

ผลการใช้กิจกรรมสะเต็มศึกษาของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น

The Effects of Using STEM Education Activities for Junior High School Students

ดร.จันทร์ ตียะวงศ์^{1*} อิดารัตน์ สมานพันธ์^{2**}

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีจุดประสงค์ เพื่อ 1) เพื่อศึกษาการจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษาเรื่องปริมาตร 2) เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อน และหลังการจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษากับเกณฑ์ 75% และ 3) เพื่อศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อกิจกรรมสะเต็มศึกษา กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นของโรงเรียนหนองนกเขียนสามัคคี ตำบลภูหลวง อำเภอปักธงชัย จังหวัดนครราชสีมา ที่กำลังศึกษาในภาคเรียนที่ 2 ปี การศึกษา 2560 โดยสุ่มแบบแบ่งชั้น (Stratified Random Sampling) จำนวน 60 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ประกอบด้วย แผนการจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษาเรื่องปริมาตร แบบสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่มีค่าความตรง (Validity) ตั้งแต่ 0.50-1.00 และมีค่าความเที่ยงที่ใช้สูตรของ Lovett มีค่าเท่ากับ 0.82 แบบประเมินความพึงพอใจที่มีต่อกิจกรรมสะเต็มศึกษามีค่าความเที่ยง (Reliability) โดยใช้สูตรสัมประสิทธิ์แอลฟา (Coefficient Alpha) ของ Cronbach มีค่าเท่ากับ 0.86 แบบตรวจชิ้นงาน แบบสัมภาษณ์และแบบสังเกตชั้นเรียน แบบการวิจัยเป็นแบบกลุ่มเดียววัดหลังสอนเทียบกับเกณฑ์ (One Group Posttest Design) สถิติที่ใช้คือร้อยละ ค่าเฉลี่ยเลขคณิต ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และการทดสอบ ค่าที (t-dependent)

ผลการวิจัยพบว่า

1. กิจกรรมสะเต็มศึกษา เรื่องปริมาตร 5 ชั้นคือ; 1) นำเสนอปัญหาปลายเปิด; 2) แก้ปัญหารายเดี่ยวและกลุ่ม ; 3) นำเสนอ; 4) ประเมินชิ้นงานโดยเพื่อน และ; 5) สรุปและสะท้อนผล
 2. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังการทำกิจกรรมสะเต็มศึกษาสูงกว่าเกณฑ์75%อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05
 3. ความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษา เรื่องปริมาตร ในระดับมากที่สุด
- คำสำคัญ: กิจกรรมสะเต็มศึกษา , ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และ ความพึงพอใจ

ABSTRACT

The purposes of this research were: 1) to study STEM Education activities ; 2) to compare the learning achievement between post test and 75% criteria ; and 3) to study the student satisfaction towards STEM Education activities. The sampling group of this study consisted of 60 students studying

¹ คณะศึกษาศาสตร์และศิลปศาสตร์ วิทยาลัยนครราชสีมา jtiyawong@gmail.com โทรศัพท์ 081-8735619

² โรงเรียนบุญวัฒนา E- mail : drtidarat@gmail.com Mobile : 081-8799479



in the second semester in academic year 2017 of junior students of Nongnogsamugkee school by stratified random sampling. The research instruments consisted of 2 STEM Education activity plans, an achievement test having its 0.50-1.00 content validity and 0.82 reliability calculated by Lovett formula, the student satisfaction form towards STEM Education activities with 0.86 reliability calculated by α Cronbach formula, the holistic Scoring rubrics for evaluating the students' tasks, interview form and the class observation form. This research was one group post-test design. The tools for data analysis were mean, standard deviation, t-test dependent.

The results were

1. The 5 steps of STEM Education activities were: 1) presenting the open-ended problem;
- 2) Problem Solving by individual and group; 3) presenting the tasks 4) peer evaluation; 5) conclusion and reflection.
2. The post test scores was significantly higher than 75% criteria.
3. The student satisfaction on STEM Education activities was in the highest level comparing with the interval criteria.

Keywords: STEM Education Activity, Learning Achievement, and Student Satisfaction

