การพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เรื่อง ทฤษฎีบทพีทาโกรัส โดยใช้การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนบางเลนวิทยา

The Development of Mathematics Achievement in Pythagorean Theorem by integrated STEM education of students in Mathayomsukasa 2 of Banglane Wittaya School

เจษฎา ชวนะไพศาล (Jetsada Chawanapaisarn)[*]
พินดา วราสุนันท์ (Pinda Varasunun)[**]
สามารถ อรัญนารถ (Samart Arunyanart)[***]

บทคัดย่อ

การวิจัยในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เรื่อง ทฤษฎีบทพีทาโกรัส โดยใช้การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนบางเลนวิทยา โดยมีวัตถุประสงค์ย่อย 3 ประการ คือ 1) เปรียบเทียบความรู้วิชาคณิตศาสตร์เรื่องทฤษฎีบทพีทาโกรัสโดยใช้การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาก่อนเรียนและหลังเรียน 2) ศึกษาทักษะสะเต็มศึกษาเรื่องทฤษฎีบทพีทาโกรัสโดยใช้การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา และ 3) ศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา กลุ่มตัวอย่างคือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2/3 โรงเรียนบางเลนวิทยา จำนวน 25 คน ด้วยการสุ่มแบบแบ่งกลุ่ม (Cluster Sampling) โดยห้องเรียนเป็นหน่วยสุ่ม เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วย แบบสอบปรนัย แผนการจัดการเรียนรู้ แบบประเมินทักษะสะเต็มศึกษาและแบบสอบถามความพึงพอใจ วิเคราะห์ข้อมูลด้วยค่าเฉลี่ย, ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน, t-test แบบ Dependent และการวิเคราะห์เนื้อหา (Content Analysis) ผลการวิจัยสรุปได้ดังนี้ 1) นักเรียนมีความรู้วิชาคณิตศาสตร์เรื่องทฤษฎีบทพีทาโกรัส โดยใช้การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 2) ทักษะสะเต็มศึกษาเรื่องทฤษฎีบทพีทาโกรัส โดยใช้การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาของนักเรียนจากการประเมินตนเองและครูประเมินอยู่ในระดับปานกลาง ทั้งนี้นักเรียนเห็นว่าปัญหาอุปสรรคในการพัฒนาความสามารถด้านทักษะสะเต็มศึกษาอันดับแรก คือ เวลาไม่เพียงพอ รองลงมาคือ นักเรียนไม่ตั้งใจฟังครู ไม่ตั้งใจ

[*] หลักสูตรศึกษาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการเรียนรู้ คณะศึกษาศาสตร์และพัฒนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน
Bachelor of Education Program in Learning Management, Faculty of Education and development sciences, Kasetsart University Kamphaeng Saen Campus.
[**] ภาควิชาครุศึกษา คณะศึกษาศาสตร์และพัฒนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน
Department of Teacher Education, Faculty of Education and development sciences, Kasetsart University Kamphaeng Saen Campus.
[***] โรงเรียนบางเลนวิทยา
Banglane Wittaya School.

Veridian E-Journal, Silpakorn University
ISSN 1906 - 3431

เรียนและเกิดจากความเกียจคร้านของตนเอง 3) ผลการศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาในภาพรวมความพึงพอใจอยู่ในระดับมาก

Abstract

This study focuses on the development of students' mathematics achievement in Pythagorean Theorem by integrated STEM education in Mathayomsuksa 2 students of Banglane Wittaya School. The objectives of this study are 1) to compare students' knowledge of Pythagoras's theorem by teaching integrated STEM education with before and after teaching. 2) to investigate STEM education in Pythagorean theorem through the integrated STEM teaching ,and 3) to study the student satisfaction on integrated STEM education. Participants include a number of 25 students by Cluster Sampling in Mathayom 2/3 of Banglane Wittaya School. The observation data are collected through objective test, lesson plan, and evaluation of STEM skills and student satisfaction, which are subsequently scrutinized with statistical analysis, standard deviation, dependent t-test and content analysis. Significantly, the research finding reveals that 1) students who experience integrated STEM education in class have a better understanding in Pythagorean Theorem than prior to having been taught by this method at the statistically significant level of .01 2) students' STEM skill in Pythagorean theorem evaluated by the students themselves and the teacher is fair. It is believed that this might be a result of some difficulties in STEM skill development including insufficient time, students' lack of interest and laziness, respectively, and 3) the student satisfaction on integrated STEM education is generally excellent.

บทนำ

ตามที่พระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ.2542 แก้ไขเพิ่มเติม (ฉบับที่ 3) พ.ศ.2553 มาตรา 22 ระบุว่า การจัดการศึกษาต้องยึดหลักว่าผู้เรียนทุกคนมีความสามารถเรียนรู้และพัฒนาตนเองได้ และถือว่าผู้เรียนมีความสำคัญที่สุดกระบวนการจัดการศึกษาต้องส่งเสริมให้ผู้เรียนพัฒนาตามธรรมชาติและเต็มศักยภาพ และมาตรา 24 ระบุว่าการจัดเนื้อหาสาระกิจกรรมให้สอดคล้องกับความสนใจและความถนัดของผู้เรียนโดยคำนึงถึงความแตกต่างระหว่างบุคคล ผู้เรียนต้องฝึกทักษะกระบวนการคิด การจัดการและประยุกต์นำความรู้ไปใช้ในชีวิตประจำวันเพื่อไปสู่เป้าหมายของการเป็นคนเก่ง ดี และมีความสุข รวมถึงมาตรา 66 ได้กำหนดจุดมุ่งหมายของการจัดการศึกษาที่มีใจความสำคัญว่า ผู้เรียนมีสิทธิได้รับการพัฒนาขีดความสามารถในการใช้เทคโนโลยีเพื่อการศึกษา เพื่อให้มีความรู้และทักษะเพียงพอที่จะใช้เทคโนโลยีเพื่อการศึกษาในการแสวงหาความรู้ด้วยตนเองได้อย่างต่อเนื่องตลอดชีวิต จึงสามารถสรุปได้ว่า การจัดการเรียนรู้นั้นควรมุ่งเน้นให้ผู้เรียนลงมือปฏิบัติจริงด้วยการบูรณาการศาสตร์ด้านต่างๆและใช้เทคโนโลยีในการแสวงหาความรู้ผ่านการฝึกฝนทักษะเพื่อนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวัน

ปัจจุบันนี้โลกของเรามีการพัฒนาไปอย่างรวดเร็วทั้งด้านองค์ความรู้ใหม่ตลอดจนเทคโนโลยีและการสื่อสาร บทบาทของครูผู้สอนจึงต้องมีการพัฒนากระบวนการจัดการเรียนรู้ให้มีความทันสมัยและพัฒนาศักยภาพของผู้เรียนให้เหมาะสมกับยุคปัจจุบัน ดังเช่นที่ พรทิพย์ ศิริภัทราชัย (2556: 55) กล่าวว่า ปัจจุบันเกิดการไหลบ่าของข่าวสารข้อมูลวิทยาการด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ดังนั้นการเตรียมผู้เรียนให้มีทักษะที่จำเป็นสามารถดำรงชีวิตในสังคมโลกที่มีการเปลี่ยนแปลงและพร้อมที่จะเผชิญหน้ากับสภาพสังคมเศรษฐกิจและเทคโนโลยีในอนาคตนั้น กลยุทธ์ของการพัฒนาชาติแนวทางหนึ่งคือ การจัดการศึกษาแบบบูรณาการที่เน้นให้ความสำคัญกับวิชาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์และคณิตศาสตร์อย่างเท่าเทียมกันหรือ STEM Education ซึ่งเป็นแนวทางการจัดการเรียนรู้ที่มีการบูรณาการวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรม และคณิตศาสตร์โดยที่การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาจะต้องมีการบูรณาการพฤติกรรมที่ต้องการหรือคาดหวังให้เกิดขึ้นกับผู้เรียนเข้ากับการเรียนรู้เนื้อหาด้วย พฤติกรรมเหล่านี้รวมถึงการกระตุ้นให้เกิดความสนใจในการสืบเสาะหาความรู้ การสำรวจตรวจสอบ การคิดอย่างมีเหตุมีผลในเชิงตรรกะ รวมถึงทักษะของการเรียนรู้หรือการทำงานแบบร่วมมือ (สุพรรณี ชาญประเสริฐ, 2557: 3-5) ซึ่งจากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องทั้งในบริบทของต่างประเทศและในไทยพบว่า มีการนำแนวคิดสะเต็มศึกษามาใช้กันอย่างแพร่หลาย เช่น งานวิจัยของ Diana (2012: 2) ได้ศึกษาผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้บูรณาการวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีวิศวกรรมและคณิตศาสตร์ผ่านการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานโดยให้ทำโครงงานในหัวข้อเรื่อง ดาวอังคารในจินตนาการ ผลการศึกษาพบว่าการจัดการเรียนรู้บูรณาการแนวคิด STEM ทำให้นักเรียนสามารถถ่ายโอนความรู้และทักษะสู่การแก้ปัญหาในชีวิตจริง ส่งเสริมแรงจูงใจในการเรียนรู้และมีผลทดสอบในวิชาวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์เพิ่มสูงขึ้นด้วย และในบริบทของต่างประเทศประยุกต์ใช้แนวคิดสะเต็มศึกษาในการพัฒนาทักษะการปฏิบัติงานโดยงานวิจัยของ Tseng และคณะ (2013: 87-102) ศึกษาเจตคติก่อนและหลังจากได้รับการจัดกิจกรรมโดยใช้โครงงานเป็นฐานที่บูรณาการแนวคิด STEM จากผู้ที่เริ่มทำงานใหม่ของสถาบันเทคโนโลยีในประเทศไต้หวัน จำนวน 5 แห่ง รวม 30 คน เครื่องมือที่ใช้เป็นแบบสอบถามและแบบสัมภาษณ์ ผลการศึกษาพบว่า กลุ่มตัวอย่างที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนด้วยโครงงานเป็นฐานบูรณาการแนวคิด STEM มีเจตคติต่อวิชาชีพวิศวกรรมเพิ่มสูงขึ้น ในส่วนบริบทของไทยนั้นมีงานวิจัยที่นำแนวคิดนี้มาใช้ในการจัดการเรียนรู้มากมาย เช่น นัสรินทร์ บือซา (2558: 5) ศึกษาผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา (STEM Education) ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา ความสามารถในการแก้ปัญหาและความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรูของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยาและความสามารถในการแกปัญหาหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระดับ .01 และนักเรียนมีความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรูตามแนวคิดสะเต็มศึกษา (STEM Education) อยู่ในระดับมาก เช่นเดียวกับ นงนุช เอกตระกูล (2558: 36) ศึกษาการพัฒนาการจัดการเรียนรู้แบบ STEM เพื่อเพิ่มผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการคิดแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ (CPS) ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ผลการวิจัยพบว่า คะแนนเฉลี่ยสูงกว่าก่อนที่ได้รับการเรียนรู้แบบ STEM Education และนอกจากนี้ พลศักดิ์ แสงพรมศรี (2558: ข) ศึกษาและเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการและเจตคติต่อการเรียนวิชาเคมี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษากับแบบปกติ ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษามีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการและเจตคติต่อการเรียนวิชาเคมีสูงกว่าการเรียนรู้แบบปกติ

Veridian E-Journal, Silpakorn University
ISSN 1906 - 3431

ตามที่กล่าวมาข้างต้นจึงสรุปได้ว่า การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษานั้นสามารถพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะกระบวนการและเจตคติของผู้เรียนโดยเป็นแนวคิดที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้จากการได้ลงมือฝึกปฏิบัติจริงและบูรณาการศาสตร์ด้านต่างๆ เพื่อนำไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันได้จริง ผู้วิจัยในฐานะครูผู้สอนวิชาคณิตศาสตร์ ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนบางเลนวิทยา จึงมีความสนใจที่จะนำแนวคิดสะเต็มศึกษามาประยุกต์ใช้ในการจัดการเรียนรู้เนื่องจากสภาพปัญหาด้านการจัดการเรียนการสอนที่ผ่านมามุ่งเน้นการบรรยายมากกว่าการจัดการเรียนการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญในการลงมือปฏิบัติจริง ผู้เรียนไม่สามารถนำเอาความรู้มาใช้ในชีวิตประจำวันได้ ขาดแรงจูงใจในการเรียน รวมทั้งเนื้อหาคณิตศาสตร์ในบางเรื่องมีเนื้อหาที่ค่อนข้างยากและมีความเป็นนามธรรมสูง ผู้วิจัยจึงสนใจที่จะประยุกต์ใช้แนวคิดสะเต็มศึกษามาพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ เรื่อง ทฤษฎีบทพีทาโกรัส (Pythagoras's Theorem) เนื่องจากเนื้อหาดังกล่าวมีความเหมาะสมในการบูรณาการเข้ากับศาสตร์อื่นและการที่นักเรียนได้ลงมือฝึกปฏิบัติจริงจะทำให้นักเรียนได้เข้าใจถึงทฤษฎีบทพีทาโกรัสมากขึ้น ส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์และแรงจูงใจต่อการเรียนคณิตศาสตร์ รวมถึงเป็นแนวทางในการพัฒนาการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาในปัจจุบัน

คำถามวิจัย

การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาสามารถพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เรื่อง ทฤษฎีบทพีทาโกรัส ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนบางเลนวิทยาได้หรือไม่ โดยมีคำถามวิจัยย่อย 3 ประการดังนี้

1. การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาสามารถพัฒนาความรู้วิชาคณิตศาสตร์เรื่องทฤษฎีบทพีทาโกรัสได้หรือไม่
2. ทักษะสะเต็มในวิชาคณิตศาสตร์เรื่อง ทฤษฎีบทพีทาโกรัส ของนักเรียนอยู่ในระดับใด
3. ความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาอยู่ในระดับใด

วัตถุประสงค์การวิจัย

เพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เรื่อง ทฤษฎีบทพีทาโกรัส โดยใช้การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนบางเลนวิทยา โดยมีวัตถุประสงค์ย่อย 3 ประการดังนี้

1. เพื่อเปรียบเทียบความรู้วิชาคณิตศาสตร์เรื่องทฤษฎีบทพีทาโกรัส โดยใช้การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาก่อนเรียนและหลังเรียน
2. เพื่อศึกษาทักษะสะเต็มศึกษาเรื่องทฤษฎีบทพีทาโกรัส โดยใช้การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา
3. เพื่อศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา

ขอบเขตของการวิจัย

เนื้อหาที่ใช้ในการศึกษา : วิชาคณิตศาสตร์พื้นฐาน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ภาคเรียนที่ 2 แต่เนื่องด้วยข้อจำกัดด้านระยะเวลา ผู้วิจัยจึงเลือกศึกษาเนื้อหาในหน่วยที่ 1 เรื่อง ทฤษฎีบทพีทาโกรัส เนื่องจากเนื้อหาดังกล่าวสามารถบูรณาการเข้ากับศาสตร์อื่นได้และการที่นักเรียนได้ลงมือฝึกปฏิบัติจริงจะทำให้นักเรียนได้เข้าใจถึงทฤษฎีบทพีทาโกรัสมากขึ้น

ตัวแปรที่ศึกษา ประกอบด้วยรายละเอียดดังนี้

1. ตัวแปรต้น ได้แก่ การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา (STEM Education)
2. ตัวแปรตาม ได้แก่

