

การจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาเพื่อส่งเสริมทักษะการคิดวิเคราะห์
และทักษะการคิดคำนวณวิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

STEM Education Learning Management for Encouraging Analytical Thinking Skills
and Computational Thinking Skills in Science for Matthayomsuksa 3 Students

Received: May 27, 2020
Revised: June 24, 2020
Accepted: June 29, 2020

วริษฐา ศรีจํานงค์*
Waritha Srichamnong
ศุภวรรณ เล็กวิไล**
Supawan Lekvilai
อภิชาติ พัยคณิน***
Apichart Payakkin

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ 1) เพื่อเปรียบเทียบทักษะการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ระหว่างก่อนเรียนกับหลังเรียน โดยใช้การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ตามแนวสะเต็มศึกษา 2) เพื่อเปรียบเทียบทักษะการคิดคำนวณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ระหว่างก่อนเรียนกับหลังเรียน โดยใช้การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ตามแนวสะเต็มศึกษา ประชากร ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 วิทยาลัยนาฏศิลป์ สังกัดสถาบันบัณฑิตพัฒนศิลป์ กระทรวงวัฒนธรรมปีการศึกษา 2562 จำนวน 676 คน กลุ่มตัวอย่างได้มาโดยการสุ่มแบบหลายขั้นตอน จำนวน 27 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย คือ แผนการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ตามแนวสะเต็มศึกษา แบบวัดทักษะการคิดวิเคราะห์ และแบบวัดทักษะการคิดคำนวณ สถิติที่ใช้ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และการทดสอบค่าที

ผลการวิจัยพบว่า

1) นักเรียนมีทักษะการคิดวิเคราะห์หลังได้รับการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ตามแนวสะเต็มศึกษา สูงกว่าก่อนได้รับการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ตามแนวสะเต็มศึกษาอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

* นักศึกษาปริญญาครุศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร

Master of Education Student Program in Curriculum and Instruction, Faculty of Education, Phranakhon Rajabhat University, Thailand

** อาจารย์ที่ปรึกษา รองศาสตราจารย์ ดร. ภาควิชาหลักสูตรและการสอน คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร

Advisor, Associate Professor Dr., Department of Curriculum and Instruction, Faculty of Education, Phranakhon Rajabhat University, Thailand

*** อาจารย์ที่ปรึกษา อาจารย์ ดร. ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทั่วไป คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร

Advisor, Lecturer Dr., Department of General Science, Faculty of Education, Phranakhon Rajabhat University, Thailand

Corresponding Author E-mail Address: warithasrichamnong@gmail.com

2) นักเรียนมีทักษะการคิดคำนวณหลังได้รับการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ตามแนวสะเต็มศึกษาสูงกว่าก่อนได้รับการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ตามแนวสะเต็มศึกษาอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

คำสำคัญ : สะเต็มศึกษา/ ทักษะการคิดวิเคราะห์/ ทักษะการคิดคำนวณ

Abstract

The purposes of this research were 1) to compare the analyzing thinking skills of 9th grade students after learning with science STEM education. 2) to compare the computational thinking skills of 9th grade students after learning with science STEM education. The samples of 27 students were drawn from 676 students of grade 9 enrolled at the college of dramatic arts of academic year 2019 with a Multi – stage sampling. The research instruments were the lesson plans for STEM education, the test for analyzing thinking skills and computational thinking skills. The statistic data were analyzed by using mean, standard deviation, dependent t-test.

The research findings indicated that:

1) The analytical thinking skills of 9th grade students after learning with science STEM education was higher than before learning with science STEM education at the statistical significance level of .05.

2) The computational thinking skills of 9th grade students after learning with science STEM education was higher than before learning with science STEM education at the statistical significance level of .05.

