

การพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ด้วยการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์
ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษา ปีที่ 2

The Development of Creative Thinking with Mathematics Learning based on
STEAM Education for 8th Grade Students

¹ศศิประภา อิฐานุประทานะ, ²วัฒนา มณีวงศ์, ³วิโชติ พงษ์ศิริ,

⁴กนิษฐา เชาว์วัฒนกุล และ ⁵แสงเดือน เจริญนิม

¹Sasiprapa Itanupratana, ² Wattana Maneewong, ³ Wichote Pongsiri,

⁴Kanitha Chaowatthanakun and ⁵Sangduan Chareenchim

คณะศึกษาศาสตร์และพัฒนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Faculty of Education and Development Sciences Kasetsart University, Thailand

E-mail: ¹sasiprapa.i@ku.th, ²feduwnm@ku.ac.th, ³feduwhp@ku.ac.th

⁴feduktc@ku.ac.th, ⁵fedusac@ku.ac.th

Received February 11, 2022; Revised February 23, 2022; Accepted May 15, 2022

บทคัดย่อ

บทความวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ 1) เพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ด้วยการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษา ปีที่ 2 2) เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้ และ 3) เพื่อศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา งานวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลองใช้แนวคิดสะเต็มศึกษาเป็นกรอบการวิจัย พื้นที่วิจัย คือ โรงเรียนสาธิตแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน ศูนย์วิจัยและพัฒนาการศึกษา จังหวัดนครปฐม กลุ่มตัวอย่าง คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2/1 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2564 จำนวน 37 คน ใช้วิธีคัดเลือกแบบการสุ่ม แบบกลุ่ม เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วย 1) แผนการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา 2) แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน 3) แบบประเมินความคิดสร้างสรรค์ 4) แบบสอบถามความพึงพอใจ วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน การทดสอบค่าที่แบบไม่อิสระจากกัน และค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ภายในชั้น ผลการวิจัยพบว่า 1. ความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ด้วยการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา อยู่ในระดับดีมาก 2. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ด้วยการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา คะแนนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 3. ความพึงพอใจของ

นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่มีต่อการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาความพึงพอใจอยู่ในระดับดี

คำสำคัญ: ความคิดสร้างสรรค์; การจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์; แนวคิดสะเต็มศึกษา

Abstract

This article aimed to 1) develop creative thinking with mathematics learning STEAM education for 8th grade students; 2) compare students' achievement before and after learning; and 3) study students' satisfaction with mathematics learning STEAM education. This study was experimental research. STEAM Education was used as the main research framework. The research was conducted at Kasetsart University Laboratory School, Kamphaeng Saen Campus Educational, Nakhon Pathom. The sample consisted of students in Mathayom 2/1, semester 1 of the academic year 2021. They were selected by cluster random sampling. The instruments for collecting data were 1) a mathematics learning management plan based on the concept of STEAM education, 2) learning achievement tests, 3) creative assessment forms, and 4) a questionnaire to investigate satisfaction. Analysis of data by mean, standard deviation, dependent sample t-test, and intraclass correlation coefficient (ICC). The research results were found as follows: 1. The student's creative thinking after learning through STEAM education is at a very good level; 2. The students' achievements through STEAM education after learning were significantly higher than those before studying at the .05 level; and 3. The student's satisfaction with mathematics learning in STEAM education was positive at a good level.

Keywords: Creative Thinking; Mathematics Learning Management; STEAM Education

บทนำ

ความคิดสร้างสรรค์นับว่าเป็นความสามารถที่สำคัญอย่างหนึ่งของมนุษย์ซึ่งมีคุณภาพมากกว่าความสามารถด้านอื่น (อารี พันธุ์ณี, 2557) วิชาคณิตศาสตร์มีบทบาทสำคัญยิ่งต่อการพัฒนาความคิดมนุษย์ ทำให้มนุษย์มีความคิดสร้างสรรค์ ช่วยแก้ปัญหาและนำไปใช้ในชีวิตประจำวันได้อย่างถูกต้องเหมาะสม วิมลรัตน์ ศรีสุข (2553) และยังเป็นที่ยอมรับกันว่านักเรียนที่เรียนคณิตศาสตร์ทุกระดับจะต้องได้สัมผัสกับการคิดสร้างสรรค์มีความยืดหยุ่นเกี่ยวกับความคิดรวบยอดและแนวคิด

ทางคณิตศาสตร์ ดังนั้นครูส่วนใหญ่จึงยอมรับว่าการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนเป็นสิ่งสำคัญ (Sriraman, 2005 อ้างถึงใน Shriki, 2010)

จากการจัดการเรียนรู้ในวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษา ปีที่ 2 โรงเรียนสาธิตแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน ศูนย์วิจัยและพัฒนาการศึกษา จังหวัดนครปฐม พบว่า ไม่สามารถพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนได้ เนื่องจากเมื่อจัดกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับความคิดสร้างสรรค์ พบว่า นักเรียนยังมีความคิดสร้างสรรค์อยู่ในระดับต่ำ ซึ่งจากสังเกตสาเหตุอาจเนื่องมาจากการจัดการเรียนการสอนที่เน้นเนื้อหาเป็นสำคัญ มุ่งการนำความรู้ไปประยุกต์ใช้มากกว่าทักษะและกระบวนการ นักเรียนไม่ได้ลงมือปฏิบัติและไม่ได้ลองศึกษาหาความรู้ด้วยตนเอง จึงไม่สามารถพัฒนาทางด้านความคิดสร้างสรรค์ให้อยู่ในระดับดีได้ จากสภาพปัญหาที่กล่าวมาข้างต้น จึงเห็นความสำคัญที่จะพัฒนาการจัดการเรียนการสอนเพื่อการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียน

แต่เนื่องจากในปัจจุบันการจัดการศึกษามีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว มีความจำเป็นที่จะต้องบูรณาการแนวคิดทุกวิชาที่เกี่ยวข้องกับแต่ละศาสตร์มาใช้ให้สอดคล้องกับโลกที่มีการเปลี่ยนแปลงไปอย่างรวดเร็วนี้ เพื่อให้ผู้เรียนเกิดการพัฒนาทักษะการเรียนรู้ตลอดชีวิตตามความเป็นจริง ซึ่งการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการตามแนวทาง STEAM เป็นรูปแบบหนึ่งที่ทำให้ผู้เรียนได้สนุกและมีจุดมุ่งหมายในการสร้างแรงบันดาลใจในการเรียนในรูปแบบของการมีส่วนร่วม โดยใช้หลักการที่ว่า STEAM คือ การเรียนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีผ่านการออกแบบทางวิศวกรรมและศิลปะโดยมีวิชาคณิตศาสตร์เป็นพื้นฐาน (Yakman, 2008) ผลการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการนำแนวคิดสะเต็มศึกษามาพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ พบว่า Fioriello (2010 อ้างถึงใน สุภัค โอฬารพิริยกุล, 2561) กล่าวว่า แนวความคิดของ STEAM EDUCATION เกิดจากการพัฒนาแนวทางการจัดการเรียนรู้ STEM EDUCATION ที่มุ่งเน้นการจัดการเรียนรู้โดยส่งเสริมให้เกิดความคิดสร้างสรรค์ เพื่อหาวิธีการหรือกระบวนการใหม่ในการแก้ปัญหาและนำไปประยุกต์ต่อสิ่งที่เรียนรู้ต่อไปได้ สอดคล้องกับงานวิจัยของ พัทมาธิสวณีย์ ตาแยะ, ณัฐินี โมพันธ์ และ มัสดี แวดราแม (2560) ศึกษาผลของการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ ความคิดสร้างสรรค์และความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ของนักเรียนชั้นประถมศึกษา ปีที่ 5 พบว่า นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน ความคิดสร้างสรรค์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน และความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาโดยรวมอยู่ในระดับมากที่สุด

บทความนี้นำเสนอการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์แนวคิดสะเต็มศึกษา เพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษา ปีที่ 2 โรงเรียนสาธิตแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน ศูนย์วิจัยและพัฒนาการศึกษา จังหวัดนครปฐม โดยดำเนินการจัดการเรียนการสอนในสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ เรื่อง การประยุกต์เกี่ยวกับปริมาตรและน้ำหนัก ภาคเรียนที่ 1

ปีการศึกษา 2564 โดยเน้นนักเรียนเป็นศูนย์กลางได้ลงมือปฏิบัติและศึกษาด้วยตนเอง ซึ่งจะสามารถพัฒนานักเรียนให้มีคุณสมบัติก้าวทันต่อการเปลี่ยนแปลงของโลกในศตวรรษที่ 21 ได้

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ด้วยการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา
2. เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ก่อนเรียนและหลังเรียน เรื่องการประยุกต์เกี่ยวกับปริมาตรและน้ำหนักของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ด้วยการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา
3. เพื่อศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่มีต่อการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา

การทบทวนวรรณกรรม

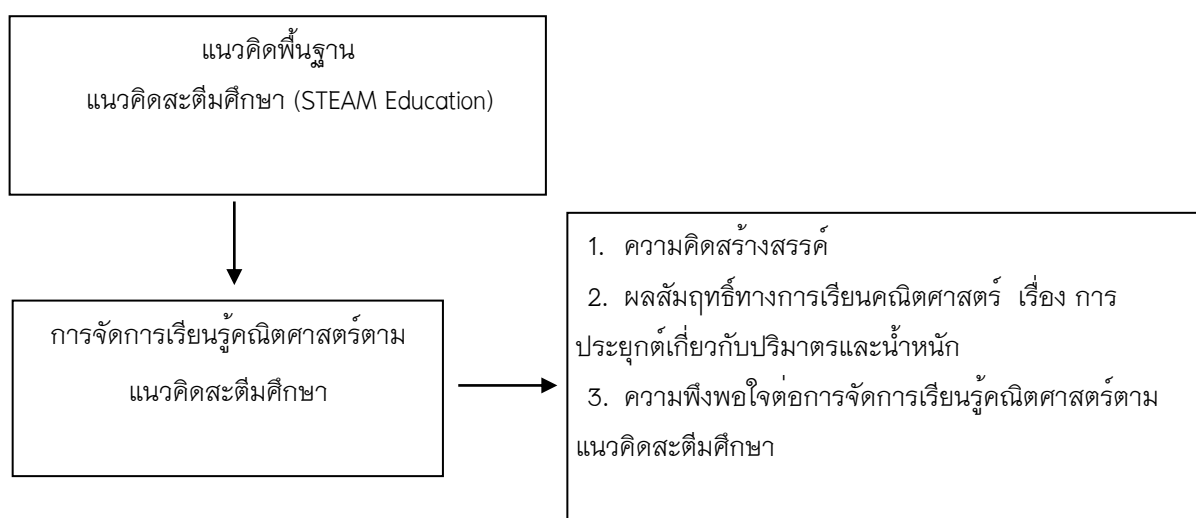
แนวคิดสะเต็มศึกษา (STEAM Education) เป็นการจัดการเรียนรู้ที่บูรณาการ 5 วิชา คือ วิทยาศาสตร์, เทคโนโลยี, วิศวกรรมศาสตร์, ศิลปะ และคณิตศาสตร์ ซึ่ง Yakman (2008) ได้กล่าวว่า แนวคิดสะเต็มศึกษา (STEAM Education) มีรากฐานมาจากสะเต็มศึกษา (STEM Education) สะเต็มศึกษามีวัตถุประสงค์เพื่อส่งเสริมให้ผู้เรียนได้สร้างสรรค์นวัตกรรมใหม่ ๆ เนื่องจากการสอนแบบสะเต็มศึกษาเน้นให้ผู้เรียนได้คิดหาคำตอบที่ถูกเพียงคำตอบเดียว (Convergent Thinking) แตกต่างจากการสอนแบบสะเต็มศึกษาที่ให้ผู้เรียนได้คิดหลากหลายเพื่อเลือกคำตอบที่ดีที่สุดมาใช้ในการแก้ปัญหา (Divergent Thinking) โดย Yakman (2010) ได้ให้คำจำกัดความที่ว่า “STEAM คือ การเรียนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีผ่านการออกแบบทางวิศวกรรมและศิลปะโดยมีวิชาคณิตศาสตร์เป็นพื้นฐาน” และแนวคิดสะเต็มศึกษามีเป้าหมายเพื่อเสริมสร้างรากฐานของ STEM โดยช่วยให้นักเรียนพัฒนาทักษะการคิดวิเคราะห์และตระหนักถึงส่วนร่วมของศิลปะ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรม และคณิตศาสตร์ ช่วยให้นักเรียนมีเครื่องมือและวิธีการในการค้นหาคำตอบใหม่ ๆ และสร้างสรรค์ แสดงข้อมูล และเชื่อมโยงวิชาศิลปะและ STEM ดังนั้น การนำหลักการของ STEAM มาใช้ในการศึกษาจะช่วยให้มีความเข้าใจมากขึ้น มีนวัตกรรมและการศึกษาที่สอดคล้องกันในห้องเรียน (All Education Schools, 2021) Aksorn Learnspace (2017) ได้กล่าวถึงแนวคิดของสะเต็มศึกษาว่า STEAM คือ การสร้างเด็กนักเรียน STEM ให้คิดแบบสร้างสรรค์ และพร้อมที่จะมีส่วนร่วมในการเรียนรู้นั้น ๆ การทำให้เด็กนักเรียนได้เห็นแนวทางเทคนิคที่เชื่อมโยงกับความเป็นจริงในโลกนี้ได้อย่างไร ทำให้พวกเขาได้ลงมือปฏิบัติและเรียนรู้จากโครงการต่าง ๆ การได้เจอปัญหาที่ช่วยทำให้ประยุกต์แนวคิดขึ้นในบริบทใหม่ การปลูกฝังความอยากรู้อยากเห็นของนักเรียน และช่วยพวกเขาให้พัฒนาความคิดสร้างสรรค์ผ่านการ

ทดลอง การทำงานร่วมกัน การใช้ความคิดสร้างสรรค์ในการเรียนรู้ วิธีการแก้ปัญหา และทักษะความคิดเชิงวิพากษ์วิจารณ์ การกระตุ้นจินตนาการและช่วยในการคิดค้นวิธีการคิดแบบใหม่ ๆ ผ่านการลงมือทำ สิ่งสำคัญคือประยุกต์เอาความคิดสร้างสรรค์และทักษะด้านการออกแบบเข้ามาใช้ STEAM ใช้คนเป็นศูนย์กลางให้ความสำคัญกับบุคลิกภาพและความแตกต่างของนักเรียน โดย Riley (2016 อ้างถึงใน สมรัก อินทวิมลศรี, 2560) ได้เสนอขั้นตอนการจัดการเรียนการสอนตามแนวคิดสะเต็มศึกษาเน้นกระบวนการคิดสร้างสรรค์ (Creative Process) 6 ขั้นตอน ได้แก่ 1. ขั้นระบุสถานการณ์ (Focus) 2. ขั้นวิเคราะห์สถานการณ์ (Detail) 3. ขั้นศึกษาค้นคว้า (Discovery) 4. ขั้นประยุกต์ (Application) 5. ขั้นนำเสนอ (Presentation) และ 6. ขั้นประเมินและปรับปรุง (Link) เป็นขั้นตอนสำหรับการสร้างชั้นเรียนที่ใช้สะเต็มเป็นศูนย์กลางนำไปสู่การหาคำตอบของคำถามสำคัญในบทเรียน

จากการทบทวนวรรณกรรมผู้วิจัยได้นำแนวคิดสะเต็มศึกษามาจัดเป็นขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ โดยบูรณาการความรู้ 5 รายวิชา ได้แก่ วิชาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ ศิลปะ และคณิตศาสตร์เข้าด้วยกันเป็น 6 ขั้นตอน ดังนี้ ขั้นที่ 1 ระบุปัญหา ขั้นที่ 2 รวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา ขั้นที่ 3 ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา ขั้นที่ 4 วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา ขั้นที่ 5 ทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือผลงาน และขั้นที่ 6 นำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาหรือผลงานโดยนักเรียนบันทึกวิธีนำเสนอผลงาน

กรอบแนวคิดการวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง (Experimental Research) ผู้วิจัยกำหนดกรอบแนวคิดการวิจัยตามแนวคิดสะเต็มศึกษา (Yakman, 2010; Aksorn Learnspace, 2017; Fioriello, 2010) โดยมีรายละเอียดดังแผนภาพที่ 1