ความสำคัญและที่มาของปัญหาการวิจัย

พระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ 2542 (ฉบับปรับปรุง พุทธศักราช 2553) ในมาตรา 22 ระบุว่า “การจัดการศึกษาต้องยึดหลักว่า ผู้เรียนทุกคนมีความสามารถเรียนรู้และพัฒนาตนเองได้ และถือว่าผู้เรียนมีความสำคัญที่สุด กระบวนการจัดการศึกษาต้องส่งเสริมให้ผู้เรียนสามารถพัฒนาธรรมชาติและเต็มศักยภาพ” มาตรา 23 ที่ว่า “การจัดการศึกษา ทั้งการศึกษาในระบบ การศึกษานอกระบบและการศึกษาตาม อัจฉริยะ ต้องเน้นความสำคัญทั้งความรู้ คุณธรรม กระบวนการเรียนรู้และบูรณาการตามความ เหมาะสมของแต่ละระดับการศึกษา” และ มาตรา 24 “การจัดกระบวนการเรียนรู้ ให้สถานศึกษาและหน่วยงานที่เกี่ยวข้องดำเนินการ ดังต่อไปนี้ (1) จัดเนื้อหาสาระและกิจกรรมให้สอดคล้องกับความสนใจและความถนัดของผู้เรียน โดย คำนึงถึงความแตกต่างระหว่างบุคคล (2) ฝึกทักษะ กระบวนการคิด การจัดการ การเผชิญสถานการณ์ และการประยุกต์ความรู้มาใช้เพื่อป้องกันและแก้ไขปัญหา (3) จัดกิจกรรมให้ผู้เรียนได้เรียนรู้จากประสบการณ์จริง ฝึกการปฏิบัติให้ทำได้ คิดเป็น ท า เป็น รักการอ่านและเกิดการใฝ่รู้อย่างต่อเนื่อง (4) จัดการเรียนการสอนโดยผสมผสานสาระความรู้ด้านต่าง ๆ อย่างได้สัดส่วนสมดุลกัน รวมทั้งปลูกฝังคุณธรรม ค่านิยมที่ดีงามและคุณลักษณะอันพึงประสงค์ไว้ในทุกวิชา (5) ส่งเสริมสนับสนุนให้ผู้สอนสามารถจัดบรรยากาศ สภาพแวดล้อม สื่อการเรียน และ อำนวยความสะดวกเพื่อให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้และมีความรอบรู้ รวมทั้งสามารถใช้การวิจัยเป็นส่วนหนึ่งของ กระบวนการเรียนรู้ ทั้งนี้ ผู้สอนและผู้เรียนอาจเรียนรู้ไปพร้อมกัน จากสื่อการเรียนการสอนและแหล่งวิทยาการ ประเภทต่าง ๆ (6) จัดการเรียนรู้ให้เกิดขึ้นได้ทุกเวลาทุกสถานที่ มีการประสานความร่วมมือกับบิดามารดา ผู้ปกครอง และบุคคลในชุมชนทุกฝ่าย เพื่อร่วมกันพัฒนาผู้เรียนตามศักยภาพ ” อีกทั้งยังสอดคล้องกับ คณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน (2551) ได้กล่าวถึงความสำคัญของวิชาคณิตศาสตร์ไว้ว่า คณิตศาสตร์มีบทบาทสำคัญยิ่งต่อการพัฒนา ความคิดมนุษย์ทำให้นุษย์มีความคิดสร้างสรรค์ คิดอย่างมีเหตุผล เป็นระบบ มีแบบแผน สามารถ วิเคราะห์ปัญหาหรือสถานการณ์ได้อย่างถ่องรอบคอบ ช่วยให้คาดการณ์วางแผน



ตัดสินใจ แก้ปัญหา และนำไปใช้ในชีวิตประจำวันได้อย่างถูกต้องเหมาะสม นอกจากนี้คณิตศาสตร์ยังเป็น เครื่องมือในการศึกษาทางด้านวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและศาสตร์อื่น ๆ คณิตศาสตร์จึงมีประโยชน์ ต่อการดำเนินชีวิต ช่วยพัฒนาคุณภาพชีวิตให้ดีขึ้น และสามารถอยู่ร่วมกับผู้อื่นได้อย่างมีความสุข

โดยสะเต็มศึกษา คือ แนวทางการจัดการศึกษาที่บูรณาการความรู้ใน 4 สหวิทยาการ ได้แก่ วิทยาศาสตร์(S) เทคโนโลยี(T) กระบวนการทางวิศวกรรม(E) และคณิตศาสตร์(M) โดยเน้นการนำความรู้ไปใช้แก้ปัญหาในชีวิตจริง รวมทั้งการพัฒนากระบวนการหรือผลผลิตใหม่ ที่เป็นประโยชน์ต่อการดำเนินชีวิต และการทำงาน ช่วยให้นักเรียนสร้างความเชื่อมโยงระหว่าง 4 สหวิทยาการ กับชีวิตจริงและการทำงาน การจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาเป็นการจัดการเรียนรู้ที่ไม่เน้นเพียงการท่องจำทฤษฎีหรือกฎทางวิทยาศาสตร์ และคณิตศาสตร์ แต่เป็นการสร้างความเข้าใจทฤษฎีหรือกฎเหล่านั้นผ่านการปฏิบัติให้เห็นจริงควบคู่กับการพัฒนาทักษะการคิด ตั้งคำถาม แก้ปัญหาและการหาข้อมูลและวิเคราะห์ข้อค้นพบใหม่ๆ พร้อมทั้งสามารถนำข้อค้นพบนั้นไปใช้หรือบูรณาการกับชีวิตประจำวันได้ การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มมีลักษณะ 5 ประการได้แก่ (1) เป็นการสอนที่เน้นการบูรณาการ (2) ช่วยนักเรียนสร้างความเชื่อมโยงระหว่างเนื้อหาวิชาทั้ง 4 กับชีวิตประจำวันและการทำงาน (3) เน้นการพัฒนาทักษะในศตวรรษที่ 21 (4) ทำทลายความคิดของนักเรียนและ (5) เปิดโอกาสให้นักเรียนได้แสดงความคิดเห็น และความเข้าใจที่สอดคล้องกับเนื้อหาทั้ง 4 วิชา