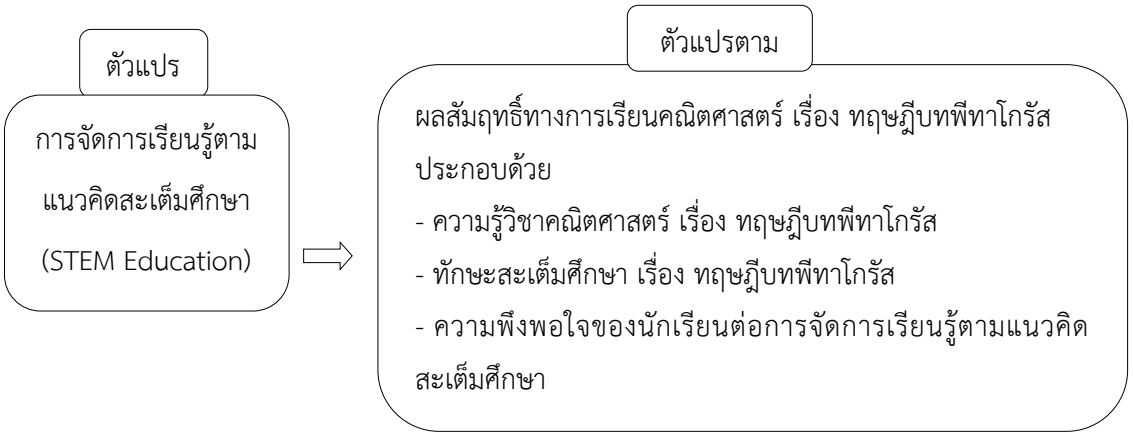
2.1 ความรู้วิชาคณิตศาสตร์เรื่องทฤษฎีบทพีทาโกรัส สามารถวัดได้จากแบบสอบปรนัยจำนวน 20 ข้อ

2.2 ทักษะสะเต็มศึกษา เรื่อง ทฤษฎีบทพีทาโกรัส หมายถึง ความสามารถของนักเรียนในการนำความรู้ทางคณิตศาสตร์เรื่อง ทฤษฎีบทพีทาโกรัส มาประยุกต์ใช้ออกแบบและสร้างผลงานโมเดลเครื่องร่อน โดยบูรณาการความรู้ทางด้าน STEM ประกอบด้วย 1) เนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์ เรื่อง ทฤษฎีบทพีทาโกรัส 2) เนื้อหาวิชาวิทยาศาสตร์ เรื่อง หลักการทางพลศาสตร์ แรงยก แรงดันอากาศ 3) เนื้อหาทางด้านเทคโนโลยีในการใช้สื่ออิเล็กทรอนิกส์สืบค้นข้อมูลเนื้อหาเพิ่มเติม และ 4) เนื้อหาทางด้านหลักการทางวิศวกรรมพื้นฐาน ได้แก่ ความแข็งแรง สามารถวัดได้จากแบบประเมินทักษะโดยผู้วิจัยประยุกต์ตามกรอบแนวคิดของ EU Skills Panorama (2015) ด้วยการบูรณาการศาสตร์ความรู้แบ่งออกเป็น 2 องค์ประกอบใหญ่ คือ 1) ด้านวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ (Science & Math) และ 2) ด้านวิศวกรรมและเทคโนโลยี (Engineering & Technology) โดยผู้วิจัยสร้างรายการประเมินทั้งหมด 9 รายการ แบ่งเป็นทักษะด้านวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ (Science & Math) จำนวน 4 รายการ และด้านวิศวกรรมและเทคโนโลยี (Engineering & Technology) 5 รายการ มีลักษณะเป็นเกณฑ์การให้คะแนนแบบแยกประเด็น (Rubric scoring) คะแนนเต็มรายการละ 3 คะแนน

2.3 ความพึงพอใจของนักเรียนต่อการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา สามารถวัดได้จากแบบสอบถาม จำนวน 10 ข้อ มีลักษณะเป็นมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) 5 ระดับ

ระยะเวลาที่ใช้ในการทดลอง : เป็นเวลา 3 สัปดาห์ จำนวนทั้งสิ้น 9 คาบเรียน

กรอบแนวคิดที่ใช้ในการวิจัย



Veridian E-Journal, Silpakorn University
ISSN 1906 - 3431

วิธีดำเนินการวิจัย

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2559 โรงเรียนบางเลนวิทยา อำเภอบางเลน จังหวัดนครปฐม จำนวน 2 ห้อง จัดห้องเรียนแบบคละความสามารถ (Cluster) กลุ่มตัวอย่างคือนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2/3 จำนวน 1 ห้อง นักเรียน 25 คน ซึ่งได้มาจากการสุ่มอย่างง่ายโดยการจับสลาก (Cluster random sampling)

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยและการตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือ

รายละเอียดเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ประกอบด้วย 4 ฉบับ คือ 1) แบบสอบ 2) แผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา 3) แบบประเมินทักษะสะเต็มศึกษา และ 4) แบบสอบถามความพึงพอใจของนักเรียนต่อการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. แบบสอบเพื่อวัดความรู้วิชาคณิตศาสตร์ เรื่อง ทฤษฎีบทพีทาโกรัส มีลักษณะเป็นปรนัยชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 30 ข้อ ผ่านการตรวจสอบคุณภาพด้านความตรงตามเนื้อหา (Content Validity) ด้านการสอนคณิตศาสตร์ การสอนวิทยาศาสตร์ การสอนเทคโนโลยี และการวิจัยทางการศึกษาจำนวน 5 ท่าน โดยข้อสอบมีค่า IOC ตั้งแต่ 0.80-1.00 และทำการปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ จากนั้นนำแบบทดสอบไปทดลองใช้กับนักเรียนที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง จำนวน 30 คน ค่าความเที่ยงแบบสอดคล้องภายในด้วยสูตรครอนบาคแอลฟา เท่ากับ 0.63 ค่าความยากที่อยู่ระหว่าง 0.2 – 0.8 และค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.20 ขึ้นไป ผ่านเกณฑ์ จำนวน 21 ข้อ คัดข้อสอบให้เหลือ 20 ข้อ โดยตัดข้อที่ความยาก อำนาจจำแนกอยู่ในเกณฑ์ต่ำสุดออกไป 1 ข้อ

2. แผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาที่ผ่านการตรวจสอบความเหมาะสมของแผนโดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน

3. แบบประเมินทักษะสะเต็มศึกษา เรื่อง ทฤษฎีบทพีทาโกรัส ผู้วิจัยประยุกต์ตามกรอบแนวคิดของ EU Skills Panorama (2015) ประกอบด้วยรายการประเมินทั้งหมด 9 รายการ แบ่งเป็นประเมินทักษะทางด้านวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ (Science & Math) จำนวน 4 รายการและประเมินทักษะด้านวิศวกรรมและเทคโนโลยี (Engineering & Technology) จำนวน 5 รายการ มีลักษณะเป็นเกณฑ์การให้คะแนนแบบแยกประเด็น (Rubric Scoring) ผ่านการตรวจสอบคุณภาพด้านความตรงตามเนื้อหา (Content Validity) ด้านการสอนคณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและการวิจัยทางการศึกษาจำนวน 5 ท่านโดยข้อสอบมีค่า IOC ตั้งแต่ 0.80-1.00 และทำการปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ จากนั้นตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือด้านความเที่ยงแบบ Inter Rater Reliability เพื่อวิเคราะห์ความสอดคล้องระหว่างผู้ให้คะแนนค่าความสัมพันธ์เท่ากับ 0.73 แสดงว่าการให้คะแนนมีความสอดคล้องกัน