แผนภาพที่ 1 กรอบแนวคิดการวิจัย

ระเบียบวิธีวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นงานวิจัยเชิงทดลอง (Experimental Research) รูปแบบการวิจัย คือ การศึกษา กลุ่มเดียวทดสอบก่อนและหลัง (One Group Pretest Posttest Design) พื้นที่วิจัย คือ โรงเรียนสาธิต แห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน ศูนย์วิจัยและพัฒนาการศึกษา จังหวัดนครปฐม ประชากร คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2564 จำนวน 168 คน กลุ่มตัวอย่าง คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2/1 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2564 จำนวน 37 คน ใช้วิธีการคัดเลือกแบบการสุ่มแบบกลุ่ม (Cluster Random Sampling) โดยใช้ห้องเรียนเป็นหน่วยสุ่ม เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย มี 4 ชนิด ได้แก่ 1) แผนการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา จำนวน 1 แผนการเรียนรู้ 8 คาบ ตรวจสอบคุณภาพด้วยผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน พบว่า มีค่าดัชนีความ สอดคล้องเท่ากับ 1.00 2) แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง การประยุกต์เกี่ยวกับปริมาตร และน้ำหนัก เป็นข้อสอบปรนัยชนิด 4 ตัวเลือก จำนวน 20 ข้อ ตรวจสอบคุณภาพด้วยผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน พบว่า มีค่าดัชนีความสอดคล้องเท่ากับ 1.00 ความยากง่ายอยู่ระหว่าง 0.17 – 0.95 ค่าอำนาจจำแนก อยู่ระหว่าง 0.28 – 0.88 และมีค่าความเชื่อมั่น 0.80 ใช้ศึกษาผลสัมฤทธิ์ก่อนและหลังการจัดการ เรียนรู้ 3) แบบประเมินความคิดสร้างสรรค์จากการสร้างสรรค์ผลงานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ซึ่งกำหนดการให้คะแนนแบบรูปรีดแบบแยกประเด็น แบ่งเป็นด้านกระบวนการ (Process) และด้าน ผลงาน (Product) ตรวจสอบคุณภาพด้วยผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน พบว่า มีค่าดัชนีความสอดคล้องเท่ากับ 1.00 4) แบบสอบถามความพึงพอใจที่มีต่อการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา จำนวน 15 ข้อ ตรวจสอบคุณภาพด้วยผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน พบว่า มีค่าดัชนีความสอดคล้องเท่ากับ 1.00 รวบรวม ข้อมูลโดยการทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียน จากนั้นจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตาม แนวคิดสะเต็มศึกษาตามแผนการจัดการเรียนรู้ จำนวน 8 คาบ ดำเนินการประเมินความคิดสร้างสรรค์ จากการสร้างสรรค์ผลงานโดยวัดจากการบันทึกวิดีโอขณะทำกิจกรรมและดำเนินการสร้างผลงาน ผลงาน และแบบบันทึกการสร้างสรรค์ผลงานของนักเรียน ประเมินด้วยครูผู้สอน 3 ท่าน ท่านแรกเป็น ครูผู้สอน (ผู้วิจัย) ท่านที่ 2 ครูผู้สอนวิชาคณิตศาสตร์มีประสบการณ์ทางด้านการจัดการเรียนการสอน ด้วยแนวคิดสะเต็มศึกษา และท่านที่ 3 ครูผู้สอนวิชาวิทยาศาสตร์มีประสบการณ์ทางด้านการจัดการ เรียนการสอนด้วยแนวคิดสะเต็มศึกษา จากนั้นดำเนินการทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียน และสำรวจความพึงพอใจของนักเรียนต่อการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาของ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ระหว่างเดือนกันยายนถึงเดือนตุลาคม พ.ศ. 2564 นำข้อมูลมาวิเคราะห์ ด้วยสถิติค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน การทดสอบค่าทีแบบไม่อิสระจากกัน และค่าสัมประสิทธิ์ สหสัมพันธ์ภายในชั้น

ผลการวิจัย

ผลการศึกษาความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ด้วยการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา

ตารางที่ 1 ผลการศึกษาความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ด้วยการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา (คะแนนเต็มข้อละ 3 คะแนน)

รายการ	ค่าเฉลี่ยรวม		ระดับคุณภาพ
	$\bar{X}$	S.D.	
ด้านกระบวนการ	2.42	0.28	ดีมาก
1. การนำความรู้ของสะเต็มศึกษามาสร้างสรรค์ผลงาน	2.42	0.64	ดีมาก
- การนำความรู้ทางวิทยาศาสตร์มาใช้ในการออกแบบผลงาน (S)	2.26	0.44	ดีมาก
- การใช้เทคโนโลยีในการสืบค้นข้อมูล (T)	2.15	0.96	ดี
- การเลือกใช้วัสดุและการออกแบบในการสร้างผลงาน (E)	2.83	0.42	ดีมาก
- การนำความรู้ทางด้านศิลปะมาใช้ในการตกแต่งและสร้างผลงาน (A)	2.25	0.44	ดี
- การนำความรู้ เรื่อง ปริมาตรและน้ำหนัก มาใช้ในการสร้างตาชั่งสองแขนได้ และทดสอบประสิทธิภาพของตาชั่งสองแขนได้ (M)	2.62	0.49	ดีมาก
2. การนำเสนอผลงาน	2.38	0.59	ดีมาก
ด้านผลงาน	2.27	0.41	ดีมาก
1. ความคิดริเริ่ม	1.38	0.70	พอใช้
2. ความคิดคล่อง	3.00	0.00	ดีมาก
3. ความคิดยืดหยุ่น	2.95	0.21	ดีมาก
4. ความคิดละเอียดลออ	2.29	0.51	ดีมาก
รวม	2.41	0.70	ดีมาก