สะเต็มศึกษาเกิดที่ประเทศสหรัฐอเมริกาที่ได้ประสบปัญหาเรื่อง ผลการทดสอบ PISA ของสหรัฐอเมริกา ที่ต่ำกว่าหลายประเทศ และส่งผลต่อขีดความสามารถด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี และวิศวกรรม ดังนั้นรัฐบาลจึงมีนโยบาย ส่งเสริมการศึกษาโดยพัฒนา STEM Education ขึ้นมา เพื่อหวังว่าจะช่วยยกระดับผลการทดสอบ PISA (Program for International Student Assessment) และ TIMSS การทดสอบด้านคณิตวิทยาศาสตร์ระดับสากล (Trends in International Mathematics and Science Study)ให้สูงขึ้น และจะเป็นแนวทางหนึ่งในการส่งเสริมทักษะที่จำเป็นสำหรับผู้เรียนในศตวรรษที่ 21 (21st Century skills) เช่น 1) ด้านปัญญา ผู้เรียนสามารถเข้าใจเนื้อหา 2) ด้านทักษะการคิด ผู้เรียนสามารถพัฒนาทักษะการคิด โดยเฉพาะการคิดขั้นสูง เช่น การคิดวิเคราะห์ การคิดสร้างสรรค์ ฯลฯ 3) ด้านคุณลักษณะ ผู้เรียนสามารถมีทักษะการทำงานกลุ่มทักษะการสื่อสารที่มีประสิทธิภาพ

จุดประสงค์ของการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา คือ ส่งเสริมให้ผู้เรียนรักและเห็นคุณค่าของการเรียนวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ และเห็นว่าวิชาเหล่านั้นเป็นเรื่องใกล้ตัวที่สามารถนำมาใช้ได้ทุกวัน เกิดการบูรณาการมีระดับการบูรณาการที่อาจเกิดขึ้นในชั้นเรียนสะเต็มศึกษาสามารถแบ่งได้เป็น 4 ระดับ ได้แก่ การบูรณาการภายในวิชา (disciplinary), การบูรณาการแบบพหุวิทยาการ (multidisciplinary integration), การบูรณาการแบบสหวิทยาการ (interdisciplinary integration) และ การบูรณาการแบบข้ามสาขาวิชา (transdisciplinary integration)

ครูผู้สอนจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา อาจกำหนดปัญหาปลายเปิด ให้นักเรียนหาวิธีการแก้ปัญหาเอง ทั้งนี้ ในการกำหนดกรอบของปัญหาให้นักเรียนศึกษานั้น ครูต้องคำนึงถึงสิ่งที่เกี่ยวข้อง 3 อย่างกับการเรียนรู้ของนักเรียน ได้แก่ (1) ปัญหาหรือคำถามที่นักเรียนสามารถหาคำตอบหรือวิธีการตอบได้อย่างหลากหลาย (2) วัดตัวชี้วัดในรายวิชาต่างๆ ที่เกี่ยวข้องในกิจกรรมที่จัด และ (3) ส่งเสริมความรู้เดิมของนักเรียนให้นำมาเชื่อมโยงแก้ปัญหาได้ จะเห็นว่า การจัดการเรียนรู้แบบ Problem -Based Learning และ Active Learning เป็นหลักของการจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษา โดยมีแนวทางการวัดผลประเมินผลกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาตามสภาพจริง (Authentic Assessment) มีการประเมินการออกแบบและชิ้นงาน รวมทั้งทักษะสำคัญของการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 เช่น การแก้ปัญหา (Problem Solving) ทักษะการคิดวิเคราะห์วิจารณ์ (critical thinking) ทักษะด้าน



คอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร (Computing and ICT Literacy) การคิดสร้างสรรค์ (creative thinking) การทำงานร่วมกันเป็นทีม (collaboration) และ การสื่อสารและนำเสนอ (communication and presenting) ทักษะความเข้าใจในความต่างวัฒนธรรม (Cross-Cultural Understanding) และทักษะการมีคุณธรรมเมตตา กรุณา มีระเบียบวินัย (Compassion) หรือคุณลักษณะที่พึงประสงค์นั่นเอง

ประเทศไทยการจัดการศึกษาแบบบูรณาการที่เน้นให้ความสำคัญกับวิชา วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์อย่างเท่าเทียมกัน หรือสะเต็มศึกษา (STEM Education) เป็นรูปแบบการจัดการศึกษาที่ตอบสนองต่อการเตรียมคนไทยรุ่นใหม่ใน ศตวรรษที่ 21 เพราะธรรมชาติของทั้ง 4 วิชานี้ ส่งเสริมให้ผู้เรียนมีความรู้ความสามารถที่จะดำรงชีวิตได้ดีและมีคุณภาพในโลกของศตวรรษที่ 21 ที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว มีความเป็น โลกาภิวัตน์ที่ตั้งอยู่บนฐานความรู้และเต็มไปด้วยความก้าวหน้าทางเทคโนโลยี อีกทั้งยังเป็นวิชาที่มี 2 ความสำคัญกับการเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันทางเศรษฐกิจ การพัฒนาชีวิต และความ มั่งคั่งของประเทศได้นอกจากนี้สะเต็มศึกษายังเป็นการจัดการศึกษาที่สามารถพัฒนาให้ผู้เรียนนำความรู้ทุกแขนงทั้งด้านความรู้ ทักษะการคิด และทักษะอื่น ๆ มาใช้ในการแก้ปัญหา การค้นคว้า สร้าง และพัฒนาคิดค้นสิ่งต่าง ๆ ในโลกปัจจุบัน การเน้นความเข้าใจอย่างลึกซึ้ง การมีส่วนร่วมของ ผู้เรียนกับข้อมูลเครื่องมือทางเทคโนโลยี การสร้างความยืดหยุ่นในเนื้อหาวิชา ความท้าทาย ความ สร้างสรรค์ ความแปลกใหม่ และการแก้ปัญหาอย่างมีความหมายของสะเต็มศึกษาจะเป็นแนวทางหนึ่งที่จะทำให้เยาวชนไทยรุ่นใหม่เกิดการเรียนรู้และอยู่ในโลกแห่งอนาคตได้อย่างแท้จริง (พรทิพย์ ศิริภัทราชัย. 2556: 55)