4. แบบสอบถามความพึงพอใจของนักเรียนต่อการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา จำนวน 10 ข้อ มีลักษณะเป็นมาตรประมาณค่า 5 ระดับ ผ่านการตรวจสอบคุณภาพด้านความตรงตามเนื้อหา (Content Validity) ด้านการสอนคณิตศาสตร์ การสอนวิทยาศาสตร์ การสอนเทคโนโลยี และการวิจัยทางการศึกษาจำนวน 5 ท่าน โดยข้อสอบมีค่า IOC ตั้งแต่ 0.60-1.00

การเก็บรวบรวมข้อมูล

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยทำการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูลในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2559 โดยมีขั้นตอนการดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูล ดังนี้

1. ปฐมนิเทศ ชี้แจงวัตถุประสงค์ของการวิจัยให้นักเรียนทราบ และอธิบายถึงบทบาทหน้าที่ของนักเรียน

2. ดำเนินการทดสอบก่อนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง ทฤษฎีบทพีทาโกรัส จำนวน 20 ข้อ ใช้ระยะเวลา 50 นาที

3. ดำเนินการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง ทฤษฎีบทพีทาโกรัส โดยการจัดการเรียนรู้ตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่เตรียมไว้

4. ครู (ไม่ใช่ผู้วิจัย) ประเมินผลงานโมเดลเครื่องร่อนของนักเรียนด้วยแบบประเมินทักษะสะเต็มศึกษาภายในคาบเรียน และให้นักเรียนประเมินความสามารถของตนเอง

5. ดำเนินการทดสอบหลังการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง ทฤษฎีบทพีทาโกรัส จำนวน 20 ข้อ ใช้ระยะเวลา 50 นาที และประเมินความพึงพอใจของนักเรียนต่อการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาด้วยข้อมูลเชิงปริมาณและคุณภาพ

การวิเคราะห์ข้อมูลและการแปลผล

- วิเคราะห์ค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) t-test แบบ Dependent และการวิเคราะห์เนื้อหา (Content Analysis)

- เกณฑ์การแปลผลระดับคะแนนด้านทักษะสะเต็มศึกษา จากคะแนนเต็ม 3 คะแนน ดังนี้ (ทยณฐ ชวนไชยสิทธิ์ และคณะ, 2555)

คะแนนเฉลี่ย	2.34–3.00	หมายถึง	ระดับทักษะสะเต็มศึกษา สูง
คะแนนเฉลี่ย	1.67–2.33	หมายถึง	ระดับทักษะสะเต็มศึกษา ปานกลาง
คะแนนเฉลี่ย	1.00–1.66	หมายถึง	ระดับทักษะสะเต็มศึกษา ต่ำ

- เกณฑ์การแปลผลระดับความพึงพอใจของนักเรียนต่อการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ดังนี้ (บุญชม ศรีสะอาด, 2539)

คะแนนเฉลี่ย	4.51-5.00	หมายถึง	ระดับความพึงพอใจ	มากที่สุด
คะแนนเฉลี่ย	3.51-4.50	หมายถึง	ระดับความพึงพอใจ	มาก
คะแนนเฉลี่ย	2.51-3.50	หมายถึง	ระดับความพึงพอใจ	ปานกลาง
คะแนนเฉลี่ย	1.51-2.50	หมายถึง	ระดับความพึงพอใจ	น้อย
คะแนนเฉลี่ย	1.00-1.50	หมายถึง	ระดับความพึงพอใจ	น้อยที่สุด

ผลการวิจัย

ผลการวิจัยการพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เรื่อง ทฤษฎีบทพีทาโกรัส โดยใช้การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนบางเลนวิทยา ผู้วิจัยนำเสนอโดยแบ่งออกเป็น 3 ตอนใหญ่เพื่อตอบวัตถุประสงค์การวิจัย โดยมีรายละเอียดดังนี้

Veridian E-Journal, Silpakorn University
ISSN 1906 - 3431

ตอนที่ 1 ผลการพัฒนาความรู้วิชาคณิตศาสตร์เรื่องทฤษฎีบทพีทาโกรัส โดยใช้การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา

ผลการพัฒนาความรู้วิชาคณิตศาสตร์เรื่องทฤษฎีบทพีทาโกรัส โดยใช้การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา พบว่า นักเรียนมีความรู้วิชาคณิตศาสตร์เรื่องทฤษฎีบทพีทาโกรัสหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน โดยจากคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เรื่อง ทฤษฎีบทพีทาโกรัส ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ก่อนเรียนมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 5.88, SD = 2.27 หลังเรียนมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 10.64, SD = 1.97 เมื่อทดสอบความแตกต่างของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เรื่อง ทฤษฎีบทพีทาโกรัส ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา พบว่ามีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์หลังการจัดการเรียนรู้สูงกว่าก่อนการจัดการเรียนรู้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

ตารางที่ 1 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์เรื่องทฤษฎีบทพีทาโกรัสก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา

การทดสอบ	n	$\bar{X}$	S.D.	t-test	p-value
ก่อนเรียน	25	5.88	2.27	10.99**	.000
หลังเรียน	25	10.64	1.97		

**p<.01

ตอนที่ 2 ผลการศึกษาทักษะสะเต็มศึกษาเรื่องทฤษฎีบทพีทาโกรัส โดยใช้การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา

ผลการศึกษาทักษะสะเต็มศึกษาเรื่องทฤษฎีบทพีทาโกรัส โดยใช้การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา โดยให้ครูที่ไม่ใช่ครูผู้สอนประเมินความสามารถของนักเรียนและให้นักเรียนประเมินตนเองโดยครูประเมินในภาพรวมมีคุณภาพอยู่ในระดับปานกลาง ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.98, SD = 0.56 และเมื่อพิจารณาทักษะทางด้านสะเต็มศึกษาในแต่ละด้านพบว่า นักเรียนมีทักษะทางด้านวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์โดยรวมมีคุณภาพอยู่ในระดับ ปานกลางมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.95, SD = 0.48 ทักษะด้านวิศวกรรมและเทคโนโลยีโดยรวมมีคุณภาพอยู่ในระดับ ปานกลาง มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.02, SD = 0.63 เมื่อพิจารณาในแต่ละรายการพบว่า รายการที่มีค่าเฉลี่ยสูงสุด คือ การออกแบบโมเดลเครื่องร่อนโดยการวาดภาพตามแนวคิดของแต่ละกลุ่ม ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.70, SD = 0.61 รายการที่มีค่าเฉลี่ยต่ำที่สุด คือ การวิเคราะห์ผลการทดสอบโมเดลเครื่องร่อนตามหลักการทางวิทยาศาสตร์คณิตศาสตร์และวิศวกรรมศาสตร์ ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.30, SD = 0.40 ในส่วนของนักเรียนประเมินตนเอง โดยรวมมีคุณภาพอยู่ในระดับปานกลาง เท่ากับ 2.21, SD = 0.62 และเมื่อพิจารณาทักษะทางด้านสะเต็มศึกษาในแต่ละด้านพบว่า นักเรียนมีทักษะทางด้านวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ โดยรวมมีคุณภาพอยู่ในระดับปานกลาง มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.21, SD = 0.62 ทักษะด้านวิศวกรรมและเทคโนโลยี โดยรวมมีคุณภาพอยู่ในระดับปานกลาง มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.22, SD = 0.63 เมื่อพิจารณาในแต่ละรายการพบว่า รายการที่มีค่าเฉลี่ยสูงสุด คือ การนำความรู้ทางคณิตศาสตร์เรื่องทฤษฎีบทพีทาโกรัสและการคำนวณอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องมาใช้ในการออกแบบโมเดลเครื่องร่อน ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.48, SD = 0.58 รายการที่มีค่าเฉลี่ยต่ำที่สุด คือ สมาชิกในกลุ่มมีความรู้ในรายละเอียดของวัสดุที่เป็นส่วนประกอบของโมเดลเครื่องร่อน ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.88, SD = 0.60

