุรี สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเพชรบุรีในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2564 จำนวน 10 ห้องเรียน จำนวน 413 คน กลุ่มตัวอย่าง คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2/10 โรงเรียนพรหมานุสรณ์จังหวัดเพชรบุรี สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเพชรบุรี ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2564 จำนวน 1 ห้องเรียน จำนวน 35 คน โดยใช้การสุ่มแบบกลุ่มโดยใช้ห้องเรียนเป็นหน่วยสุ่ม

2.ขอบเขตด้านเนื้อหาที่ใช้ในการทำวิจัยในครั้งนี้เป็นเนื้อหาเรื่อง การแปลงทางเรขาคณิต รายวิชา ค22101 คณิตศาสตร์พื้นฐาน หลักสูตรสถานศึกษาโรงเรียนพรหมานุสรณ์จังหวัดเพชรบุรี ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 เรื่อง การแปลงทางเรขาคณิต

3.ขอบเขตด้านระยะเวลา ผู้วิจัยดำเนินการวิจัยในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2564 ใช้เวลาในการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษา จำนวน 8 คาบ ๆ ละ 50 นาที และใช้เวลาในการทดสอบก่อนเรียนและหลัง 2 คาบ รวมใช้เวลาทั้งสิ้น 10 คาบ โดยผู้วิจัยดำเนินการสอนด้วยตนเอง

4.ขอบเขตด้านตัวแปร ตัวแปรต้น (Independent Variables) คือ การจัดการเรียนรู้โดยใช้แนวคิดสะตีมศึกษา ตัวแปรตาม (Dependent Variables) คือ ทักษะการแก้ปัญหา ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์เรื่องการแปลงทางเรขาคณิต และ ความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษา

กรอบแนวคิดในการวิจัย



รูปที่ 1 กรอบแนวคิดในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

1. แผนการจัดการเรียนรู้เรื่อง การแปลงทางเรขาคณิต สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษา จำนวน 1 แผน 12 คาบ(คาบละ50นาที) โดยประกอบด้วยกิจกรรม 6 ขั้นตอนได้แก่ ขั้นที่1 ระบุปัญหา (Identify a Challenge) ขั้นที่ 2 ค้นหาแนวคิดที่เกี่ยวข้อง (Explore IDEAs) ขั้นที่ 3 วางแผนและพัฒนา (Plan and Develop) ขั้นที่ 4 ทดสอบและประเมินผล (Test and Evaluate) ขั้นที่ 5 นำเสนอผลลัพธ์ (Present the Solution) ขั้นที่ 6 ขั้นสะท้อน (Reflect) คุณภาพของเครื่องมือใช้ค่าอัตราส่วนความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (Content Validity) โดยนำแผนการจัดการเรียนรู้เรื่อง การแปลงทางเรขาคณิต ที่มีการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษา เสนอต่อผู้ที่เชี่ยวชาญ 5 คน ประกอบด้วย 1) ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาคณิตศาสตร์ จำนวน 3 คน 2) ผู้เชี่ยวชาญด้านวิธีสอนจำนวน 2 คน เพื่อตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (Content Validity) ความถูกต้องของภาษาที่ใช้และความเหมาะสมของกิจกรรมการเรียนการสอน โดยพิจารณาให้คะแนน ดังนี้ เหมาะสมมากที่สุดให้ 5 คะแนน เหมาะสมมากให้ 4 คะแนน เหมาะสมปานกลางให้ 3 คะแนน เหมาะสมน้อยให้ 2 คะแนน และ เหมาะสมน้อยที่สุดให้ 1 คะแนน และนำแผนการจัดการเรียนรู้ที่ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบแล้วมาหาค่าเฉลี่ย โดยคัดเลือกเฉพาะข้อความที่มีค่าคะแนนความเหมาะสมตั้งแต่ 3.51 ขึ้นไป [2] ผลการตรวจสอบความเหมาะของผู้เชี่ยวชาญอยู่ในแผนการจัดการเรียนรู้มีความเหมาะสมมาก

2. แบบประเมินทักษะการแก้ปัญหา ประเมินใน 6 ประเด็น คือ 1) การระบุปัญหา 2) การรวบรวมข้อมูลเกี่ยวข้องกับปัญหา 3) การออกแบบวิธีการแก้ปัญหาและแนวคิดที่ได้ 4) การวางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา 5) การทดสอบประเมินผลและปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน 6) การนำเสนอวิธีการแก้ปัญหา คุณภาพของเครื่องมือใช้ค่าดัชนีความสอดคล้อง (Index of Item-Objective Congruence (IOC))โดยนำแบบประเมินทักษะการแก้ปัญหาให้ผู้เชี่ยวชาญด้านการสอนคณิตศาสตร์ 3 คน ด้านการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษา 2 คน ตรวจพิจารณาด้านความครอบคลุมของพฤติกรรม ความเที่ยงตรงของเนื้อหา (Content Validity) และความเหมาะสมในการใช้ภาษา แล้วหาค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของเครื่องมือ โดยเลือกเฉพาะข้อที่มีค่าดัชนีความสอดคล้องมากกว่า 0.50 ขึ้นไปซึ่งได้ค่าดัชนีความสอดคล้องของผู้เชี่ยวชาญ 5 คน อยู่ระหว่าง 0.6 -1.00

3. แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้วิชาคณิตศาสตร์ เรื่อง การแปลงทางเรขาคณิต จำนวน 1 ฉบับ เพื่อใช้เป็นแบบทดสอบก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้ ซึ่งเป็นแบบทดสอบปรนัยชนิด 4 ตัวเลือก ฉบับเดียวกันแต่สลับข้อ สลับตัวเลือก กำหนดการให้ค่าคะแนนคือตอบถูกต้องได้ 1 คะแนน ผิดได้ 0 คะแนน จำนวน 20 ข้อ ซึ่งแบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้เกี่ยวกับความเข้าใจ การนำไปใช้ การวิเคราะห์ คุณภาพของเครื่องมือใช้ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) โดยนำเสนอแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ เรื่อง การแปลงทางเรขาคณิต ให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 คน ประกอบด้วย 1) ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์ 3 คน 2) ด้านเนื้อหาด้านวิธีสอน 2 คน เพื่อตรวจสอบความเที่ยงตรงของเนื้อหาและนำมาหาค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของเครื่องมือ แล้วเลือกเฉพาะข้อที่มีค่าดัชนีความสอดคล้องมากกว่า 0.50 ขึ้นไป ซึ่งได้ค่าดัชนีความสอดคล้องของผู้เชี่ยวชาญ