Keywords : STEM Education/ Analytical Thinking Skills/ Computational Thinking Skills

บทนำ

ความก้าวหน้าทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเป็นปัจจัยที่สำคัญต่อการเปลี่ยนแปลงทางด้านเศรษฐกิจและเป็นพื้นฐานที่สำคัญในการพัฒนาประเทศรัฐบาลจึงมีนโยบายในการพัฒนาบุคลากรในประเทศให้มีความสามารถทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมากขึ้นภายใต้กรอบประเทศไทย 4.0 เพื่อให้มีทักษะนำไปสู่ศตวรรษที่ 21 ซึ่งมุ่งเน้นให้นักเรียนมีความสามารถในการคิดวิเคราะห์ โดยการจัดการเรียนรู้ในยุคประเทศไทย 4.0 หรือยุคศตวรรษที่ 21 นั้นเป็นการจัดการเรียนรู้ที่เน้นการคิด การประดิษฐ์ การสร้างสิ่งใหม่และบูรณาการความรู้ที่มีอยู่เดิมกับความรู้ใหม่ (ทวีศักดิ์ จินดานุรักษ์ Jindaluk, 2017: 1-2) ซึ่งทักษะการคิดวิเคราะห์มีความสำคัญในการดำรงชีวิตในสังคมของไทยปัจจุบันเมื่อเราสามารถคิดวิเคราะห์ปัญหาได้อย่างชัดเจนการเลือกใช้วิธีการหรือกระบวนการในการแก้ปัญหาจะเกิดความถูกต้องและเหมาะสม (ไพฑูรย์ สินลารัตน์ Sinlaluk, 2014: 6-7) อีกหนึ่งวิชาที่มีความสำคัญและมีความเกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์นั้นคือวิชาคณิตศาสตร์ ซึ่งทักษะการคิดคำนวณเป็นทักษะพื้นฐานทางคณิตศาสตร์และเป็นสิ่งที่คนเราทุกคนจะต้องใช้ถึงแม้ว่าในยุคปัจจุบันจะมีเครื่องคิดเลข

.....
มาช่วยในการคิดเลขหลาย ๆ หลักแต่ควรฝึกวิธีการคิดคำนวณให้กับนักเรียนเพื่อให้ได้วิธีการหาคำตอบที่ง่ายขึ้น (The Mathematical Association of Thailand, 1994: 1-3) โดยในรายวิชาวิทยาศาสตร์ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 มีเนื้อหาที่ต้องอาศัยทักษะการคิดคำนวณเข้ามาเกี่ยวข้องด้วย อย่างเช่น การคำนวณหาผลลัพธ์ของแรงการคำนวณพลังงานไฟฟ้า เป็นต้น

จากข้อมูลทางสถิติทางด้านการศึกษากาพรรวมระดับประเทศ ผลคะแนนการสอบ PISA (Programme for International Student Assessment) ที่จัดขึ้นทุกๆ 3 ปี ซึ่งผลคะแนนของ PISA เป็นตัวบ่งชี้หนึ่งในการจัดลำดับความสามารถในการแข่งขันของประเทศ โดยประเทศไทยมีผลคะแนนในรายวิชาวิทยาศาสตร์ (Science Literacy) มีคะแนนต่ำกว่าเกณฑ์ 4 ปีซ้อนหลัง มีคะแนนอยู่ที่ 444, 425, 421, 429 จากปี พ.ศ. 2555, 2552, 2549 และ 2546 ตามลำดับ (The Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology, 2013: 14) และจากการศึกษาการจัดการเรียนรู้วิชาวิทยาศาสตร์ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 วิทยาลัยนาฏศิลปลพบุรี พบว่านักเรียนไม่สามารถวิเคราะห์โจทย์และขาดทักษะการคิดคำนวณโดยจะเห็นได้จากผลการทดสอบการศึกษาระดับชาติขั้นพื้นฐาน (O-NET) ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ทดสอบโดยสถาบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ (องค์การมหาชน) 3 ปีซ้อนหลัง คือ ปีการศึกษา 2559, 2560 และ 2561 ผลคะแนนเฉลี่ยอยู่ที่ 29.61, 30.36 และ 33.56 ตามลำดับซึ่งต่ำกว่ามาตรฐานขั้นต่ำคือ 50 รวมถึงจากการที่ผู้วิจัยได้จัดการเรียนรู้ภายในห้องเรียน โดยให้นักเรียนฝึกทำโจทย์ปัญหาในเรื่องที่มีการคำนวณเข้ามาเกี่ยวข้องเช่น เรื่องแรงและการเคลื่อนที่ ผลที่ได้คือนักเรียนไม่สามารถวิเคราะห์สิ่งที่โจทย์กำหนดและไม่สามารถแก้สมการได้ เนื่องจากวิทยาลัยนาฏศิลป สถาบันบัณฑิตพัฒนศิลป์ กระทรวงวัฒนธรรม เป็นสถานศึกษาที่เน้นเฉพาะทางพิเศษด้านวิชาชีพศิลปะที่ผู้เรียนมีความสนใจ ความสามารถและความถนัดเฉพาะด้าน วิทยาลัยนาฏศิลป์มีวิสัยทัศน์ทางด้านความเป็นเลิศทางด้านนาฏศิลป์และดนตรี มีการจัดการศึกษาด้านนาฏศิลป์และดนตรีระดับพื้นฐานจนถึงระดับอุดมศึกษา รวมถึงมีเป้าหมายในการพัฒนาผู้เรียนทางด้านวิชาการ ด้านนาฏศิลป์และดนตรี ทักษะการคิดวิเคราะห์และทักษะการคิดคำนวณของนักเรียนจึงได้รับการพัฒนาน้อย

จากการศึกษารูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่สามารถพัฒนาทักษะการคิดวิเคราะห์และทักษะการคิดคำนวณพบว่า มีอยู่หลายหลายวิธี เช่น การคิดโดยใช้ปัญหาเป็นฐาน เทคนิคการตั้งคำถาม เทคนิคการจัดกิจกรรมแบบหมวก 6 ใบ การจัดการเรียนรู้ตามวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้นตอน การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ การจัดการเรียนรู้ 4 MAT การจัดการเรียนรู้แบบบันได 5 ขั้น รวมถึงการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาที่มีผู้วิจัยหลายท่านนำไปพัฒนาทักษะการคิดวิเคราะห์และทักษะการคิดคำนวณ

การจัดการเรียนรู้แบบ STEM Education หรือสะเต็มศึกษา มีความเหมาะสมในการพัฒนาทักษะการคิดวิเคราะห์และทักษะการคิดคำนวณ เนื่องจากการนำเอาศาสตร์ทั้ง 4 ประกอบด้วย S หมายถึง Science หรือวิทยาศาสตร์ T หมายถึง Technology หรือเทคโนโลยี E หมายถึง Engineering หรือวิศวกรรมศาสตร์ และ M หมายถึง Mathematics หรือ คณิตศาสตร์ มาบูรณาการเข้าด้วยกัน สะเต็มศึกษาเป็นการจัดการเรียนรู้ที่จัดขึ้นเพื่อให้เด็กได้เรียนรู้ด้วยการลงมือทดลองปฏิบัติและเน้นการคิดเพื่อสร้างสรรค์ และแก้ปัญหาต่างๆ (วิศณีย์ อสรเสนา ณ อยุธยา Asorrasena na Ayuthaya, 2016: 2) นอกจากนี้แล้วสะเต็มศึกษายังเป็นการจัดการเรียนรู้ที่ทำให้นักเรียนเกิดพัฒนาการทางด้านปัญญา หมายถึง นักเรียนเข้าใจในเนื้อหาวิชา

.....
ด้านทักษะการคิด เช่น การคิดวิเคราะห์ การคิดสร้างสรรค์และด้านคุณลักษณะ หมายถึง นักเรียนมีทักษะการทำงานเป็นกลุ่ม ทักษะการสื่อสารที่มีประสิทธิภาพ (พรทิพย์ ศิริภัทราชัย Siripattachai, 2013: 50-51) ซึ่งจะเห็นได้จากงานวิจัยของ นูรอชีกิน สาและ (Sare, 2017: 42) ที่ได้ศึกษาผลของการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมีความสามารถในการคิดวิเคราะห์และความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ผลการวิจัยพบว่านักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน โดยก่อนเรียนมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 11.10 หลังเรียนมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 21.71 นักเรียนมีความสามารถในการคิดวิเคราะห์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน โดยก่อนเรียนมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 19.67 หลังเรียนมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 33.24 และนักเรียนมีความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาในระดับมาก

จากปัญหาและความสำคัญข้างต้น แสดงให้เห็นว่าการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา นักเรียนได้ใช้ความรู้ความสามารถทางวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ในการสร้างสรรค์ชิ้นงานเพื่อแก้ปัญหาต่าง ๆ ได้ในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยจึงได้นำการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ตามแนวสะเต็มศึกษาเป็นการจัดการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมทักษะการคิดวิเคราะห์และทักษะการคิดคำนวณ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 วิทยาลัยนาฏศิลปลพบุรี