ค่าความสอดคล้องระหว่างผู้ประเมิน ICC = .775*

จากตารางที่ 1 พบว่า ผลการศึกษาความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ด้วยการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา มีค่าเฉลี่ยรวมเท่ากับ 2.41 คะแนน ซึ่งอยู่ในระดับดีมาก และมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ภายในชั้น (ICC) เท่ากับ 0.775 ซึ่งถือว่ามีความสอดคล้องกันในระดับดี ผลการพิจารณาค่าความสอดคล้องมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ เรื่อง การประยุกต์เกี่ยวกับปริมาตรและน้ำหนักของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา

ตารางที่ 2 ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง การประยุกต์เกี่ยวกับปริมาตรและน้ำหนักของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา

คะแนน	คะแนนเต็ม	$\bar{X}$	S.D.	t	p
หลังเรียน	20	17.90	1.68	9.37	< .001
ก่อนเรียน	20	11.80	3.90		

*p<.05

จากตารางที่ 2 พบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง การประยุกต์เกี่ยวกับปริมาตรและน้ำหนักของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ก่อนเรียนมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 11.80 คะแนน หลังเรียนมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 17.90 คะแนน โดยคะแนนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ผลการศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่มีต่อการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา

ตารางที่ 3 ความพึงพอใจของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่มีต่อการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา

รายการ	$\bar{X}$	S.D.	ระดับความพึงพอใจ
1. นักเรียนได้รับความรู้และเข้าใจเนื้อหามากขึ้น	4.26	0.83	ดี
2. นักเรียนสามารถบูรณาความรู้หลาย ๆ วิชาเข้าด้วยกันได้	4.18	0.87	ดี
3. นักเรียนรู้สึกสนุกสนานกับการเรียนรู้	4.21	0.95	ดี
4. นักเรียนได้ฝึกคิดและลงมือปฏิบัติจริง	4.38	0.82	ดี
5. นักเรียนมีส่วนร่วมในชั้นเรียน	4.21	0.84	ดี
6. นักเรียนได้แสวงหาความรู้และหาแนวทางการแก้ปัญหาด้วยตัวเอง	4.35	0.73	ดี
7. นักเรียนมีวิเคราะห์ปัญหาและศึกษาตามความสนใจ	4.32	0.77	ดี
8. นักเรียนได้ทำงานอย่างรอบครอบ มีการวางแผน และมีขั้นตอนในการคิด	4.35	0.65	ดี
9. นักเรียนสามารถนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันได้	4.26	0.90	ดี
10. นักเรียนได้รับประสบการณ์และความรู้ใหม่ จากการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา	4.21	0.84	ดี
11. การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษามีสื่อการสอนที่เหมาะสมและสอดคล้องกับเนื้อหา	4.32	0.81	ดี

รายการ	$\bar{X}$	S.D.	ระดับความพึงพอใจ
12. การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาส่งเสริมทางด้านความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียน	4.24	0.65	ดี
13. การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาทำให้นักเรียนมีความกระตือรือร้นในการเรียนรู้	4.09	1.00	ดี
14. การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาเป็นบรรยากาศแห่งการเรียนรู้ผ่อนคลาย และมีความสุข	3.94	1.10	ดี
15. การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาส่งเสริมให้นักเรียนชอบเรียนวิชาคณิตศาสตร์มากขึ้น	3.94	1.07	ดี
รวม	4.22	0.86	ดี

จากตารางที่ 3 พบว่า ความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.22 ความพึงพอใจอยู่ในระดับดี

อภิปรายผลการวิจัย

ผลจากการวิจัยวัตถุประสงค์ที่ 1 พบว่า ความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ด้วยการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ภาพรวมอยู่ในระดับดีมาก เมื่อพิจารณารายด้าน พบว่า ด้านกระบวนการและด้านผลงานทั้ง 2 ด้านมีค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับดีมาก ทั้งนี้ อาจเนื่องมาจากการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาเป็นการจัดการเรียนรู้ที่บูรณาการ 5 รายวิชา ได้แก่ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ ศิลปะ และคณิตศาสตร์เข้าด้วยกัน เน้นให้นักเรียนได้ศึกษาค้นคว้าและลงมือทำด้วยตนเอง ผูกการคิดอย่างมีขั้นตอนซึ่งนำไปสู่การประยุกต์ใช้ในสร้างสรรค์ผลงานและการแก้ปัญหาในชีวิตประจำวัน ผ่านการจัดการเรียนรู้ 6 ขั้นตอน ดังนี้ ขั้นที่ 1 ระบุปัญหา ขั้นที่ 2 รวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา ขั้นที่ 3 ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา ขั้นที่ 4 วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา ขั้นที่ 5 ทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือผลงาน และขั้นที่ 6 นำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาหรือผลงานโดยนักเรียนบันทึกวิดีโอนำเสนอผลงาน สอดคล้องกับแนวคิด Yakman (2008) กล่าวว่า สะเต็มศึกษาเป็นแนวคิดที่ให้นักเรียนได้คิดหลากหลายเพื่อเลือกคำตอบที่ดีที่สุดมาใช้ในการแก้ปัญหา (Divergent Thinking) แนวคิดสะเต็มศึกษาเป็นการสอนด้วยการบูรณาการความรู้ ทักษะและกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ (Science) เทคโนโลยี (Technology) วิศวกรรมศาสตร์ (Engineering) ศิลปะ (Ars) และคณิตศาสตร์ (Mathematic) รายวิชาต่าง ๆ ในสะเต็มศึกษาสามารถนำมาประยุกต์ใช้ให้เหมาะสมกับบริบทและสถานการณ์จริงได้ การเพิ่มศิลปะ (Art) เข้าไปในสะเต็มศึกษาจะช่วยสนับสนุนให้เกิด