5 คน อยู่ระหว่าง 0.6 - 1.00 จากนั้นนำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์เรื่องการแปลงทางเรขาคณิตไปทดลองใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 เพื่อหาค่าความยากง่ายของข้อคำถาม (P) นำผลการทดลองมาวิเคราะห์รายข้อเพื่อตรวจสอบค่าความยากง่ายของแบบทดสอบปรนัย โดยใช้เกณฑ์ความยากง่ายระหว่าง 0.20 - 0.80 [2] ซึ่งพบว่าแบบทดสอบมีความยากง่ายรายข้ออยู่ระหว่าง 0.39 - 0.78 จากนั้นนำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้วิชาคณิตศาสตร์ ตรวจสอบค่าอำนาจจำแนก(r)ของแบบทดสอบโดยใช้เกณฑ์ค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.20 ขึ้นไป [2] ซึ่งพบว่าแบบทดสอบมีค่าอำนาจจำแนก (r) รายข้ออยู่ระหว่าง 0.22 - 0.89 แล้วคัดเลือกข้อสอบจำนวน 20 ข้อจากข้อสอบทั้งหมด 30 ข้อมาหาค่าความเชื่อมั่นโดยใช้สูตร KR-20 ของ Kuder Richardson โดยนำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้วิชาคณิตศาสตร์ตรวจสอบความเชื่อมั่น (Reliability) ซึ่งเป็นการตรวจสอบผลการวัดที่สม่ำเสมอและคงที่โดยผู้วิจัยเลือกแบบทดสอบแบบปรนัยที่ผ่านเกณฑ์มาหาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบโดยวิธีการของคูเดอร์-ริชาร์ดสันจากสูตร KR - 20 โดยใช้เกณฑ์ค่าความเชื่อมั่นตั้งแต่ 0.70 ขึ้นไป [2] ซึ่งพบว่าแบบทดสอบได้ค่าความเชื่อมั่น 0.8959

4. แบบสอบถามความพึงพอใจ ที่มีต่อการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษา ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โดยมีประเด็น ดังนี้ 1) ด้านบรรยากาศในการเรียนรู้ จำนวน 5 ข้อ 2) ด้านการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ จำนวน 5 ข้อ 3) ด้านประโยชน์ที่ได้รับจากการเรียนรู้ จำนวน 5 ข้อ เป็นแบบสอบถามแบบมาตราประเมินค่า (Rating Scale) มี 5 ระดับ นำแบบสอบถามความพึงพอใจของนักเรียนที่ปรับปรุงแล้วให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 คน ตรวจสอบพิจารณาด้านความครอบคลุมของพฤติกรรม แล้วนำมาหาค่าดัชนีความสอดคล้อง (Index of Item Object Congruence: IOC) โดยแบบสอบถามต้องได้คำดัชนีความสอดคล้องตั้งแต่ 0.50 ขึ้นไป ถือว่ามีความสอดคล้องกันในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ ซึ่งได้ค่าดัชนีความสอดคล้องของผู้เชี่ยวชาญ 5 คน อยู่ระหว่าง 0.6 – 1.00

วิธีดำเนินการวิจัย

ผู้วิจัยดำเนินการกำกับการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการตามแนวคิดสะตีมศึกษา และใช้แบบแผนการวิจัยแบบ One - Group Pretest Posttest Design ในการเก็บรวบรวมข้อมูลนี้ ผู้วิจัยแบ่งออกเป็น 3 ขั้นตอน ดังนี้

1. ขั้นก่อนการทดลอง เป็นขั้นที่ผู้วิจัยเตรียมความพร้อมในด้านต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

1.1 สร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ 1) แผนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง การแปลงทางเรขาคณิต 2) แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ เรื่อง การแปลงทางเรขาคณิต 3) แบบประเมินทักษะการแก้ปัญหา 4) แบบสอบถามความพึงพอใจ

1.2 ผู้วิจัยทบทวนเกี่ยวกับวิธีการจัดการเรียนรู้ให้กับนักเรียนกลุ่มทดลอง

1.3 ให้นักเรียนทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง การแปลงทางเรขาคณิต ก่อนเรียน (Pre - test) ใช้เวลา 1 คาบ

2. ขั้นทดลอง ผู้วิจัยดำเนินการสอนตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่สร้างไว้ โดยมีขั้นตอนดังนี้

ขั้นเตรียมการ (1 คาบ)

ครูเตรียมการและสร้างความพร้อมของผู้เรียน ดำเนินกิจกรรมการเรียนการสอน ระบุเกณฑ์มาตรฐาน กำหนดบทบาทหน้าที่ กฎ กติกาเกณฑ์การเรียน แนะนำแหล่งสารสนเทศเพื่อสืบค้นข้อมูล เพื่อประกอบการดำเนินกิจกรรมการเรียนรู้แบบบูรณาการตามแนวทางสะตีมศึกษา รวมถึงช่องทางการติดต่อสื่อสารระหว่างผู้เรียนและผู้สอน สาธิตการใช้สื่อเทคโนโลยีเพื่อการดำเนินกิจกรรม

ขั้นที่ 1 ระบุปัญหา (Identify a Challenge) (1 คาบ)

ครูกระตุ้นผู้เรียนให้ตระหนักรู้ในประเด็นปัญหา สิ่งที่เป็นปัญหาในชีวิตประจำวัน ปัญหาของสังคมหรือชุมชน สืบค้นข้อมูลข้อเท็จจริงจากแหล่งเรียนรู้ที่ได้สาธิตแล้ว โดยอาศัยเทคโนโลยีการสืบค้นข้อมูล สารสนเทศ เพื่อหาวิธีการหรือสร้างนวัตกรรมสิ่งประดิษฐ์เพื่อแก้ปัญหา โดยอาศัยศาสตร์ทางวิศวกรรมในการค้นหาแนวคิดที่เกี่ยวข้องเพื่อเป็นแนวทางการวางแผนและพัฒนานวัตกรรม บนพื้นฐานความเป็นไปได้ทางวิทยาศาสตร์