เมื่อพิจารณาความสอดคล้องในการให้คะแนนระหว่างครูประเมินและนักเรียนประเมินตนเองนั้นพบว่าในภาพรวมมีความสอดคล้องกัน โดยค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เพียร์สัน เท่ากับ 0.717 มีความสัมพันธ์กันในทิศทางบวกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยภาพรวมการประเมินตนเองสอดคล้องกันสรุปได้ว่า ทักษะสะเต็มศึกษาภาพรวมอยู่ในระดับปานกลาง และเมื่อพิจารณาในรายการย่อยพบว่า ผลการประเมินด้านทักษะสะเต็มศึกษามีความสอดคล้องกันระหว่างครูประเมินและนักเรียนประเมินตนเอง ยกเว้นรายการประเมิน 2 ด้านที่ครูประเมินในระดับปรับปรุง แต่นักเรียนประเมินตนเองระดับปานกลาง ประกอบด้วย 1) ด้านการวิเคราะห์ผลการทดสอบโมเดลเครื่องร่อนตามหลักการทางวิทยาศาสตร์คณิตศาสตร์และวิศวกรรมศาสตร์ และ 2) สมาชิกในกลุ่มมีความรู้ในรายละเอียดของวัสดุที่เป็นส่วนประกอบชองโมเดลเครื่องร่อน และมี 1 รายการที่ครูประเมินอยู่ในระดับสูงแต่นักเรียนประเมินตนเองอยู่ในระดับปานกลาง คือ ด้านการออกแบบโมเดลเครื่องร่อนโดยการวาดภาพตามแนวคิดของแต่ละกลุ่ม รายละเอียดดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลการประเมินทักษะสะเต็มศึกษาเรื่องทฤษฎีบทพีทาโกรัส โดยใช้การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาโดยครูประเมินและนักเรียนประเมินตนเอง

รายการ	ครูประเมิน			นักเรียนประเมินตนเอง		
	$\bar{X}$	SD	ระดับคุณภาพ	$\bar{X}$	SD	ระดับคุณภาพ
ทักษะทางด้านวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ (Science & Math)						
1. การนำความรู้ทางวิทยาศาสตร์มาใช้ในการออกแบบโมเดลเครื่องร่อนในกิจกรรม Hang-gliding for Fun	1.80	0.25	ปานกลาง	2.16	0.55	ปานกลาง
2. การนำความรู้ทางคณิตศาสตร์เรื่องทฤษฎีบทพีทาโกรัสและการคำนวณอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องมาใช้ในการออกแบบโมเดลเครื่องร่อน	2.60	0.59	สูง	2.48	0.58	สูง
3. การดำเนินการทดสอบ ปรับปรุงแก้ไขและจดบันทึกผลการทดสอบโมเดลเครื่องร่อน	2.10	0.67	ปานกลาง	2.16	0.74	ปานกลาง
4. การวิเคราะห์ผลการทดสอบโมเดลเครื่องร่อนตามหลักการทางวิทยาศาสตร์คณิตศาสตร์และวิศวกรรมศาสตร์	1.30	0.40	ต่ำ	2.04	0.61	ปานกลาง
รวม	1.95	0.48	ปานกลาง	2.21	0.62	ปานกลาง
ทักษะด้านวิศวกรรมและเทคโนโลยี (Engineering & Technology)						
5. การสร้างโมเดลเครื่องร่อนโดยคำนึงถึงหลักการทางวิศวกรรมพื้นฐาน	1.70	0.61	ปานกลาง	2.32	0.47	ปานกลาง
6. การใช้อุปกรณ์ที่เป็นส่วนประกอบในการสร้างโมเดลเครื่องร่อนได้อย่างเหมาะสม	2.00	0.64	ปานกลาง	2.32	0.74	ปานกลาง

รายการ	ครูประเมิน			นักเรียนประเมินตนเอง		
	$\bar{X}$	SD	ระดับคุณภาพ	$\bar{X}$	SD	ระดับคุณภาพ
7. การออกแบบโมเดลเครื่องร่อนโดยการวาดภาพตามแนวคิดของแต่ละกลุ่ม	2.70	0.61	สูง	2.32	0.62	ปานกลาง
8. การใช้เทคโนโลยีในการสืบค้นข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการสร้างโมเดลเครื่องร่อน	2.10	0.50	ปานกลาง	2.28	0.73	ปานกลาง
9. สมาชิกในกลุ่มมีความรู้ในรายละเอียดของวัสดุที่เป็นส่วนประกอบของโมเดลเครื่องร่อน	1.60	0.81	ต่ำ	1.88	0.60	ปานกลาง
รวม	2.02	0.63	ปานกลาง	2.22	0.63	ปานกลาง
รวมทั้งหมด	**1.98**	**0.56**	**ปานกลาง**	**2.21**	**0.62**	**ปานกลาง**

ค่าความสัมพันธ์ของการให้คะแนนระหว่างครูและนักเรียนด้วยค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เพียร์สัน = 0.717*

ทั้งนี้ประเด็นที่ผลการประเมินทักษะมีคะแนนต่ำที่สุด คือ การวิเคราะห์ผลการทดสอบโมเดลเครื่องร่อนตามหลักการทางวิทยาศาสตร์คณิตศาสตร์และวิศวกรรมศาสตร์ เนื่องจากเวลาในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ไม่เพียงพอ และขณะที่นักเรียนทำการทดสอบโมเดลเครื่องร่อน ซึ่งจะต้องทดสอบการร่อนบริเวณนอกห้องเรียนนั้น เป็นกิจกรรมที่นักเรียนชื่นชอบจนนักเรียนหลายกลุ่มลืมวิเคราะห์ผลการทดสอบ ส่งผลต่อการอธิบายและบันทึกผลการทดสอบ เมื่อเวลาหมดจึงได้ข้อมูลเพียงแค่บางส่วนเท่านั้น ประกอบกับพฤติกรรมของสมาชิกภายในกลุ่มมีความคิดเห็นที่ไม่ตรงกันและไม่ช่วยกันทำงาน อุปกรณ์ไม่พร้อมเนื่องจากสมาชิกบางคนไม่เตรียมอุปกรณ์มาทำให้การดำเนินกิจกรรมล่าช้ากว่ากลุ่มอื่นๆ ตลอดจนเมื่อเข้าสู่กิจกรรมนักเรียนยังสับสนและขาดความชำนาญในการนำความรู้ไปใช้แก้ปัญหา รวมถึงประเด็นที่สมาชิกในกลุ่มมีความรู้ในรายละเอียดของวัสดุที่เป็นส่วนประกอบของโมเดลเครื่องร่อนนั้น มีความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงคุณภาพซึ่งนักเรียนให้เหตุผลว่าไม่มีความรู้เกี่ยวกับวัสดุที่เป็นส่วนประกอบและสมาชิกในกลุ่มไม่ค่อยให้ความร่วมมือ รายละเอียดดังข้อความบันทึก

“...บกพร่องการวิเคราะห์ผลการทดสอบ โมเดลเครื่องร่อน Hang-gliding ตามหลักการทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เพราะ ไม่มีเวลา เวลาไม่พอ คนในกลุ่มบางคนก็ไม่ช่วย ช่วยเป็นบางครั้ง พอทำเสร็จ เครื่องร่อนออกมาไม่ค่อยสมบูรณ์ก็ต้องแก้ไขให้มันร่อนได้...” (นักเรียนคนที่ 11, ข้อความบันทึก, 19/12/59)

“...สื่อสารกับเพื่อนในกลุ่มบกพร่อง เวลาน้อย เพื่อน ๆ ในสมาชิกกลุ่มไม่ค่อยสนใจ คำนวณพอไปได้ ไม่เข้าใจบ้างแต่ก็พอรู้ เวลาไปทำแล้ว งง...” (นักเรียนคนที่ 15, ข้อความบันทึก, 19/12/59)