บรรยากาศในการเรียนรู้ที่ดีและสามารถพัฒนาสมองทั้งสองซีกไปอย่างพร้อม ๆ กัน ผลการวิจัยนี้สอดคล้องกับงานวิจัยของ พัฒมาอัสไวณี ตาเย๊ะ, ณัฐณี โมพันธ์ และ มัสดี แวดราแม (2560) พบว่านักเรียนมีความคิดสร้างสรรค์หลังการจัดการเรียนรู้สูงกว่าก่อนการจัดการเรียนรู้ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 มีระดับความคิดสร้างสรรค์ก่อนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาอยู่ในระดับต่ำกว่าเกณฑ์ขั้นต่ำ หลังการจัดการเรียนรู้อยู่ในระดับดี และมีคะแนนพัฒนาการความคิดสร้างสรรค์เฉลี่ยร้อยละ 56.09 ซึ่งมีพัฒนาการระดับสูง และยังสอดคล้องกับงานวิจัยของ สุมินตรา จินเมือง และ ธิติยา บงกชเพชร (2563) พบว่า นักเรียนพัฒนาความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมได้อย่างต่อเนื่อง นักเรียนมีคะแนนเพิ่มขึ้นในหลายพฤติกรรม อย่างไรก็ตามพฤติกรรมการทำงานร่วมกับผู้อื่นอย่างสร้างสรรค์เป็นพฤติกรรมที่นักเรียนแสดงออกได้มากตลอดการจัดการเรียนรู้

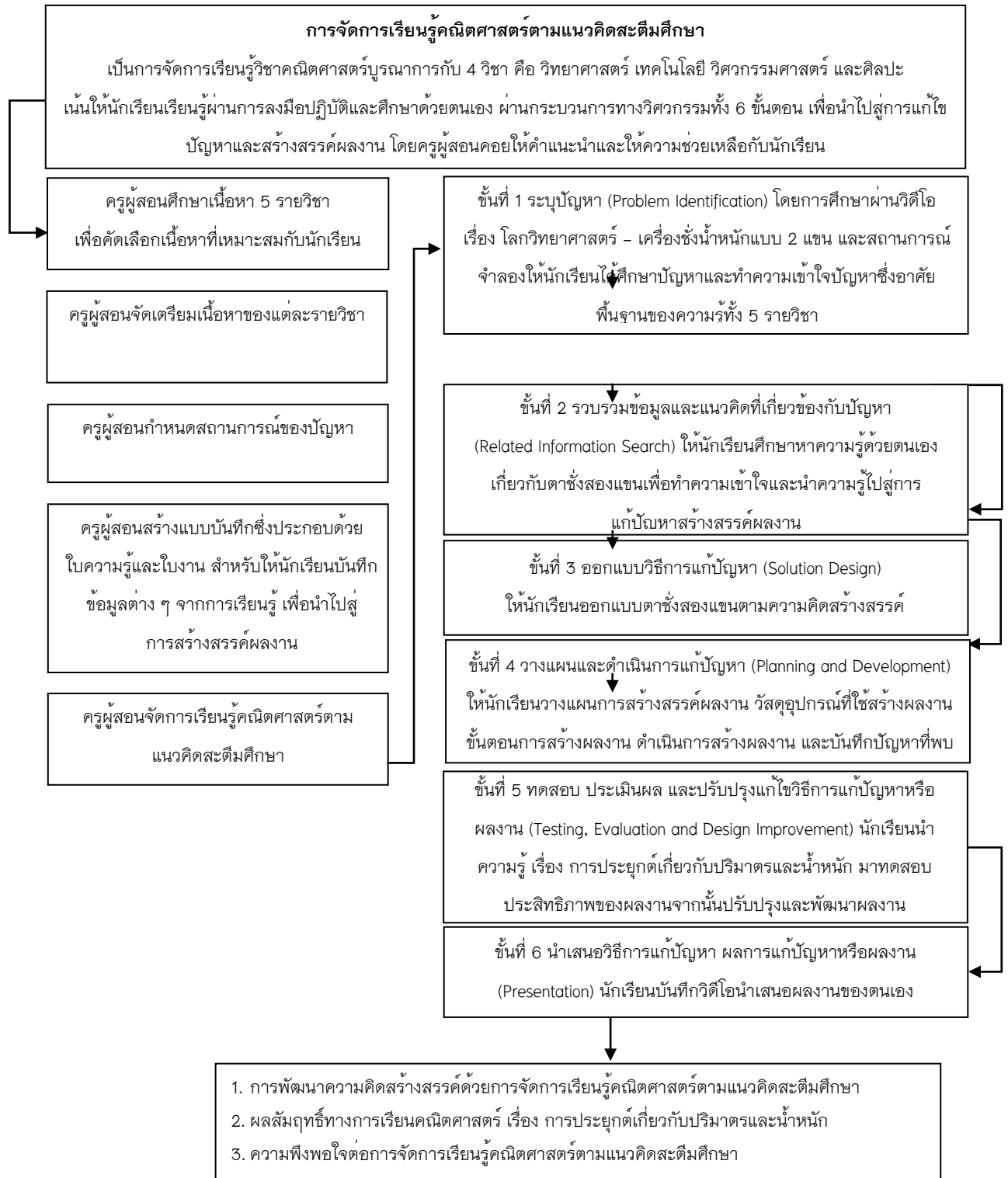
ผลจากการวิจัยวัตถุประสงค์ที่ 2 พบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง การประยุกต์เกี่ยวกับปริมาตรและน้ำหนัก ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา มีการกำหนดสถานการณ์ให้นักเรียนได้ฝึกคิด วิเคราะห์ปัญหา มีลำดับขั้นตอนเพื่อนำไปสู่แนวทางการแก้ไขปัญหาหรือการสร้างสรรค์ผลงาน โดยนำความรู้วิชาคณิตศาสตร์ เรื่อง การประยุกต์เกี่ยวกับปริมาตรและน้ำหนัก มาใช้ในการออกแบบผลงานและทดสอบประสิทธิภาพของผลงาน ร่วมกับการบูรณาการความรู้ 4 วิชา ผลการวิจัยนี้สอดคล้องกับงานวิจัยของ ชนิตา ปานรอด, พินดา วราสุนันท์ และสุนทรภรณ์ อุ๋นวรรณธรรม (2563) พบว่า นักเรียนที่เรียนรู้ผ่านการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษามีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 นอกจากนี้ยังสอดคล้องกับงานวิจัยของ ภิญญะ วงษ์ทอง (2561) พบว่า นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน โดยมีผลคะแนนเฉลี่ยก่อนเรียนร้อยละ 38.05 (SD = 4.85) และมีคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนร้อยละ 74.92 (SD = 4.71) มีค่าดัชนีประสิทธิผลเท่ากับ .60 และมีนักเรียนที่ผ่านเกณฑ์การประเมินร้อยละ 60 คิดเป็นร้อยละ 84.37 และยังสอดคล้องกับงานวิจัยของ ดารุณี เพ็งน้อย และ นิวัฒน์ บุญสม (2564) พบว่า ผลการเรียนรู้ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ที่ใช้การจัดการกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิด STEAM Education หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ผลจากการวิจัยวัตถุประสงค์ที่ 3 พบว่า ความพึงพอใจของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่มีต่อการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ความพึงพอใจภาพรวมอยู่ในระดับดี จากการประเมินผลความพึงพอใจ พบว่า นักเรียนได้ฝึกคิดและลงมือปฏิบัติจริงมีค่าเฉลี่ยมากที่สุด และรองลงมานักเรียนได้แสวงหาความรู้และหาแนวทางการแก้ปัญหาด้วยตัวเอง และนักเรียนได้ทำงานอย่างรอบคอบ มีการวางแผน และมีขั้นตอนในการคิด เนื่องจากในการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาเป็น