จากปัญหาและความสำคัญข้างต้น ผู้วิจัยได้สนใจศึกษาผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา (STEM Education) ซึ่งเป็นการจัดการเรียนการสอนที่ใช้ขั้นตอน 5 ขั้นตอน โดยใช้ปัญหาปลายเปิดเป็นค่านำกิจกรรมในการพัฒนานักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น และเลือกกลุ่มโรงเรียนหนองนกเขียนสามัคคี ตำบลภูหลวง อำเภอปักธงชัย จังหวัดนครราชสีมา ในการเป็นกลุ่มตัวอย่าง ให้มีความรู้ในเรื่องปริมาตร โดยการจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษานี้ การจัดกิจกรรมสะเต็มนี้จะมึ้นักศึกษาระดับปริญญาโท สาขาวิชาหลักสูตรและการเรียนการสอน คณะศึกษาศาสตร์และศิลปศาสตร์ วิทยาลัยนครราชสีมา จำนวน 15 คนเป็นผู้เตรียมอุปกรณ์ สังเกต และประสานงาน ให้งานดำเนินการสำเร็จด้วยดี และสามารถเป็นแนวทางในการพัฒนาการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาตอนต้นได้ในปัจจุบันอีกด้วย

วัตถุประสงค์การวิจัย

- 1) เพื่อศึกษาการจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษาเรื่องปริมาตร
- 2) เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังการจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษากับเกณฑ์ 75% และ
- 3) เพื่อศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อกิจกรรมสะเต็มศึกษา

คำถามวิจัย

1. จัดกิจกรรมสะเต็มศึกษาเรื่องปริมาตร เป็นอย่างไร
2. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังการจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษาเปรียบเทียบกับเกณฑ์ 75% จะสูงกว่าหรือไม่อย่างไร
3. ความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อกิจกรรมสะเต็มศึกษาจะอยู่ระดับใด



สมมติฐานการวิจัย

1. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังการจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษาจะสูงกว่าเกณฑ์ 75%
2. ความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อกิจกรรมสะเต็มศึกษาจะอยู่ระดับดีขึ้นไป

วิธีดำเนินการวิจัย

ประชากร นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นของกลุ่มโรงเรียนหนองนกเขียนสามัคคี ตำบลภูหลวง อำเภอปากช่อง จังหวัดนครราชสีมา ที่กำลังศึกษาในภาคเรียนที่ 2 ปี การศึกษา 2560

กลุ่มตัวอย่าง นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นของโรงเรียนหนองนกเขียนสามัคคี ตำบลภูหลวง อำเภอปากช่อง จังหวัดนครราชสีมา ที่กำลังศึกษาในภาคเรียนที่ 2 ปี การศึกษา 2560 โดยสุ่มแบบแบ่งชั้น (Stratified Random Sampling) จำนวน 60 คน

ตัวแปรที่ศึกษา ตัวแปรต้น การจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษาของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น
ตัวแปรตาม ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และ ความพึงพอใจ

นิยามศัพท์เฉพาะ

1. กิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา โดยใช้แนวคิด เรื่อง ปริมาตร หมายถึง การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาโดยใช้แนวคิด เรื่อง ปริมาตร โดยมีการบูรณาการใน 3 สาขาวิชา ได้แก่ วิชาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี คณิตศาสตร์ และใช้กระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม ผ่านการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ ปัญหาเป็นหลัก (Problem Based Learning) ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น ประกอบด้วย แผนการจัดการเรียนรู้จำนวน 3 แผน เวลา 12 ชั่วโมง
2. แบบสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนตามแนวสะเต็มศึกษาโดยใช้ แนวคิด เรื่อง ปริมาตร หมายถึง แบบทดสอบปรนัยที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น
3. ความสามารถในการเรียนรู้ หมายถึง คะแนนที่ได้จากการลงมือทำกิจกรรมการเรียนรู้ต่างๆและชิ้นงานด้วยตนเองตามแนวสะเต็มศึกษาโดยใช้แนวคิด เรื่อง ปริมาตร
4. ความพึงพอใจต่อกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาโดยใช้แนวคิด เรื่อง ปริมาตร หมายถึง คะแนนความพึงพอใจที่ทำแบบประเมินมาตราส่วนประมาณค่า(Rating Scale) หลังจากเมื่อสิ้นสุดการจัดกิจกรรม โดยมีเกณฑ์ดังนี้

ค่าเฉลี่ย 4.51 – 5.00 หมายถึง มีความพึงพอใจในระดับมากที่สุด

ค่าเฉลี่ย 3.51 – 4.50 หมายถึง มีความพึงพอใจในระดับมาก

ค่าเฉลี่ย 2.51 – 3.50 หมายถึง มีความพึงพอใจในระดับปานกลาง

ค่าเฉลี่ย 1.51 – 2.50 หมายถึง มีความพึงพอใจในระดับน้อย

ค่าเฉลี่ย 1.00 – 1.50 หมายถึง มีความพึงพอใจในระดับน้อยที่สุด

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. แผนการจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษาเรื่องปริมาตร
2. แบบสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
3. แบบประเมินความพึงพอใจที่มีต่อกิจกรรมสะเต็มศึกษา
4. แบบตรวจชิ้นงานเป็นแบบประเมินคุณภาพแบบองค์รวม (Holistic Scorn Rubrics) และ

5. แบบสังเกตชั้นเรียน

การเก็บรวบรวมข้อมูล

ตารางที่ 1 แบบแผนการทดลอง การทดลองกลุ่มเดียวที่มีการทดสอบหลังเรียนเทียบกับเกณฑ์ 75%