“...สมาชิกมีความรู้ในรายละเอียดของวัตถุ ส่วนประกอบของโมเดล เพราะวัสดุหาได้ยากหาไม่ได้บ้าง อุปกรณ์ไม่พร้อม เพื่อนในกลุ่มไม่ค่อยช่วยคิด...” (นักเรียนคนที่ 13, ข้อความบันทึก, 19/12/59)

“...สมาชิกในกลุ่มไม่มีความรู้เกี่ยวกับวัสดุมากพอ และทำให้เครื่องร่อน ร่อนได้ไม่นาน เพราะ ความขี้เกียจบางครั้งความคิดของสมาชิกในกลุ่มไม่ตรงกันทำให้เกิดความสับสนต่อกัน ทำให้งานไม่เดิน งานไม่เสร็จ...”
(นักเรียนคนที่ 19, ข้อความบันทึก, 19/12/59)

"...สมาชิกในกลุ่มมีความรู้ในรายละเอียดของวัสดุที่เป็นส่วนประกอบของโมเดลเครื่องร่อน Hang-gliding เนื่องจากมีเวลาน้อย เลยทำให้งานล่าช้า เวลาทำงานเพื่อนบางคนไม่สามารถมาทำได้ผลงานออกมาได้อย่างที่เห็น..."
(นักเรียนคนที่ 25, ข้อความบันทึก, 19/12/59)

"...สมาชิกในกลุ่มมีความรู้ในรายละเอียดวัสดุที่เป็นส่วนประกอบของโมเดลเครื่องร่อนน้อย มีความบกพร่องเพราะมีเวลาการทำการร่อนหรือปรึกษากันในกลุ่มน้อย เพื่อนในกลุ่มไม่ร่วมมือกัน เพื่อนในกลุ่มไม่ปรึกษากัน เถียงกัน ปล่อยให้หัวหน้ากลุ่มทำคนเดียว..." (นักเรียนคนที่ 21, ข้อความบันทึก, 19/12/59)

นอกจากนี้ผู้วิจัยได้ดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลที่เป็นข้อมูลเชิงคุณภาพเกี่ยวกับปัญหาอุปสรรคในการพัฒนาความสามารถด้านทักษะสะเต็มศึกษาจากนักเรียนที่เป็นกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 25 คน พบว่า อุปสรรคที่สำคัญอันดับแรก คือ เวลาไม่เพียงพอ (f=33) รองลงมาคือ นักเรียนไม่ตั้งใจฟังครู ไม่ตั้งใจเรียนและเกิดจากความเกียจคร้านของตนเอง (f=19) และเพื่อนหยุดเรียน ไม่มาทำงาน เพื่อนไม่ช่วยงาน ไม่สนใจ และช่วยงานไม่เต็มที่ (f=16) รายละเอียดดังแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ความคิดเห็นของนักเรียนเกี่ยวกับปัญหาอุปสรรคในการพัฒนาความสามารถด้านทักษะสะเต็มศึกษา

ปัญหาอุปสรรคในการพัฒนาความสามารถด้านทักษะสะเต็มศึกษา	ความถี่
- เวลาไม่เพียงพอ	33
- นักเรียนไม่ตั้งใจฟังครู ไม่ตั้งใจเรียนและเกิดจากความเกียจคร้านของตนเอง	19
- เพื่อนหยุดเรียน ไม่มาทำงาน เพื่อนไม่ช่วยงาน ไม่สนใจ และช่วยงานไม่เต็มที่	16
- มีปัญหาในการสื่อสารภายในกลุ่ม ความคิดเห็นไม่ตรงกัน	8
- วัสดุอุปกรณ์ไม่พร้อม	8
- มีความรู้แต่ไม่ทราบว่าจะนำความรู้ไปใช้อย่างไร	4

หมายเหตุ : นักเรียน 1 คน สามารถตอบได้มากกว่า 1 ปัญหา

ตอนที่ 3 ผลการศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา

ผลการศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาในภาพรวมความพึงพอใจอยู่ในระดับมาก มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.22 โดยรายการที่มีค่าเฉลี่ยสูงที่สุด คือ ทำให้นักเรียนรู้สึกสนุกสนานกับการเรียนรู้รูปแบบนี้ ทำให้นักเรียนสามารถเชื่อมโยงความรู้หลายวิชาเข้าด้วยกันในการทำกิจกรรม Hang-gliding for Fun และทำให้นักเรียนได้เข้าใจถึงการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษามากขึ้น มีค่าเฉลี่ยเท่ากัน เท่ากับ 4.40 รองลงมาคือ ทำให้นักเรียนมีปฏิสัมพันธ์ที่ดีต่อกันระหว่างสมาชิกในกลุ่มและทำให้นักเรียนได้เห็นประโยชน์และคุณค่าของคณิตศาสตร์ต่อการนำไปใช้ทางด้านวิศวกรรมพื้นฐานและเทคโนโลยี เพื่อสร้างโมเดลเครื่องร่อน Hang-gliding มีค่าเฉลี่ยเท่ากัน เท่ากับ 4.24 รายการที่มีค่าเฉลี่ยความพึงพอใจต่ำที่สุด คือ ทำให้นักเรียนมีความตั้งใจเรียนวิชาคณิตศาสตร์มากขึ้น ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.00 รายละเอียดดังแสดงในตารางที่ 4

Veridian E-Journal, Silpakorn University
ISSN 1906 - 3431

ตารางที่ 4 ผลการศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา

รายการประเมิน	$\bar{X}$	SD	ระดับความพึงพอใจ
1. ทำให้นักเรียนรู้สึกชอบวิชาคณิตศาสตร์มากขึ้น	4.12	0.83	มาก
2. ทำให้นักเรียนมีความตั้งใจเรียนวิชาคณิตศาสตร์มากขึ้น	4.00	0.70	มาก
3. ทำให้นักเรียนได้รับความรู้และเข้าใจในเนื้อหาที่สอนเป็นอย่างดี	4.16	0.62	มาก
4. ทำให้นักเรียนรู้สึกสนุกสนานกับการเรียนรู้รูปแบบนี้	4.40	0.64	มาก
5. ทำให้นักเรียนได้เห็นคุณค่าของการเรียนคณิตศาสตร์ที่ใช้ในการแก้ปัญหาทางด้านวิทยาศาสตร์	4.08	0.64	มาก
6. ทำให้นักเรียนมีปฏิสัมพันธ์ที่ดีต่อกันระหว่างสมาชิกในกลุ่ม	4.24	0.83	มาก
7. ทำให้นักเรียนสามารถเชื่อมโยงความรู้หลายวิชาเข้าด้วยกันในการทำกิจกรรม Hang-gliding for Fun.	4.40	0.64	มาก
8. ทำให้นักเรียนได้เห็นประโยชน์และคุณค่าของคณิตศาสตร์ต่อการนำไปใช้ทางด้านวิศวกรรมพื้นฐานและเทคโนโลยี เพื่อสร้างโมเดลเครื่องร่อน Hang-gliding	4.24	0.66	มาก
9. ทำให้นักเรียนได้เข้าใจถึงการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษามากขึ้น	4.40	0.57	มาก
10. ทำให้นักเรียนสามารถนำความรู้ที่ได้รับไปประยุกต์ใช้กับการแก้ปัญหาที่สนใจหรือปัญหาในชีวิตประจำวันได้	4.20	0.70	มาก
รวม	**4.22**	**0.68**	**มาก**