การเรียนรู้ที่นักเรียนเป็นศูนย์กลาง เรียนรู้ผ่านการได้ลงมือปฏิบัติด้วยตนเองตามกระบวนการ 6 ขั้นตอน ทำให้ได้ฝึกการคิดแบบเป็นขั้นตอน ได้การแลกเปลี่ยนความรู้ซึ่งกันและกัน ได้ทดลองทำด้วยตนเองทำให้มีความท้าทาย และสามารถนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันได้ ผลการวิจัยนี้สอดคล้องกับงานวิจัยของ ภิญโญ วงษ์ทอง, สมเสมอ ทักษิณ และ ทศนัย สูงใหญ่ (2563) พบว่านักเรียนมีความพึงพอใจต่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในระดับมาก และยังสอดคล้องกับงานวิจัยของ เอกสิทธิ์ ชินทรภูมิ และ คณะ (2564) พบว่า นักเรียนมีความคิดเห็นที่มีต่อการใช้รูปแบบการเรียนรู้การสอนภาพรวมอยู่ในระดับเห็นด้วยมากที่สุด

องค์ความรู้ใหม่จากการวิจัย

จากการวิจัยทำให้เกิดองค์ความรู้เกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้ที่สามารถพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 คือ การจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา โดยมีขั้นตอนในการจัดการเรียนรู้ ดังแสดงในแผนภาพต่อไปนี้



สรุป

การจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ขั้นตอนในการจัดการเรียนรู้ 6 ขั้นตอน ดังนี้ ขั้นที่ 1 ระบุปัญหา ขั้นที่ 2 รวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา ขั้นที่ 3 ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา ขั้นที่ 4 วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา ขั้นที่ 5 ทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุง

แก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือผลงาน และขั้นที่ 6 นำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาหรือผลงาน
ผลจากการจัดการเรียนรู้ พบว่า ความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ด้วยการจัดการ
เรียนรู้คณิตศาสตร์ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา อยู่ในระดับดีมาก ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์
เรื่อง การประยุกต์เกี่ยวกับปริมาตรและน้ำหนักของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ด้วยการจัดการ
เรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน และความพึงพอใจของนักเรียนชั้น
มัธยมศึกษา ปีที่ 2 ที่มีต่อการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาความพึงพอใจ อยู่ในระดับดี

ข้อเสนอแนะ

จากผลการวิจัย ผู้วิจัยมีข้อเสนอแนะ ดังนี้

1. ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์

1. จากการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษามุ่งให้นักเรียนนำความรู้มาสร้างสรรค์ผลงาน
หรือนวัตกรรมจึงมีการกำหนดให้นักเรียนนำวัสดุเหลือใช้มาผลิตผลงาน พบว่า นักเรียนสามารถ
สร้างสรรค์ผลงานได้ดี มีความหลากหลายและน่าสนใจ

2. จากผลการวิจัย พบว่า ความคิดสร้างสรรค์ด้านความคิดริเริ่มมีค่าเฉลี่ยต่ำที่สุด อยู่ในระดับ
พอใช้ ดังนั้นครูผู้สอนควรส่งเสริมการคิดริเริ่มหรือการคิดสิ่งแปลกใหม่ โดยเริ่มจากการคิดแบบ
นามธรรมไปสู่การคิดแบบรูปธรรม