ขั้นที่ 2 ค้นหาแนวคิดที่เกี่ยวข้อง (Explore IDEAs) (3 คาบ)

ครูให้นักเรียนรวบรวมประมวลข้อมูล องค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ค้นหาแนวคิดที่เกี่ยวข้อง วางแนวทางการจัดทำโครงงานเพื่อแก้ปัญหาเป็นหลัก โดยครูกำหนดให้นักเรียนสังเกตพื้นที่ชุมชนในเพชรบุรีว่าปัญหาที่ทำให้เกิดน้ำเน่าเสียในเพชรบุรีเกิดจากอะไร เพื่อเลือกประเด็น/ปัญหาที่สนใจ 2-3 ปัญหา แล้วให้นักเรียนเลือกประเด็นปัญหาที่สนใจและต้องการแก้ปัญหาเพียง 1 ประเด็นให้กับ

ชุมชนคนเพชรบุรี ซึ่งผู้เรียนต้องตัดสินใจเลือกประเด็นปัญหาบนพื้นฐานการตีความข้อมูลและสารสนเทศ ทวนสอบข้อมูลรวมถึงประเมินความเป็นไปได้ของการดำเนินโครงงานเพื่อแก้ปัญหา แสวงหาวิธีการ แนวทางในการแก้ปัญหาจากสื่อที่เกี่ยวข้องจากแหล่งต่างๆ โดยครูจะจัดการเรียนการสอนเรื่องการแปลงทางเรขาคณิตและบูรณาการสาระวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ ศิลปะ เข้าด้วยการเพื่อให้นักเรียนทราบข้อมูลเพื่อไปเป็นแนวทางในการหาแนวคิดของปัญหา

ขั้นที่ 3 วางแผนและพัฒนา (Plan and Develop) (2 คาบ)

ครูให้นักเรียนวางแผนทำชิ้นงาน/พัฒนานวัตกรรมหรือวิธีการแก้ปัญหาทบทวนความรู้ ตรวจสอบข้อมูล โดยอาศัยศาสตร์ทางวิทยาศาสตร์ในกระบวนการแก้ปัญหา การใช้ฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ที่เกี่ยวข้อง การพัฒนานวัตกรรม การประเมินค่า นักเรียนดำเนินการร่างตัวแบบนวัตกรรมที่ใช้ในการออกแบบกังหันน้ำไม่ใช้ไฟฟ้า

ขั้นที่ 4 ทดสอบและประเมินผล (Test and Evaluate) (2 คาบ)

ครูให้นักเรียนดำเนินการงาน ปฏิบัติจริงตามลำดับขั้นตอนและวิธีการดำเนินงานที่วางไว้ หลังจากนั้นทดสอบและตรวจสอบผล และประเมินผลระหว่างดำเนินการ โดยมีการดำเนินงาน/พัฒนานวัตกรรมเพื่อแก้ปัญหาด้วยเทคโนโลยีและมีการปรับปรุงหลังจากที่ทดลองเพื่อเตรียมตัวนำเสนอในครั้งต่อไป

ขั้นที่ 5 นำเสนอผลลัพธ์ (Present the Solution) (1 คาบ)

ครูให้นักเรียนนำเสนอชิ้นงานการออกแบบกังหันน้ำไม่ใช้ไฟฟ้าของตนเอง โดยสนทนาถึงผลที่เกิดขึ้นจากการลงมือปฏิบัติการแก้ไขปัญหา แนวทางแก้ไขและแสดงความคิดเห็นเกี่ยวกับประโยชน์ของผลงานที่สร้างขึ้น

ขั้นที่ 6 สะท้อน (Reflect) (1 คาบ)

หลังจากนักเรียนสร้างผลงานของตนเองเสร็จเรียบร้อยแล้วนักเรียนประเมิน สะท้อนงานหรือวิจารณ์งานของตนเองและงานของเพื่อนร่วมชั้นโดยให้เพื่อนร่วมชั้นเรียนร่วมแสดงความคิดเห็นทั้งข้อดีข้อจำกัดและนำไปปรับปรุงแก้ไขให้ดียิ่งขึ้น

3. ขั้นหลังการทดลอง ภายหลังเสร็จสิ้นการดำเนินการทดลอง ผู้วิจัยดำเนินการทดสอบหลังเรียน โดยใช้แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เรื่อง การแปลงทางเรขาคณิต และการประเมินทักษะการแก้ปัญหา โดยประเมิน ทั้ง 6 ด้านในขณะปฏิบัติกิจกรรมการเรียนรู้ในแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้ มีคะแนนเต็ม 20 คะแนน แล้วนำคะแนนมาคิดเป็นคะแนนเฉลี่ย และศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนโดยการให้นักเรียนตอบแบบสอบถามเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษา แล้วนำข้อมูลที่ได้ไปวิเคราะห์ทางสถิติ

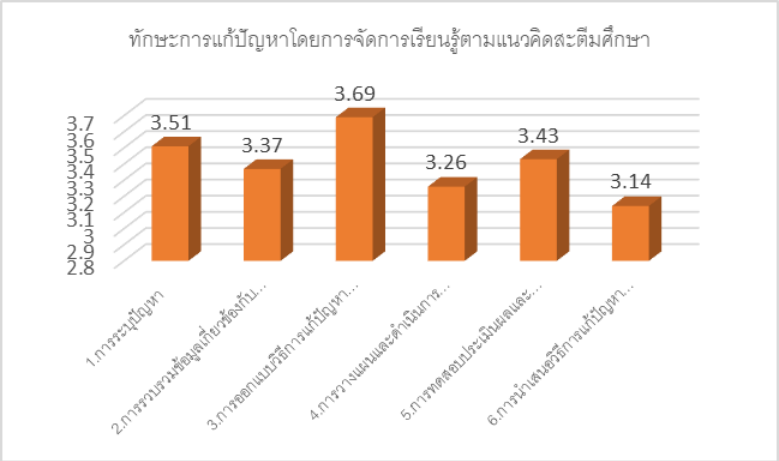
ผลการวิจัย

ตอนที่ 1 ผลการศึกษาทักษะการแก้ปัญหาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 หลังการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษา การวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อตอบคำถามการวิจัยข้อที่ 1ทักษะการแก้ปัญหาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่จัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษา ปรากฏรายละเอียดดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ผลการประเมินทักษะการแก้ปัญหาหลังการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษา

ทักษะการแก้ปัญหาหลังการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษา	คะแนนเต็ม	$\bar{x}$	S.D.	ระดับคุณภาพ	ลำดับที่
1.การระบุปัญหา	4	3.51	0.50	สูงมาก	2
2.การรวบรวมข้อมูลเกี่ยวข้องกับปัญหา	4	3.37	0.54	สูง	4
3.การออกแบบวิธีการแก้ปัญหาและแนวคิดที่ได้	4	3.69	0.46	สูงมาก	1
4.การวางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา	4	3.26	0.65	สูง	5
5.การทดสอบประเมินผลและปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน	4	3.43	0.49	สูง	3
6.การนำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน	4	3.14	0.76	สูง	6
ค่าเฉลี่ยรวม	4	3.40	0.54	สูง	

จากตารางที่ 1 พบว่า ทักษะการแก้ปัญหาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 หลังการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษา โดยภาพรวมอยู่ในระดับสูง ($\bar{X}$ =3.40 S.D.= 0.54) เมื่อพิจารณาเป็นรายด้าน พบว่า ข้อที่มีค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับสูงมาก ได้แก่ การออกแบบวิธีการแก้ปัญหาและแนวคิดที่ได้ ($\bar{X}$ = 3.69 S.D.= 0.46) และการระบุปัญหา ($\bar{X}$ = 3.51 S.D.= 0.5) นอกนั้นมีค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับสูงทุกข้อ ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานการวิจัยข้อที่ 1



รูปที่ 2 ทักษะการแก้ปัญหาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 หลังการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษา

ตอนที่ 2 ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์เรื่องการแปลงทางเรขาคณิต ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษา การวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อตอบคำถามการวิจัยข้อที่ 2 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ เรื่องการแปลงทางเรขาคณิต ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษาปรากฏรายละเอียดดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เรื่องการแปลงทางเรขาคณิต ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษา

	$\bar{X}$	S.D.	$\bar{d}$	$SD_{\bar{d}}$	t	df
ก่อนเรียน	9.40	2.692	5.57	0.778	42.375	34
หลังเรียน	14.97	2.269				

* มีระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

จากตารางที่ 2 พบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ วิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่ใช้การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษา การทดสอบคะแนนของผู้เรียน มีคะแนนก่อนเรียนเฉลี่ยเท่ากับ 9.40 คะแนน และมีคะแนนหลังเรียนเฉลี่ยเท่ากับ 14.97 คะแนน เมื่อเปรียบเทียบระหว่างคะแนนสอบทั้งสองครั้ง พบว่า คะแนนสอบหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานการวิจัยข้อที่ 2

ตอนที่ 3 การศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่มีต่อการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษา การวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อตอบคำถามการวิจัยข้อที่ 3 ความพึงพอใจของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่มีต่อการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษาปรากฏรายละเอียดดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ความพึงพอใจของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่มีต่อการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษา

ความพึงพอใจ	$\bar{x}$	S.D.	ระดับความพึงพอใจ	ลำดับที่
ด้านบรรยากาศการเรียนรู้				
นักเรียนได้รับความสนุกสนานในการเรียนรู้	4.34	0.83	มาก	10
การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิด STEAM Education นักเรียนอยากตอบปัญหาในกิจกรรมการเรียนรู้	4.20	0.97	มาก	15
ในชั้นเรียนเป็นบรรยากาศแห่งการเรียนรู้ นักเรียนมีความสุข	4.34	0.75	มาก	9
นักเรียนได้แลกเปลี่ยนความคิดเห็นร่วมกันกับเพื่อน	4.44	0.77	มาก	4
การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิด STEAM Education ทำให้นักเรียนมีความกระตือรือร้นในการเรียนรู้	4.23	0.80	มาก	14
สรุปด้านบรรยากาศการเรียนรู้	4.35	0.82	มาก	
ด้านการจัดกิจกรรมการเรียนรู้				
การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิด STEAM Education ทำให้นักเรียนได้เรียนรู้วิธีการแก้ปัญหาที่หลากหลาย	4.74	0.55	มาก	1
นักเรียนได้แสวงหาความรู้และหาแนวทางการแก้ปัญหาด้วยตนเอง	4.40	0.73	มาก	6
ทำให้นักเรียนบูรณาการความรู้ตามแนวคิด STEAM เพื่อใช้ในการแก้ปัญหา	4.60	0.64	มาก	2
นักเรียนได้วิเคราะห์ปัญหาและวิธีการแสวงหาคำตอบที่จะศึกษาตามความสนใจ	4.34	0.89	มาก	11
นักเรียนมีการวางแผนค้นหาคำตอบ และแหล่งการเรียนรู้ด้วยตนเอง	4.38	0.85	มาก	7
สรุปด้านการจัดกิจกรรมการเรียนรู้	4.47	0.73	มาก	
ด้านประโยชน์ที่ได้รับจากการจัดการเรียนรู้				
นักเรียนเข้าใจเนื้อหาและแก้ปัญหาอย่างมีลำดับตามขั้นตอน	4.37	0.72	มาก	8
นักเรียนได้รับประสบการณ์และความรู้ใหม่ จากการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิด STEAM Education	4.46	0.77	มาก	3
นักเรียนสามารถสร้างความรู้ ความเข้าใจได้ด้วยตนเอง	4.43	0.65	มาก	5
การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิด STEAM Education ทำให้นักเรียนกล้าแสดงออกมากขึ้น	4.29	0.77	มาก	13
นักเรียนสามารถนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ชีวิตประจำวันได้	4.29	0.85	มาก	12
สรุปด้านประโยชน์ที่ได้รับจากการจัดการเรียนรู้	4.36	0.75	มาก	
ค่าเฉลี่ยโดยรวม	4.39	0.77	มาก	