สรุปและอภิปรายผล

1. ผลการวิจัยพบว่านักเรียนมีความรู้วิชาคณิตศาสตร์เรื่องทฤษฎีบทพีทาโกรัส โดยใช้การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 เป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้และสอดคล้องกับงานวิจัยของ นัสรินทร์ บือซา (2558: 5) ศึกษาผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา (STEM Education) ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยาความสามารถในการแก้ปัญหาและความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยาหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระดับ .01 เช่นเดียวกับ นงนุช เอกตระกูล (2558: 36) ศึกษาการพัฒนาการจัดการเรียนรู้แบบ STEM เพื่อเพิ่มผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการคิดแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ (CPS) ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ผลการวิจัยพบว่า คะแนนเฉลี่ยสูงกว่าก่อนที่ได้รับการเรียนรู้แบบ STEM Education รวมถึงงานวิจัยของพงศักดิ์ แสงพรมศรี (2558: ข) ที่ได้เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการและเจตคติต่อการเรียนวิชาเคมี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษากับแบบปกติ พบว่า นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษามีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 อย่างไรก็ตามแม้ว่าค่าเฉลี่ยหลังเรียนจะสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญ แต่หากพิจารณาค่าร้อยละพบว่านักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยอยู่ใน

ระดับ ร้อยละ 53.2 ซึ่งหากพิจารณาเทียบกับเกณฑ์โดยอิงจากแนวปฏิบัติการวัดและประเมินผลการเรียนรู้ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 แล้วพบว่าค่าเฉลี่ยหลังเรียนสูงขึ้นกว่าเกณฑ์ร้อยละ 50 เพียงเล็กน้อย ทั้งนี้หากพิจารณาจากบริบทของโรงเรียน สภาพนักเรียนและสภาพการจัดการเรียนการสอนของครูผู้สอนในโรงเรียนที่ผ่านมาตลอดจนพิจารณาจากคะแนนสอบกลางภาคและปลายภาคเรียนที่ 1 ของโรงเรียนที่ผ่านมาอยู่ในระดับร้อยละ 47.2 และร้อยละ 50 ตามลำดับ โดยพบว่าคะแนนเฉลี่ยนั้นไม่เกินร้อยละ 50 ทั้งสองครั้ง จึงสามารถสรุปได้ว่าการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาสามารถพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนให้สูงขึ้นได้ และซึ่งยังคงต้องได้รับการแก้ไขปรับปรุงและพัฒนาอย่างต่อเนื่องต่อไป

2. ทักษะสะเต็มศึกษาเรื่องทฤษฎีบทพีทาโกรัส โดยใช้การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาของนักเรียนจากการประเมินตนเองและครูประเมินอยู่ในระดับปานกลาง โดยรายการที่มีผลการประเมินอยู่ในระดับต่ำ คือ การวิเคราะห์ผลการทดสอบโมเดลเครื่องร่อนตามหลักการทางวิทยาศาสตร์คณิตศาสตร์และวิศวกรรมศาสตร์ ทั้งนี้เนื่องจากเวลาในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ไม่เพียงพอและขณะที่นักเรียนทำการทดสอบโมเดลเครื่องร่อน ซึ่งจะต้องทดสอบการร่อนบริเวณนอกห้องเรียนนั้น เป็นกิจกรรมที่นักเรียนชื่นชอบจนนักเรียนหลายกลุ่มลืมวิเคราะห์ผลการทดสอบ ส่งผลต่อการอธิบายและบันทึกผลการทดสอบ เมื่อเวลาหมดจึงได้ข้อมูลเพียงแค่บางส่วนเท่านั้น ประกอบกับพฤติกรรมของสมาชิกภายในกลุ่มมีความคิดเห็นที่ไม่ตรงกันและไม่ช่วยกันทำงาน อุปกรณ์ไม่พร้อม โดยสอดคล้องกับข้อมูลเชิงคุณภาพซึ่งนักเรียนให้เหตุผลว่า มีเวลาในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ไม่เพียงพอ สมาชิกภายในกลุ่มมีความคิดเห็นที่ไม่ตรงกันและไม่ช่วยกันทำงาน อุปกรณ์ไม่พร้อมเนื่องจากสมาชิกบางคนไม่เตรียมอุปกรณ์มาทำให้การดำเนินกิจกรรมช้ากว่ากลุ่มอื่นๆ อีกทั้งนักเรียนยังสับสนกับการนำความรู้ไปใช้ในการแก้ปัญหาและสมาชิกในกลุ่มมีความรู้ในรายละเอียดของวัสดุที่เป็นส่วนประกอบของโมเดลเครื่องร่อนนั้นมีความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงคุณภาพซึ่งนักเรียนให้เหตุผลว่าไม่มีความรู้เกี่ยวกับวัสดุที่เป็นส่วนประกอบและสมาชิกในกลุ่มไม่ค่อยให้ความร่วมมือ นอกจากนี้การเก็บรวบรวมข้อมูลที่เป็นข้อมูลเชิงคุณภาพเกี่ยวกับปัญหาอุปสรรคในการพัฒนาความสามารถด้านทักษะสะเต็มศึกษาจากนักเรียนที่เป็นกลุ่มตัวอย่างพบว่า อุปสรรคสำคัญคือ เวลาไม่เพียงพอนั้นอาจเนื่องมาจากความสามารถด้านทักษะนั้นเป็นความสามารถขั้นสูงที่ต้องเกิดจากการบูรณาการองค์ความรู้สู่การฝึกปฏิบัติอย่างต่อเนื่องซึ่งต้องอาศัยระยะเวลาจึงจะก่อให้เกิดทักษะความชำนาญ สอดคล้องกับ อุบลรัตน์ เพ็งสถิต (2532) ได้กล่าวว่าทักษะการแก้ปัญหานักเรียนต้องฝึกฝนเรียนรู้อย่างต่อเนื่องเพราะทักษะการแก้ปัญหาเป็นความสามารถที่ประกอบด้วยหลาย ๆ ทักษะที่มีความซับซ้อนเข้าด้วยกันเป็นกระบวนการประยุกต์ใช้ความรู้ที่ได้รับมาก่อนเพื่อมาปรับใช้กับสถานการณ์ใหม่ที่ไม่คุ้นเคย เป็นการประสานกันระหว่างความรู้ความเข้าใจ ประสบการณ์เดิม เจตคติ ความเชื่อและความสามารถต่าง ๆ รวมถึงการมีความมั่นใจในตนเอง จึงจะทำให้ประสบความสำเร็จในการแก้ปัญหาได้ และสอดคล้องกับ ฉันทนา ภาคบงกช (2528: 51, 55 อ้างถึงใน ดวงพร อิ่มแสงจันทร์, 2554: 316) ที่กล่าวว่า การสอนให้นักเรียนรู้จักแก้ปัญหาบรรลุจุดมุ่งหมายถึงขั้นนำไปใช้ในชีวิตประจำวันได้นั้นมิใช่สิ่งที่ทำได้ง่าย ๆ ควรต้องใช้วิธีการฝึกฝนทางด้านความคิดหรือการอภิปรายโดยใช้ความคิดระดับสูงและที่สำคัญคือการที่นักเรียนมีความรู้แต่นำความรู้ที่มีนั้นไปใช้ได้ไม่ถูกต้องและเหมาะสม โดยเป็นผลเกี่ยวเนื่องมาจากปัญหาด้านเวลาที่ไม่เพียงพอในการฝึกฝนทักษะต่าง ๆ ด้วยเหตุผลดังกล่าวข้างต้นจึงอาจส่งผลให้นักเรียนมีทักษะสะเต็มศึกษาอยู่ในระดับปานกลาง

3. ความพึงพอใจของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาวิชาคณิตศาสตร์เรื่อง ทฤษฎีบทพีทาโกรัสอยู่ในระดับมากขึ้นไปซึ่งเป็นไปตามสมติฐานที่ตั้งไว้ อาจเนื่องมาจากการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษามุ่งเน้นให้นักเรียนได้เรียนรู้เนื้อหารายวิชาคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์ รวมไปถึงความรู้ด้านเทคโนโลยีและวิศวกรรมศาสตร์พื้นฐานใน