3. จากการจัดการเรียนรู้ตามกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม 6 ขั้นตอน พบว่า เป็นขั้นตอน
ที่ช่วยให้นักเรียนสร้างสรรค์การแก้ปัญหาได้อย่างเป็นขั้นตอน มองเห็นปัญหาจนสามารถนำไปสู่การ
สร้างผลงานหรือนวัตกรรมที่ตอบโจทย์กับปัญหาได้

2. ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

1. การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เป็นการบูรณาการ 5 รายวิชา ในการวิจัยครั้ง
ต่อไปอาจบูรณาการจัดการเรียนรู้ร่วมกับครูผู้สอนในรายวิชาต่าง ๆ เพื่อให้เกิดองค์ความรู้ในหลาย
ศาสตร์วิชามารบูรณาการสู่การสร้างสรรค์วิธีการแก้ปัญหาหรือนวัตกรรมได้มากขึ้น และช่วยส่งเสริมให้
กระบวนการเรียนรู้เกิดประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

2. ควรศึกษาเปรียบเทียบความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้
เพื่อเข้าใจถึงพื้นฐานความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนก่อนการจัดการเรียนรู้ และเห็นถึงความแตกต่าง
ของความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้ จะช่วยให้การจัดการเรียนรู้มี
ประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

เอกสารอ้างอิง

- ชนิตา ปานรอด, พินดา วราสุนันท์ และ สุนทราภรณ์ อุ๋นวรรณธรรม. (2563). การพัฒนาผลฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เรื่อง อัตราส่วน สัดส่วน และร้อยละ โดยใช้การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษา ปีที่ 1. *วารสารศาสตร์การศึกษาและการพัฒนามนุษย์*, 4(1), 28-43.
- ดารุณี เพ็งน้อย และ นิวัฒน์ บุญสม. (2564). การพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์และการ สร้างผลงานทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นประถมศึกษา ปีที่ 5 ด้วยการจัดการกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิด STEAM Education. *วารสารศิลปการศึกษาศาสตร์วิจัย*, 13(1), 238-257.
- พัฒมาอัสไวณี ตาเย๊ะ, ณัฐนิ โมพันธุ และ มัยดี แวดราแม. (2560). ผลของการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาที่มีผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ ความคิดสร้างสรรค์ และความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ของนักเรียนชั้นประถมศึกษา ปีที่ 5. *วารสารมหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์ สาขามนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์*, 4(2), 1-14.
- ภิญโญ วงษ์ทอง. (2561). ผลของการจัดการกิจกรรมการเรียนรู้บูรณาการ STEAM Education ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณ และความพึงพอใจของนักเรียนชั้นประถมศึกษา ปีที่ 4. *วารสารหน่วยวิจัยวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสิ่งแวดล้อมเพื่อการเรียนรู้*, 10(1), 94-112.
- ภิญโญ วงษ์ทอง, สมเสมอ ทักขิน และ ทศนัย สูงใหญ่. (2563). การพัฒนาความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ด้วยการจัดการเรียนรู้บูรณาการ สเต็มศึกษาสำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษา ปีที่ 1 ในโรงเรียนประถมศึกษาขนาดเล็ก. *วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม*, 14(3), 151-169.
- สมรัก อินทวิมลศรี. (2560). ผลของการใช้แนวคิดสะเต็มศึกษาในวิชาชีววิทยาที่มีต่อความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษา ปีที่ 4. *วารสารครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย*, 47(2), 410-429.
- สุภัค โอฬาริทธิกุล. (2561). STEAM EDUCATION: นวัตกรรมการศึกษาบูรณาการสู่การจัดการเรียนรู้. *วารสารวิจัยและพัฒนาหลักสูตร*, 9(1), 1-16.
- สุมินตรา จินเมือง และ ธิติยา บงกชเพชร. (2563). การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เรื่อง เสี่ยง เพื่อส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5. *วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา*, 31(1), 59-74.

- อารี พันธุ์มณี. (2557). *ฝึกให้คิดเป็นคิดอย่างสร้างสรรค์*. กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- เอกสิทธิ์ ชินทรภูมิ, มาเรียม นิลพันธุ์, อนิรุทธ์ สติมัน และ วิสูตร โพธิ์เงิน. (2564). การพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนตามแนวคิด STEAM เพื่อส่งเสริมทักษะการสร้างสรรค์นวัตกรรมทางเทคโนโลยีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษา. *วารสารวิจัยและพัฒนาหลักสูตร*, 11(1), 22–35.
- Aksorn Learnspace. (2017). *จาก STEM สู่ STEAM กับแผนปั้นผู้เรียนคุณภาพ*. Retrieved January 24, 2021, from <https://www.aksorn.com/stem>.
- All Education Schools. (n.d.). *Resources for Current & Future STEAM Educators*. Retrieved February 6, 2021, from <https://www.alleducationschools.com/resources/steam-education>.
- Shriki, A. (2010). Working like real mathematicians: developing prospective teachers' awareness of mathematical creativity through generating new concepts. *Educational Studies in Mathematics*, 73, 159–179.
- Yakman, G. (2008). *STEAM Education: an overview of creating a model of integrative education*. Retrieved February 4, 2021, from https://www.researchgate.net/publication/327351326_STEAM_Education_an_overview_of_creating_a_model_of_integrative_education.
- Yakman, G. (2010). *What is the Point of STEAM? A Brief Overview*. Retrieved February 6, 2021, from www.steamedu.com.