กลุ่ม	การสุ่มแบบแบ่งชั้น	ทดลอง	การทดสอบหลังเรียน (Posttest)
E	R	X	O ₁

ความหมายของสัญลักษณ์

R แทน การได้กลุ่มตัวอย่างมาโดยการสุ่มแบบแบ่งชั้น

X แทน การสอนโดยใช้กิจกรรมการเรียนรู้สะเต็มศึกษา 5 ชั้น เรื่อง ปริมาตร

O₁ แทน การเก็บรวบรวมข้อมูล/การทดสอบหลังเรียน Posttest

จากแบบการวิจัยข้างต้นได้ดำเนินการทดลองในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2560 ทำการทดลองเป็นเวลา 12 ชั่วโมง (ได้ทดลองใช้(try out)กิจกรรมการเรียนรู้สะเต็มศึกษา 5 ชั้นเรื่อง ปริมาตร นี้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 และ ปีที่3 ระดับละ30 คน โรงเรียนสุรารีวิทยา อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2559 เพื่อหาความเป็นไปได้ (Feasibility) ของการจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษา และหาคุณภาพเครื่องมือ ที่แบบสอวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน มีค่าความตรง IOC ตั้งแต่ 0.5-1.0 และมีค่าความเที่ยงจากสูตรของ Lovett เป็น 0.84)

ในการนำกิจกรรมการเรียนรู้สะเต็มศึกษา 5 ชั้นเรื่อง ปริมาตร ลงภาคสนามกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น 60 คน โรงเรียนหนองนกเขียนสามัคคี ตำบลภูหลวง อำเภอปักธงชัย จังหวัดนครราชสีมา โดยมีลำดับขั้นตอนดังนี้

1. ขอความร่วมมือกับผู้บริหารโรงเรียนในการศึกษา ทดลอง และพัฒนา
2. พบอาจารย์ผู้สอนคณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์และคอมพิวเตอร์ของห้องที่จะทำการทดลองเพื่อชี้แจงรูปแบบงานศึกษาค้นคว้าและขอความร่วมมือในการสังเกตร่วมการทำกิจกรรมสะเต็มศึกษาของนักเรียน
3. ทำความเข้าใจกับนักเรียน กลุ่มตัวอย่างเป็นระยะเวลา 1 วัน อธิบายบทบาทนักเรียนและบทบาทครูในการทำกิจกรรมสะเต็มศึกษาเรื่องปริมาตร
4. ผู้วิจัยดำเนินการทดลองให้นักเรียนกลุ่มตัวอย่างเรียนโดยใช้กิจกรรมการเรียนรู้สะเต็มศึกษา 5 ชั้น สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น
5. เมื่อดำเนินการจัดกิจกรรมการเรียนรู้จนครบตามกำหนด ผู้วิจัยทำการทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์หลังเรียน (Post-test) กับนักเรียนที่เป็นกลุ่มตัวอย่าง
6. หลังจากทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเสร็จเรียบร้อยแล้ว ผู้วิจัยดำเนินการแจกแบบสอบถามความพึงพอใจในการเรียนรู้ เพื่อสำรวจความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ สะเต็มศึกษา 5 ชั้น
7. นำข้อมูลที่ได้จากการทดสอบไปทำการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติต่อไป

การวิเคราะห์ข้อมูล

แบบการวิจัยเป็นแบบกลุ่มเดียววัดหลังสอนเทียบกับเกณฑ์ (Posttest only design) ใช้สถิติคือร้อยละ ค่าเฉลี่ยเลขคณิต ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และการทดสอบค่าที (t-dependent)

ผลการดำเนินงาน

ตารางที่ 2 แสดงการเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยเลขคณิต (คะแนนเต็ม 20 คะแนน) ด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์กับเกณฑ์ 75% ในเรื่องปริมาตร

เรื่อง	N	X	S.D.	t
ปริมาตร	60	15.54	2.05	2.08*

* < .05

จากตารางที่ 2 พบว่าค่าเฉลี่ยเลขคณิตของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในเรื่องปริมาตร คือ ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ 75% อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ตารางที่ 3 ค่าเฉลี่ยของระดับความพึงพอใจต่อการจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษา (STEM EDUCATION) ในเรื่องปริมาตร

รายการ	ค่าเฉลี่ย	ความหมาย
1. เข้าใจในปัญหาปลายเปิด	4.40	มาก
2. สามารถค้นคว้าหาความรู้ประกอบได้	4.55	มากที่สุด
3. กิจกรรมสะเต็มมีหลากหลายเนื้อหาวิชา	4.14	มาก
4. กิจกรรมสะเต็มมีการประเมินอย่างหลากหลาย	4.46	มาก
5. กิจกรรมสะเต็มเน้นการลงมือปฏิบัติจริง	4.58	มากที่สุด
6. การตอบข้อซักถามในการทำกิจกรรมและการใช้คำถาม	4.76	มากที่สุด
7. กิจกรรมสะเต็มกระตุ้นให้คิด	4.98	มากที่สุด
8. ความพร้อมของวัสดุในการทำชิ้นงาน และอุปกรณ์วัสดุที่สมบูรณ์	4.86	มากที่สุด
9. ระยะเวลาในการจัดกิจกรรมสะเต็ม	4.66	มากที่สุด
10. กิจกรรมสะเต็มส่งเสริมการร่วมมือกันทำงาน	4.81	มาก
11. ความรู้ความเข้าใจในเรื่องปริมาตร ก่อนการจัดกิจกรรมสะเต็ม	3.37	น้อย
12. ความรู้ความเข้าใจในเรื่องปริมาตร หลังการจัดกิจกรรมสะเต็ม	4.32	มาก
13. สามารถนำความรู้ที่ได้รับจากการจัดกิจกรรมสะเต็มไปประยุกต์ใช้ได้	4.65	มากที่สุด
14. มีความมั่นใจและสามารถนำความรู้ที่ได้ไปแก้ปัญหาในสถานการณ์อื่นได้	4.55	มากที่สุด
15. สามารถนำความรู้ที่ได้ไปเผยแพร่หรืออธิบายถ่ายทอดได้	4.78	มากที่สุด
เฉลี่ยภาพรวม	4.52	มากที่สุด