จากตารางที่ 3 พบว่า โดยรวมนักเรียนมีความพึงพอใจอยู่ในระดับมาก ($\bar{x}$ = 4.39, S.D.= 0.77) เมื่อพิจารณาเป็นรายด้าน พบว่า นักเรียนมีความพึงพอใจอยู่ในระดับมากทุกด้าน ด้านที่มีค่าเฉลี่ยสูงสุด ได้แก่ ด้านการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ($\bar{x}$ = 4.47, S.D.= 0.73) รองลงมา ได้แก่ ด้านประโยชน์ที่ได้รับจากการจัดการเรียนรู้ ($\bar{x}$ = 4.36, S.D.= 0.75) และด้านบรรยากาศการเรียนรู้ ($\bar{x}$ = 4.35, S.D.= 0.82) เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อ พบว่า ทุกข้อมีค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับพึงพอใจมาก ข้อที่มีค่าเฉลี่ยสูงสุด ได้แก่การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษา (STEAM Education)และข้อที่มีค่าเฉลี่ยต่ำสุด ได้แก่ การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิด STEAM Education นักเรียนอยากตอบปัญหาในกิจกรรมการเรียนรู้($\bar{x}$ = 4.20,S.D.= 0.85)

สรุปและอภิปรายผล

การวิจัยเรื่อง การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษา เพื่อพัฒนาทักษะการแก้ปัญหา และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 สามารถนำมาสรุปและอภิปรายผลได้ดังนี้

1. ทักษะการแก้ปัญหาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 หลังการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษา โดยภาพรวมอยู่ในระดับสูง เมื่อพิจารณาเป็นรายด้าน พบว่า ข้อที่มีค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับสูงมาก ได้แก่ การออกแบบวิธีการแก้ปัญหาแนวคิดที่ได้และการระบุปัญหาทั้งนี้อาจเป็นเพราะขั้นตอนการออกแบบวิธีการแก้ปัญหาแนวคิดที่ได้ทำให้นักเรียนสามารถออกแบบแนวทางในการแก้ปัญหาจากสถานการณ์จริงและสอดคล้องกับปัญหาจนได้แนวคิดในการแก้ปัญหา และในขั้นตอนระบุปัญหาที่มีค่าอยู่ในระดับสูงมากทั้งนี้อาจเป็นเพราะนักเรียนได้ศึกษาประเด็นปัญหาที่เกิดขึ้นจากปัญหาของสังคมรวมไปถึงปัญหาในชุมชนที่นักเรียนอยู่ในชีวิตประจำวัน นอกนั้นมีค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับสูงทุกข้อ ทั้งนี้อาจเป็นเพราะการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษา เป็นการจัดการเรียนรู้ที่กระตุ้นผู้เรียนให้ตระหนักรู้ในประเด็นปัญหา สิ่งที่เป็นปัญหาในชีวิตประจำวัน ปัญหาของสังคมหรือชุมชน สืบค้นข้อมูลข้อเท็จจริงจากแหล่งเรียนรู้ที่ได้สาธิตแล้ว โดยอาศัยเทคโนโลยีการสืบค้นข้อมูลสารสนเทศ เพื่อหาวิธีการหรือสร้างนวัตกรรมสิ่งประดิษฐ์เพื่อแก้ปัญหา โดยอาศัยศาสตร์ทางวิศวกรรมในการค้นหาแนวคิดที่เกี่ยวข้องเพื่อเป็นแนวทางการวางแผนและพัฒนานวัตกรรมบนพื้นฐานความเป็นไปได้ทางวิทยาศาสตร์ จึงส่งผลให้ทักษะการแก้ปัญหาของนักเรียนในหัวข้อการออกแบบวิธีการแก้ปัญหาแนวคิดที่ได้และการระบุปัญหา อยู่ในระดับสูงมาก ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ [3] ได้ทำการวิจัยเรื่อง การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษา โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน เพื่อพัฒนาทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โดยใช้กิจกรรมการเรียนรู้ปัญหาเป็นฐาน กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1/1 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2560 โรงเรียนด่านทับตะโกราษฎร์อุปถัมภ์ อำเภอจอมบึง จังหวัดราชบุรี จำนวน 30 คน ได้มาโดยการสุ่มแบบแบ่งกลุ่ม (Cluster Random Sampling) ผลการวิจัยพบว่า 1. นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่ได้รับการเรียนรู้โดยใช้กิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิด STEAM Education โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ.05 แสดงว่า การเรียนรู้ตามแนวคิด STEAM Education โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน ช่วยให้นักเรียนมีทักษะการแก้ปัญหา หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน สอดคล้องกับงานวิจัยของ [4] ได้ทำการวิจัยเรื่อง การพัฒนากิจกรรมสะเต็มศึกษาเพื่อส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหาและพฤติกรรมใฝ่เรียนรู้ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนกาบเชิงวิทยา กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2560 จำนวน 41 คน ผลการวิจัยพบว่า ความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปี ที่ 3 หลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้กิจกรรมสะเต็มศึกษาสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 สอดคล้องกับงานวิจัยของ [5] ได้ทำการวิจัยเรื่องการจัดกิจกรรมพัฒนาผู้เรียนตามแนวคิด STEAM ร่วมกับการสอนเชิงผลิตภาพ เพื่อส่งเสริมทักษะกระบวนการและความสามารถในการสร้างสรรค์ผลงาน ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยเป็นนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2560 โรงเรียนอนุบาลเทศบาลอ้อมน้อย 2 ตำบลอ้อมน้อย อำเภอกระทุ่มแบน จังหวัดสมุทรสาคร ผลการวิจัยพบว่า ผลการประเมินทักษะกระบวนการ ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 โดยใช้กิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิด STEAM ร่วมกับการสอนเชิงผลิตภาพ มีเกณฑ์การประเมินอยู่ในระดับสูง ($\bar{x}$= 3.43, S.D. = 0.37)

2. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ เรื่องการแปลงทางเรขาคณิต ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่ใช้การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษา หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษา ประกอบด้วยขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ 6 ขั้นตอน คือ ขั้นที่ 1 ระบุปัญหา (Identify a Challenge) คือการนำเข้าสู่กิจกรรมโดยเล่าเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวันหรือนิทานที่ผู้วิจัยแต่งเอง หรือเล่าข่าวหรือกำหนดสถานการณ์ที่เกี่ยวกับเรื่องที่จะให้นักเรียนเรียนรู้ต่าง ๆ พร้อมกับให้คำถามเพื่อกระตุ้นให้เด็กร่วมกันแลกเปลี่ยนความคิดเห็นเพื่อให้ได้ข้อสรุปถึงปัญหาว่าปัญหาคืออะไรมีสาเหตุมาจากสิ่งใด ขั้นที่ 2 ค้นหาแนวคิดที่เกี่ยวข้อง (Explore IDEAs) คือ การสำรวจโดยใช้ประสาทสัมผัสทั้งห้าเพื่อศึกษาค้นคว้า แสวงหาวิธีการ แนวทางในการแก้ปัญหาจากสื่อที่เกี่ยวข้องจากแหล่งต่าง ๆ ขั้นที่ 3 วางแผนและพัฒนา (Plan and Develop) คือ การเลือกวิธี/แนวทางการแก้ปัญหาด้วยการอธิบายเพื่อนำเสนอวิธีการแก้ปัญหาที่ตนเองเลือก ให้ผู้อื่นเข้าใจว่ามีวิธีการอย่างไร และใช้อุปกรณ์อะไรบ้าง โดยวาดภาพออกแบบชิ้นงานของตนเอง ขั้นที่ 4 ทดสอบและประเมินผล

(Test and Evaluate) คือ การลงมือปฏิบัติการแก้ปัญหาตามวิธีการและขั้นตอนที่ได้วางแผนไว้ตามความคิดของตนเอง และทดสอบชิ้นงานตามเงื่อนไขหรือข้อจำกัดที่กำหนด โดยสามารถปรับปรุงและพัฒนาชิ้นงานให้มีประสิทธิภาพมากขึ้นได้ ขั้นที่ 5 นำเสนอผลลัพธ์ (Present the Solution)คือ การนำเสนอชิ้นงานที่แปลกใหม่ของตนเอง โดยสนทนาถึงผลที่เกิดขึ้นจากการลงมือปฏิบัติการแก้ไขปัญหา แนวทางแก้ไขและแสดงความคิดเห็นเกี่ยวกับประโยชน์ของผลงานที่สร้างขึ้น และการนำไปใช้ประโยชน์ในด้านอื่น ขั้นที่ 6 ขั้นสะท้อน (Reflect) หลังจากนักเรียนสร้างผลงานของตนเองเสร็จเรียบร้อยแล้วนักเรียนต้องมีเวลาเพื่อประเมิน สะท้อนงานหรือวิจารณ์งานของตนเองและงานของเพื่อนร่วมชั้นซึ่งสามารถทำผ่านการใช้แบบประเมินตนเอง ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดของ [6] กล่าวว่า การเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างคณิตศาสตร์ที่เน้นความคิดเชิงวิชาการกับศิลปศาสตร์ที่นำความคิดเชิงสร้างสรรค์รวมกันอย่างลงตัวนั้น ทำให้นักเรียนเชื่อมโยงความคิดได้อย่างมีเหตุผล และนำไปสู่ความคงทนในการเรียนรู้ สอดคล้องกับแนวคิดของ [7] ได้กล่าวว่า STEM Education มีลักษณะเป็นการบูรณาการที่สามารถจัดสอนได้ในทุกระดับชั้นตั้งแต่ชั้นอนุบาล - มัธยมศึกษาตอนปลายโดยพบว่าในประเทศสหรัฐอเมริกาได้กำหนดเป็นนโยบายทางการศึกษาให้แต่ละรัฐนำ STEM Education มาใช้ผลจากการศึกษาพบว่าครูผู้สอนใช้วิธีการสอนแบบ Project-based Learning, Problem-based Learningทำให้นักเรียนสามารถสร้างสรรค์ พัฒนาชิ้นงานได้ดี และถ้าครูผู้สอนสามารถใช้ STEM Education ในการสอนได้เร็วเท่าใดก็จะยิ่งเพิ่มความสามารถและศักยภาพของผู้เรียนได้มากยิ่งขึ้นเท่านั้น ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิด [8] ได้กล่าวว่า การใช้สตรีมในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานเริ่มต้นด้วยการนำเสนอประเด็นให้นักเรียนเห็นและทำความเข้าใจปัญหาในสังคมเพื่อกระตุ้นให้นักเรียนคิดทำความเข้าใจปัญหา และการคิดการหาวิธีการแก้ปัญหารวมทั้งการมีส่วนร่วมให้เกิด การอยากค้นหานำไปสู่การสร้างสรรค์และแนวทางในการแก้ไขปัญหาโดยนำการบูรณาการเนื้อหาสาระครอบคลุม stem และศิลปะ ที่เน้นการสร้างแรงจูงใจด้วยการลงมือปฏิบัติโดยผ่านกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิด [3] ได้กล่าวว่า การจัดการเรียนการสอนโดยใช้ปัญหาเป็นฐานเป็นการจัดสภาพการณ์ของการเรียนการสอนที่ใช้ปัญหาเป็นเครื่องมือในการช่วยให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ตามเป้าหมาย โดยผู้สอนอาจนำผู้เรียนไปเผชิญสถานการณ์ปัญหาจริง และฝึกกระบวนการคิดวิเคราะห์ปัญหา แก้ปัญหาร่วมกันเป็นกลุ่ม ซึ่งช่วยให้ผู้เรียนเกิดความเข้าใจในปัญหานั้นอย่างชัดเจน รวมทั้งช่วยให้ผู้เรียนเกิดความใฝ่รู้ เกิดทักษะการคิดและกระบวนการแก้ปัญหาที่หลากหลาย สอดคล้องกับงานวิจัยของ [9] ได้ทำการวิจัยเรื่อง ผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา (STEM Education) ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ซึ่งใช้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา (STEM Education) มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยาหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 สอดคล้องกับ [10] ได้ทำการวิจัยเรื่อง การพัฒนาหน่วยการเรียนรู้บูรณาการแบบ STEAM สำหรับนักเรียนขั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3: กรณีศึกษา ชุมชนวังตะกอ จังหวัดชุมพร ซึ่งกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย จำนวน 33 คน จากการเลือกแบบเจาะจง ผลการวิจัยพบว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และผ่านเกณฑ์ที่กำหนด (ร้อยละ 65) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 สอดคล้องกับงานวิจัยของ [11] ได้ทำการวิจัยเรื่อง การสร้างชุดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสะตีมศึกษา เพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความคิดสร้างสรรค์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนเบญจมราชาลัย ในพระบรมราชูปถัมภ์ ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2560 สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 1กลุ่มตัวอย่าคือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 1 ห้องเรียน 30 คน ซึ่งได้จากการสุ่มแบบกลุ่ม (Cluster Random Sampling) ผลการวิจัยพบว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการสอนโดยใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสะตีมศึกษา หน่วยการเรียนรู้เรื่อง ชีวิตกับสิ่งแวดล้อม หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 จากข้อมูลงานวิจัยสนับสนุนดังกล่าวการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษา (STEAM Education) เป็นเรียนรู้ที่ส่งเสริมผู้เรียนให้มีกระบวนการคิดแก้ไขสถานการณ์ปัญหาอย่างเป็นระบบมีขั้นตอน เน้นการสร้างแรงจูงใจด้วยการให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติโดยผ่านกระบวนการทางคณิตศาสตร์ ส่งผลให้ผู้เรียนมีผลการเรียนรู้ทางวิชาคณิตศาสตร์ที่สูงขึ้น

3. ความพึงพอใจของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่มีต่อการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษา (STEAM Education) โดยรวมนักเรียนมีความพึงพอใจอยู่ในระดับมาก เมื่อพิจารณาเป็นรายด้าน พบว่า นักเรียนมีความพึงพอใจอยู่ในระดับมากทุกด้าน ด้านที่มีค่าเฉลี่ยสูงสุด ได้แก่ ด้านการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ รองลงมา ได้แก่ ด้านประโยชน์ที่ได้รับจากการจัดการเรียนรู้และด้าน

บรรยากาศการเรียนรู้ จากผลการสอบถามความพึงพอใจข้างต้น เนื่องจากด้านการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ มีการวางแผนการจัดการเรียนรู้ที่ดี มีขั้นตอนการสอนที่ชัดเจนกิจกรรมการเรียนรู้แปลกใหม่น่าสนใจ สามารถดึงดูดความสนใจของนักเรียนให้อยากค้นหาคำตอบของปัญหา นักเรียนจึงมีความพึงพอใจต่อด้านการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ สูงกว่าด้านอื่น ๆ สอดคล้องกับงานวิจัยของ [3] ได้ทำการวิจัยเรื่อง ผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิด STEAM Education โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน เพื่อพัฒนาทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2560 จำนวน 30 คน โรงเรียนด่านทับตะโกราษฎร์อุปถัมภ์ อำเภอจอมบึง จังหวัดราชบุรี ผลการวิจัยพบว่า ความพึงพอใจของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่มีต่อการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษา (STEAM Education) โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน โดยรวมนักเรียนมีความพึงพอใจอยู่ในระดับมากเมื่อพิจารณาเป็นรายด้าน พบว่า มีคะแนนเฉลี่ยด้านการจัดกิจกรรมการเรียนรู้มีความพึงพอใจมากที่สุด ส่วนด้านบรรยากาศในการเรียนรู้ มีคำเฉลี่ยต่ำกว่าด้านอื่น ๆ เนื่องจากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้บางช่วงเวลาที่มีการเร่งให้นักเรียนทำกิจกรรมให้เสร็จตามเวลาที่กำหนด ส่งผลให้นักเรียนเกิดความวิตกกังวล และทำให้เกิดบรรยากาศความตึงเครียดในห้องเรียน ดังนั้นผู้วิจัยจะได้แก้ไขโดยการเพิ่มระยะเวลาในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ให้เหมาะสมมากยิ่งขึ้น เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อ พบว่า ทุกข้อมีค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับมาก ข้อที่มีค่าเฉลี่ยสูงสุด ได้แก่ นักเรียนสามารถนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันได้ เนื่องจากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เน้นให้นักเรียนได้เรียนรู้จากประสบการณ์ตรง โดยการลงมือปฏิบัติด้วยตนเอง และเน้นการพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาด้วยวิธีการฝึกให้ผู้เรียนรู้จักศึกษาค้นคว้าหาความรู้ต่าง ๆ แล้วนำไปสู่การแก้ไขสถานการณ์ปัญหาที่เกิดขึ้นในชีวิตจริงอย่างมีลำดับขั้นตอน ซึ่งช่วยให้นักเรียนสามารถนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันได้ สอดคล้องกับแนวคิดของ [5] กล่าวว่าในการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน ผู้เรียนได้สัมผัสจริงกับปัญหาที่จะพบได้ในสถานการณ์จริงเป็นสิ่งกระตุ้นให้เกิดการเรียนรู้ ผู้เรียนจะเป็นผู้กำหนดเนื้อหาที่ต้องการเรียนรู้อย่างอิสระค้นคว้าหาความรู้ด้วยตนเอง ส่วนข้อที่มีค่าเฉลี่ยต่ำสุด ได้แก่ การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิด STEAM Education นักเรียนอยากตอบปัญหาในกิจกรรมการเรียนรู้ ทั้งนี้อาจเป็นเพราะในขณะจัดกิจกรรมการเรียนรู้ครูขาดการเสริมแรงทางบวกในการตอบปัญหา และนักเรียนบางคนยังขาดความกล้าแสดงออก ไม่กล้าคิด ไม่กล้าทำ และไม่กล้าตอบคำถาม ผู้วิจัยจะได้ปรับปรุงแก้ไขโดยการสร้างแรงจูงใจให้นักเรียนกล้าคิด กล้าทำ และกล้าแสดงออกมากยิ่งขึ้น