Veridian E-Journal, Silpakorn University
ISSN 1906 - 3431

เชิงทฤษฎีเชื่อมโยงไปสู่การนำความรู้ต่าง ๆ ไปใช้ในภาคปฏิบัติเพื่อให้สอดคล้องกับปัญหาที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวันหรือปัญหาที่นักเรียนสนใจ ผ่านกิจกรรมการเรียนรู้ที่นักเรียนได้เป็นผู้ลงมือปฏิบัติด้วยตนเองจนเกิดการเรียนรู้ สอดคล้องกับงานวิจัยของนัสรินทร์ บือซา (2558: 5) ได้ศึกษาผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา (STEM Education) ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา ความสามารถในการแก้ปัญหาและความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่พบว่า นักเรียนมีความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา (STEM Education) อยู่ในระดับมาก เช่นเดียวกับพลศักดิ์ แสงพรมศรี (2558: ข) ศึกษาและเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการและเจตคติต่อการเรียนวิชาเคมี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษากับแบบปกติ ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษามีเจตคติต่อการเรียนวิชาเคมีสูงกว่าการเรียนรู้แบบปกติ

ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะสำหรับการนำผลการวิจัยไปใช้

1. บทบาทของครูผู้สอนควรเตรียมตัวและศึกษาข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาอย่างลึกซึ้ง ตลอดจนการวางแผนในการจัดการเรียนการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ โดยให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติเองจากประเด็นปัญหาที่ผู้เรียนสนใจ อยากที่จะเรียนรู้และแก้ปัญหานั้น ๆ ซึ่งจะส่งผลไปสู่การให้ความร่วมมือในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ โดยครูผู้สอนเป็นเพียงผู้ให้คำปรึกษา คอยอำนวยความสะดวกและแนะนำในการแก้ปัญหาให้กับนักเรียน และควรวางแผนแนวทางในการวัดและประเมินผลให้ครอบคลุมทักษะสะเต็มทั้ง 4 ด้านที่เกิดจากการเรียนรู้ตามแนวคิดดังกล่าว
2. ควรศึกษาสภาพความพร้อมและความรู้พื้นฐานของผู้เรียนโดยมีการวัดความรู้พื้นฐานของผู้เรียนก่อนเริ่มดำเนินการจัดการเรียนการสอนเพื่อเป็นแนวทางในการออกแบบการจัดการเรียนรู้ที่เหมาะสมทั้งกับความพร้อมของนักเรียนตลอดจนความพร้อมในบริบทด้านต่าง ๆ ของโรงเรียนนั้น ๆ ด้วย
3. จากผลการวิจัยในครั้งนี้พบว่า แม้ความรู้ของนักเรียนจะสูงขึ้นก็ตาม แต่ด้านทักษะนั้นยังเป็นประเด็นที่ต้องพัฒนาผู้เรียน ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากความสามารถด้านทักษะต้องใช้ระยะเวลาและความสามารถในการบูรณาการความรู้สู่การปฏิบัติอย่างแท้จริง ดังนั้นระยะเวลาในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาเป็นสิ่งที่ครูต้องพิจารณาให้เหมาะสมกับเนื้อหาสาระในการจัดกิจกรรม

ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยครั้งต่อไป

1. การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษามีเนื้อหาที่ต้องบูรณาการระหว่างศาสตร์ด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์และคณิตศาสตร์ ดังนั้นในการวิจัยครั้งต่อไปควรมีการออกแบบการเรียนการสอนที่ใช้หลักการบูรณาการเนื้อหาวิชาร่วมกับครูผู้สอนในรายวิชาดังกล่าวด้วย เพื่อร่วมกันวางแผน ออกแบบเนื้อหาที่จะใช้ในการจัดการเรียนรู้ให้มีความสอดคล้องกันในทุก ๆ ด้าน ส่งผลให้ผู้เรียนได้รับประโยชน์จากการจัดการเรียนเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาอย่างแท้จริง
2. ผลการวิจัยพบว่า ทักษะการเรียนรู้ของผู้เรียนในการบูรณาการเนื้อหาด้านวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีค่อนข้างน้อย ดังนั้นควรมีการพัฒนากระบวนการจัดการเรียนการสอนเพื่อส่งเสริมทักษะดังกล่าวให้แก่ผู้เรียน
3. ควรมีการศึกษาถึงแนวปฏิบัติที่ดีหรือการถอดบทเรียนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มจากโรงเรียนที่ประสบความสำเร็จ เพื่อทราบถึงปัจจัยและแนวทางการจัดการเรียนการสอน การบริหารจัดการเพื่อให้ผู้เรียนบรรลุตามจุดมุ่งหมายที่วางแผนไว้

4. ควรมีการพัฒนาตัวบ่งชี้/แนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาที่ครูผู้สอนสามารถนำไปใช้เป็นแนวทางการวัดและประเมินผลผู้เรียนได้อย่างเหมาะสมและสอดคล้องตามสภาพจริง

เอกสารอ้างอิง

ภาษาไทย

ทยณฐ ชวนไชยสิทธิ์ และคณะ. (2555). “รูปแบบการเตรียมความพร้อมเพื่อเกษียณอายุงาน กรณีศึกษาครูโรงเรียนเอกชน จังหวัดนนทบุรี.” ปริญญามหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.

นงนุช เอกตระกูล. (2558). “การพัฒนาการจัดการเรียนรู้แบบ STEM เพื่อเพิ่มผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการคิดแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ (CPS) ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6.” งานวิจัยทางการศึกษา โรงเรียนอัสสัมชัญธนบุรี.

นัสรินทร์ บือซา. (2558). “ผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา (STEM Education) ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา ความสามารถในการแก้ปัญหาและความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5.” ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาการสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

บุญชม ศรีสะอาด. (2539). “การแปลผลเมื่อใช้เครื่องมือรวบรวมข้อมูลแบบมาตราส่วนประมาณค่า.” **การวัดผลการศึกษา มหาวิทยาลัยมหาสารคาม** 2 (1): 64-70.

พรทิพย์ ศิริภัทราชัย. (2556). STEM Education กับการพัฒนาทักษะในศตวรรษที่ 21. **วารสารนักบริหาร**, 33, 2 (เมษายน-มิถุนายน) : 49-56.

พลศักดิ์ แสงพรมศรี. (2558). “การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ และเจตคติต่อการเรียนวิชาเคมี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษากับแบบปกติ.” ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเคมีศึกษา มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.

สุพรรณี ชาญประเสริฐ. (2557). “สะเต็มศึกษากับการจัดการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21.” นิตยสาร สสวท.,42, 186 (มกราคม-กุมภาพันธ์): 3-5.

ดวงพร อิ่มแสงจันทร์. (2554). “การพัฒนาผลการเรียนรู้ เรื่อง หลักปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียงกับการพัฒนาเศรษฐกิจของประเทศและความสามารถในการแก้ปัญหาตามขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบโครงงานของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5” **Veridian E-Journal** 5, 2(พฤษภาคม-สิงหาคม): 305-321.

ภาษาต่างประเทศ

Diana, L.R. (2012). **Integrated STEM Education through Project-Based Learning**. (Online). Available from: http://www.rondout.k12.ny.us/common/pages/Display-File.aspx?itemId=16466975,22 August 2016.

EU Skills Panorama (2015). **STEM skills Analytical Highlight**. (Online). Available from:http://skillspanorama.cedefop.europa.eu/sites/default/files/EUSP_AH_STEM_0.pdf,28 September 2016.

Tseng, K., Chang, C., Lou, S. and Chen, W. (2011). Attitudes toward Science, Technology, Engineering and Mathematics (STEM) in a Project-based Learning (PjBL) Environment. **International Journal of Science and Mathematics Education**. *23*: 87–102.