จากตารางที่ 3 พบว่า ค่าเฉลี่ยของระดับความพึงพอใจต่อการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนสะเต็มศึกษา (STEM EDUCATION) เรื่องปริมาตร โดยภาพรวมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X} = 4.52$)

สรุปผลการวิจัย

1. กิจกรรมสะเต็มศึกษา เรื่องปริมาตรมี 5 ชั้นคือ 1) การนำเสนอปัญหาปลายเปิด 2) การแก้ปัญหารายเดี่ยวและกลุ่ม 3) การนำเสนอ 4) การประเมินชิ้นงานโดยเพื่อน และ 5) การสรุปและสะท้อนผล



2. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังการทำกิจกรรมสะเต็มศึกษาสูงกว่าเกณฑ์ 75% อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05
3. ความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษา เรื่อง ปริมาตร อยู่ในระดับมากที่สุด

อภิปรายผล

1. กิจกรรมสะเต็มศึกษา เรื่อง ปริมาตร ประกอบด้วย 5 ขั้นตอนได้แก่ 1) การนำเสนอปัญหาปลายเปิด 2) การแก้ปัญหารายเดี่ยวและรายกลุ่ม 3) การนำเสนอ 4) ประเมินชิ้นงานโดยเพื่อน และ 5) การสรุปและสะท้อนผล

โดยสังเคราะห์จากทฤษฎีและหลักการดังต่อไปนี้ 1) การเรียนโดยใช้ปัญหาเป็นหลัก 2) ทฤษฎีสร้างสรรค์ความรู้ 3) การสอนโดยเน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ 4) การสอนแบบโครงงาน 5) การเรียนโดยลงมือปฏิบัติเอง และ 6) ทฤษฎีการเรียนรู้แบบร่วมมือ กิจกรรมสะเต็มศึกษาที่สังเคราะห์ขึ้นและใช้สอนในเรื่องปริมาตรนี้ มีการส่งเสริมให้นักเรียนทำงานเป็นทีม โดยแบ่งกลุ่มแบบละความสามารถ นักเรียนได้ปฏิบัติกิจกรรมจริงด้วยตนเอง มีการอธิบายแสดงความคิดเห็นได้อย่างอิสระและแลกเปลี่ยนเรียนรู้อย่างมีความหมาย โดยมีครูไม่สอนก่อน แต่จะให้คำแนะนำเตรียมเอกสาร วัสดุอุปกรณ์ และใช้คำถาม (Questioning) กระตุ้นให้คิด สอดคล้องกับแนวคิดของ สสวท. (2557: 7 – 8) ที่กล่าวถึง สิ่งที่ครูควรคำนึงจากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบบูรณาการตามแนวสะเต็มศึกษาเพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุดแก่ผู้เรียน มีดังนี้ (1) จัดการเรียนรู้โดยเน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ (2) ส่งเสริมให้นักเรียนได้ร่วมทำงานกลุ่มด้วยตนเอง (3) จัดบรรยากาศในชั้นเรียนที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดความกล้าแสดงออก ได้แลกเปลี่ยนความคิดเห็นกับผู้อื่นในกลุ่มและในชั้น เรียนอย่างสม่ำเสมอ (4) ครูเป็นผู้โค้ชคอยให้คำแนะนำและอำนวยความสะดวกแก่นักเรียนในการปฏิบัติกิจกรรม

2. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังการทำกิจกรรมสะเต็มศึกษาสูงกว่าเกณฑ์ 75% อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 สาเหตุที่นักเรียนทำกิจกรรมสะเต็มศึกษาแล้วมีคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่าเกณฑ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 มาจากการทำกิจกรรมสะเต็มนั้น ครูได้ทบทวนความรู้เดิม ที่เป็นพื้นฐานของการทำกิจกรรมสะเต็มศึกษาเรื่องปริมาตร ได้แก่ เรื่อง การหาพื้นที่รูปเรขาคณิตต่างๆ การคำนวณหาอัตราส่วน การเปลี่ยนหน่วย การสืบค้นข้อมูล การออกแบบ การใช้โปรแกรม Geometer's Sketchpad โปรแกรมเพ้นท์ ใช้สื่อการสอนรูปจริงประกอบการทบทวน อธิบาย แล้วครูกำหนดปัญหาปลายเปิดที่ทำให้นักเรียนต้องสืบค้นตัดสินใจออกแบบ แก้ปัญหาและสรุปด้วยตนเองตามแนวทฤษฎีสร้างสรรค์นิยม (Constructivist Learning Theory) นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติเอง (Active Learning) แล้วนำมาอธิบายร่วมกับกลุ่ม เพื่อเลือกแนวทางประกอบชิ้นงานที่เป็นสิ่งประดิษฐ์ของกลุ่ม จากนั้นนำเสนอแบบ Gallery Walk และถูกประเมินโดยกลุ่มเพื่อน สุดท้ายครูและนักเรียนสรุปองค์ความรู้ร่วมกันในเรื่องปริมาตร และสะท้อนผลถึงสาเหตุที่งานเกิดผลสำเร็จ หรือมีอุปสรรคอย่างไร ทาวิธีแก้ปัญหาพร้อมกัน และให้แรงเสริมสำหรับชิ้นงานที่ได้รับรางวัลเป็น กลุ่มยอดเยี่ยม (Super Team) กลุ่มดีมาก (Great Team) และกลุ่มดี (Good Team) จะเห็นได้ว่าแนวการจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษานี้ยึดหลัก การเรียนโดยใช้ปัญหาเป็นหลัก (Problem Based Learning) และการเรียนแบบโครงงาน (Project Based Learning) ที่เน้นเป็นโครงงานสิ่งประดิษฐ์ สอดคล้องกับแนวคิดของ มิทเชลล์เจ นาทาน (Mitchell J. Nathan. 2013) สมาคมเทคโนโลยีและวิศวกรรม (International Technology and Engineering Educators Association. 2014) และ สสวท. (2557: 4 – 6) กล่าวว่า การจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาเป็นการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการใน 4 สาขาวิชา ได้แก่ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ซึ่งการจัดการเรียนรู้ในลักษณะนี้จำเป็น ต้องให้ผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติ ได้ทำงานกลุ่ม อภิปราย และสื่อสารเพื่อนำเสนอผลงาน ซึ่งได้มีการ ศึกษามาแล้วว่าสามารถส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ที่ลึกซึ้งยิ่งขึ้น หรือ Deeper Learning ได้แก่ การเรียนรู้ที่เตรียมความพร้อมผู้เรียนใน 5 ด้านสำคัญ ได้แก่ 1) การทำความเข้าใจเนื้อหาแกนหลัก



ทางวิชาการได้อย่างดี 2) การคิดวิเคราะห์วิจารณ์และการแก้ปัญหาที่ซับซ้อน 3) การทำงานร่วมกันเป็นกลุ่ม 4) การสื่อสารอย่างมีประสิทธิภาพ และ 5) การเป็นผู้ริเริ่มและรับคำวิพากษ์วิจารณ์ได้อย่างดี อ้างถึงใน เปรียบฟ้า ด้วงนุ่น (2560) และยังสอดคล้องกับพลศักดิ์ แสงพรหมศรี ประสาท เนืองเฉลิม และ ปิยะเนตร จันทรธิระติกุล (2557) ทำวิจัยเรื่องการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะกระบวนการทาง วิทยาศาสตร์ และเจตคติต่อการเรียนเคมี ของนักเรียนชั้น มัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษากับแบบปกติ พบว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษา มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ชั้นสูง และเจตคติต่อการเรียนเคมี หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

3. ความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษา เรื่องปริมาตร ในระดับมากที่สุด

จากบรรยากาศในการทำกิจกรรมสะเต็มศึกษาเรื่องปริมาตร ที่สนุก ทำหาย และมีความมั่นใจในการลงมือ ทำกิจกรรมด้วยตนเอง โดยมีการสอดแทรกคำถาม (Questioning) เป็นระยะ นักเรียนมีความภาคภูมิใจในการสร้างและ ประกอบชิ้นงาน มีการแลกเปลี่ยนความคิดกับกลุ่ม ได้เกิดการใช้ความคิดอย่างมีวิจารณญาณในการตัดสินใจเลือกและ ระบุเหตุ ผลที่เลือกวิธีทางที่จะสร้างงานของกลุ่ม นักเรียนเห็นคุณค่าของตนเอง (Self Esteem) ที่มีส่วนช่วยกลุ่ม ดำเนินการทำชิ้นงานจนสำเร็จ จึงทำให้นักเรียนมีความพึงพอใจในระดับมากที่สุดในกิจกรรมสะเต็มที่จัดขึ้น และจาก การสัมภาษณ์ถึงความพึงพอใจในกิจกรรมสะเต็มศึกษาในครั้งนี้พบว่านักเรียนไม่เคยเรียนกับกิจกรรมแนวนี้มาก่อน ทำให้ตื่นเต้น ได้ความรู้มากในหลายวิชา เป็นการเรียนรู้ที่สนุกทำกิจกรรมด้วยความเพลิดเพลิน มีความพอใจอยากเรียนแบบ นี้่อีกในเนื้อหาอื่นๆทั้งคณิตศาสตร์ คอมพิวเตอร์และวิทยาศาสตร์ สอดคล้องกับผลงานวิจัยของนัสนรินทร์ ปือชา (2557) เรื่องผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา (STEM Education) ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา ความสามารถในการแก้ปัญหาและความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่พบว่า นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษามีคะแนนพัฒนาการ ร้อยละ 41.03 อยู่ในระดับต้น ร้อยละ 30.77 อยู่ในระดับปานกลาง ร้อยละ 20.51 อยู่ในระดับสูง และร้อยละ 7.69 อยู่ในระดับสูงมาก นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ ทางการเรียนชีววิทยาความสามารถในการแก้ปัญหา หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระดับ .05 และนักเรียนมีความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา (STEM Education) อยู่ในระดับมาก