ข้อเสนอแนะ

1. ข้อเสนอแนะในการนำผลวิจัยไปใช้

1.1 จากผลการวิจัย ที่พบว่า ทักษะการแก้ปัญหาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 หลังการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษา โดยรวมอยู่ในระดับสูงดังนั้นครูจึงควรพิจารณานำการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษา ไปใช้สอนวิชาคณิตศาสตร์ในเรื่องอื่น ๆ เช่น ทฤษฎีบทพีทาโกรัส จำนวนจริง พื้นที่ผิวและปริมาตร เป็นต้น เพื่อพัฒนาทักษะการแก้ปัญหาของนักเรียนให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น

1.2 จากผลการวิจัย ที่พบว่า ความพึงพอใจของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่มีต่อการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษา ด้านการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษา ทำให้นักเรียนมีความกระตือรือร้นในการเรียนรู้โดยนักเรียนพึงพอใจในระดับมาก แต่ต่ำกว่าความพึงพอใจในประเด็นอื่น ๆดังนั้น ครูผู้สอนควรจัดกิจกรรมที่หลากหลายและเร้าความสนใจในการตอบปัญหาของผู้เรียน เช่น เพิ่มคะแนนหรือให้รางวัลนักเรียนคนที่ตอบปัญหา เพื่อเป็นการสร้างแรงจูงใจให้นักเรียนอยากตอบปัญหามากยิ่งขึ้น

1.3 ก่อนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ครูควรอธิบายขั้นตอนแก้ปัญหา ทั้ง 6 ขั้นตอน อย่างละเอียดและชัดเจน ควรมีการฝึกทักษะการทำงานเป็นกลุ่ม ให้นักเรียนรู้จักหน้าที่การเป็นผู้นำ ผู้ตามที่ดี และฝึกการปรับตัวให้เข้ากับเพื่อนในกลุ่ม การวางแผนเรื่องการกำหนดระยะเวลาในการจัดกิจกรรรมให้ดีหากเกิดเหตุขัดข้องซึ่งอาจทำให้การทำงานไม่เป็นตามแผนที่วางไว้ การทำงานไม่ทันตามกำหนดเวลาดังนั้นจึงควรมีการเผื่อเวลาในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ไว้ด้วย การเตรียมวัสดุอุปกรณ์ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ครูและนักเรียนต้องมีการวางแผนจัดเตรียมไว้ล่วงหน้าก่อนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ เพื่อให้การทำกิจกรรมเป็นไปอย่างราบรื่น

2. ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

2.1 ควรมีการศึกษาเปรียบเทียบผลการเรียนรู้ ทักษะการแก้ปัญหา หลังการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษา กับวิธีจัดการเรียนรู้แบบอื่น ๆเช่น การจัดการเรียนรู้แบบใช้โครงงานเป็นฐาน การเรียนรู้โดยใช้สมองเป็นฐาน การเรียนการสอนแบบห้องเรียนกลับด้าน (Flipped Classroom) เป็นต้น

2.2 ควรมีการศึกษาวิจัยเพื่อพัฒนาผลการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษา ไปทดลองใช้กับกลุ่มสาระการเรียนรู้อื่น ๆ เช่น วิทยาศาสตร์ ศิลปศึกษา วิชาเทคโนโลยี เป็นต้น

2.3 ควรมีการศึกษาวิจัยการจัดการเรียนรู้ตตามแนวคิดสะตีมศึกษา เกี่ยวกับตัวแปรอื่น ๆ เช่น ความสามารถในการคิดริเริ่มสร้างสรรค์ ความสามารถในการเชื่อมโยง และความสามารถในการคิดอย่างมีเหตุผล

เอกสารอ้างอิง

[1] สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. สะเต็มศึกษากรุงเทพฯ . สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (สสวท.) ; 2557.

[2] บุญชม ศรีสะอาด. การวิจัยเบื้องต้น. พิมพ์ครั้งที่ 5. กรุงเทพฯ : สุวีริยาสาสัน ; 2553.

[3] สุนารี ศรีบุญ. ผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิด STEAM Education โดยใช้ปัญหาเป็นฐานเพื่อพัฒนาทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 [วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต]. นครปฐม:มหาวิทยาลัยศิลปากร;2561

[4] สุวิชญา คงสุข. การพัฒนากิจกรรมสะเต็มศึกษาเพื่อส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหาและพฤติกรรมใฝ่เรียนรู้ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนกาบเชิงวิทยา[วิทยานิพนธ์ปริญญาครุศาสตรมหาบัณฑิต]. สุรินทร์: มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์;2561

[5] เจนจิรา สันติไพบูลย์. การจัดกิจกรรมพัฒนาผู้เรียนตามแนวคิด STEAM ร่วมกับการสอนเชิงผลิตภาพ เพื่อส่งเสริมทักษะกระบวนการและความสามารถในการสร้างสรรค์ผลงานของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 [วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตร์มหาบัณฑิต]. นครปฐม : มหาวิทยาลัยศิลปากร; 2561

[6] Yakman, G. STEAM Education: an overview of creating a model of integrative education. [Internet] 2021 [cited 2021 September, 2], Available from https://www.researchgate.net/publication/327351326_STEAM_ Education_a_vview_of_ reating a model of integrative education.

[7] พรทิพย์ ศิริภัทราชัย. STEM Education กับการพัฒนาทักษะในศตวรรษที่ 21. วารสารนักบริหาร มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ 2556; 33 (2): 49-56.

[8] วิสูตร โพธิ์เงิน. STEAM ศิลปะเพื่อสะเต็มศึกษา: การพัฒนาการรับรู้ความสามารถและแรงบันดาลใจให้เด็ก. วารสารครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย 2560; 45 (1): 320-334.

[9] นัสรินทร์ บือซา. ผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา (STEM Education) ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา ความสามารถในการแก้ปัญหาและความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 [วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต]. สงขลา: มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์;2558.

[10] จารีพร ผลมูล. การพัฒนาหน่วยการเรียนรู้บูรณาการแบบ STEAM สำหรับนักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3: กรณีศึกษา ชุมชนวังตะกอ จังหวัดชุมพร [วิทยานิพนธ์ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต]. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ;2558.

[11] มินตรา กระเป๋าทอง. การสร้างชุดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสะตีมศึกษา เพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความคิดสร้างสรรค์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 [วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต]. นครสวรรค์ : มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์;2561.