ข้อเสนอแนะ

การนำไปใช้ประโยชน์

1. ได้แนวทางการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาสำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษา ตอนต้น
2. นักเรียนเห็นประโยชน์ และคุณค่าของคณิตศาสตร์ที่มีต่อวิชาอื่น ๆ จากการทำกิจกรรมสะเต็มศึกษา
3. นักเรียนสามารถนำคณิตศาสตร์ไปประยุกต์ใช้ในสถานการณ์อื่นๆได้

1. ข้อเสนอแนะทั่วไป

- 1.1 สิ่งสำคัญในการจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษาต้องทบทวนความรู้พื้นฐานเดิม
- 1.2 การใช้คำถาม (Questioning) เป็นระยะเป็นการกระตุ้นการคิดของนักเรียน
- 1.3 สถานการณ์กำหนดปัญหาปลายเปิด สำคัญมากเป็นตัวนำการทำกิจกรรม
- 1.4 ควรเน้นการสอนเป็นทีมจากคณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์และคอมพิวเตอร์

2. ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยครั้งต่อไป

- 2.1 ควรมีการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา สำหรับนักเรียนระดับชั้นอื่น ๆ
- 2.2 ควรมีการศึกษาผลด้านอื่นเช่นกระบวนการ และคุณลักษณะที่พึงประสงค์ จากการจัดกิจกรรมสะเต็ม



- 2.3 ควรมีการศึกษาเกี่ยวกับด้านการพัฒนาหลักสูตรอบรมเรื่องการจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษาในโรงเรียน
- 2.4 ควรมีการศึกษาเกี่ยวกับSTEAM Education ที่บูรณาการวิชาศิลปะเข้ามาเพิ่มอีกหนึ่งรายวิชา

เอกสารอ้างอิง

- กิตติชัย สุชาลีโนบล. (2557). การศึกษาแบบสะเต็ม. สารานุกรมศึกษาศาสตร์. 49: 81 – 94.
- จำรัส อินทลาภาพร; และคนอื่น ๆ. (2558). การศึกษาแนวทางการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็ม ศึกษาสำหรับผู้เรียนระดับประถมศึกษา. สืบค้นเมื่อ 27 มกราคม 2559, จาก <https://www.tci-thaijo.org/index.php/Veridian-E-Journal/article/viewFile/29290/30066>.
- ปิยะนารถ เหมวิเศษ. (2551). การสร้างกิจกรรมการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ที่เลือกใช้กลยุทธ์ในการแก้ปัญหาที่หลากหลายเพื่อเสริมสร้างความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3. ปริญญาโท กศ.ม. (คณิตศาสตร์). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัยมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- พรทิพย์ ศิริภัทราชัย. (2556, เมษายน – มิถุนายน). STEM Education กับการพัฒนาในศตวรรษที่ 21. วารสารนักษิบริหาร Executive Journal. 33(2): 49 – 56.
- พลศักดิ์ แสงพรหมศรี ;ประสาธน์ เนิ่งเฉลิม และปิยะเนตร จันทร์ ธิระติกุล. (2558, เมษายน). การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูงและเจตคติต่อการเรียนเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้สะเต็ม ศึกษา กับแบบปกติ. วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม. 9: 401 – 415.
- นัสรีนทร์ ป้อชา. (2557). ผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา (STEM Education) ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา ความสามารถในการแก้ปัญหาและความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 หลักสูตรปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัยมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.
- เป็รียบฟ้า ด่วนุ่ม. (2560). กิจกรรมการเรียนรู้ ตามแนวสะเต็มศึกษาโดยใช้ แนวคิดเรื่อง พาราโบลา สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 หลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาคณิตศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัยมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.). (2555). ครูคณิตศาสตร์มืออาชีพ เส้นทางสู่ความสำเร็จ. กรุงเทพฯ: 3 – คิว มีเดีย.
- (2557). สะเต็มศึกษา (STEM Education). สืบค้นเมื่อ 27 มกราคม 2559, จาก www.stemedthailand.org
- สิรินภา กิจเกื้อกุล. (2558, เมษายน – มิถุนายน). สะเต็มศึกษา (STEM Education). วารสาร ศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร. 17(2): 201 – 203.
- สุพรรณณี ชาญประเสริฐ. (2557, มกราคม – กุมภาพันธ์). สะเต็มศึกษากับการจัดการเรียนรู้ใน ศตวรรษที่ 21. นิตยสาร สสวท. 42(186): 3 – 5.
- Holmquist, S.K. (2014). A Multi – Case Study of Student Interactions with Educational Robots and Impact on Science, Technology, Engineering, and Math (STEM) Learning and Attitudes. Dissertation for the degree of Doctor of Philosophy: University of South Florida.

Koehler, C., Faraclas, E., Giblin, D., Moss, D., and Kazerounian, K. (2013). The Nexus between science literacy and technical literacy : a state by state analysis of engineering content in state science standards. *Journal of STEM Education*. 14(3): 5 – 12.

Lantz, Hays B. (2009). Science, Technology, Engineering and Mathematics (STEM) Education What Form? What Function. Retrieved January 27, 2016, from [www.currtechintegrations.com/pdf/STEM Education Article](http://www.currtechintegrations.com/pdf/STEM%20Education%20Article.pdf).

Illinois Mathematics and Science Academy. (2001). Introduction to Problem Based Learning. Retrieved October 27, 2016, from <http://pbln.imsa.edu/model/intro/index.html>.

Mitchell, J.N. (2013). Save the Penguins: Integrated STEM Education Unit. STEM Education Workshop at IPST. January.

Robert, A. (2013). STEM is here. Now what? *Technology and Engineering Teacher*, September, 22 – 27.