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อเปรียบเทียบทักษะการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ระหว่างก่อนเรียนกับหลังเรียน โดยใช้การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ตามแนวสะเต็มศึกษา
2. เพื่อเปรียบเทียบทักษะการคิดคำนวณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ระหว่างก่อนเรียนกับหลังเรียน โดยใช้การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ตามแนวสะเต็มศึกษา

ขอบเขตของการวิจัย

การศึกษาในครั้งนี้ ผู้วิจัยได้กำหนดขอบเขตของการวิจัยได้ดังนี้

1. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

1.1. ประชากร คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 วิทยาลัยนาฏศิลป สังกัดสถาบันบัณฑิตพัฒนศิลป์ กระทรวงวัฒนธรรม 12 แห่ง 676 คน โดยทุกห้องมีลักษณะเหมือนกันคือมีการคลองชาย คละระดับสติปัญญา เก่ง ปานกลาง และอ่อน

1.2 กลุ่มตัวอย่าง คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 วิทยาลัยนาฏศิลปลพบุรี สังกัดสถาบันบัณฑิตพัฒนศิลป์ที่ทำการในปีการศึกษา 2562 จำนวน 27 คน ได้จากการสุ่มแบบหลายขั้นตอน โดยขั้นที่ 1 ใช้วิทยาลัยนาฏศิลปแต่ละแห่งเป็นหน่วยในการสุ่ม ขั้นที่ 2 ใช้ห้องเรียนเป็นหน่วยในการสุ่ม

2. ขอบเขตด้านเนื้อหาและตัวแปรที่ศึกษา

2.1 ขอบเขตด้านเนื้อหา คือ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ รายวิชา 23101 ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ประกอบด้วย 3 สาระการเรียนรู้ คือ สาระการเรียนรู้ที่ 2 ชีวิตกับสิ่งแวดล้อม สาระการเรียนรู้ที่ 4 แรงและการเคลื่อนที่ และสาระการเรียนรู้ที่ 5 พลังงาน

2.2 ขอบเขตด้านตัวแปร

ตัวแปรต้น ได้แก่ การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ตามแนวสะเต็มศึกษา

ตัวแปรตาม ได้แก่ 1) ทักษะการคิดวิเคราะห์ 2) ทักษะการคิดคำนวณ

วิธีดำเนินการวิจัย

1. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย เครื่องที่ใช้ในการวิจัย มี 2 ประเภท คือ

1.1 เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง ได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ตามแนวสะเต็มศึกษา ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 15 ชั่วโมง จำนวน 5 แผน ได้แก่

1. แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 ยานอวกาศจำลอง 3 ชั่วโมง
2. แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 รถพลังยาง 3 ชั่วโมง
3. แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 เรือบรรทุกสินค้า 3 ชั่วโมง
4. แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 วงจรส่องสว่าง 4 ชั่วโมง
5. แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5 สร้างบ้านด้วยขยะ 2 ชั่วโมง

ซึ่งประกอบด้วยการจัดการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน ที่ผู้วิจัยสังเคราะห์ขึ้น ได้แก่

1. ขึ้นกำหนดปัญหา
2. ขึ้นรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูล
3. ขึ้นวางแผนการดำเนินงาน
4. ขึ้นดำเนินงาน
5. ขึ้นนำเสนอชิ้นงาน

1.2 เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล ได้แก่

1.2.1 แบบวัดทักษะการคิดวิเคราะห์ แบบปรนัยชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 20 ข้อ

1.2.2 แบบวัดทักษะการคิดคำนวณ แบบอัตนัย จำนวน 5 ข้อ

วิธีการสร้างและหาคุณภาพเครื่องมือวิจัย

1. การสร้างแผนการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ตามแนวสะเต็มศึกษา ผู้วิจัยได้ดำเนินการสร้างตามขั้นตอนดังนี้

1.1 ศึกษาค้นคว้า รวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา วิธีการออกแบบกิจกรรมเพื่อพัฒนาทักษะการคิดวิเคราะห์และทักษะการคิดคำนวณจากหนังสือ บทความและงานวิจัยต่าง ๆ

1.2 ศึกษาหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พ.ศ. 2551 จุดมุ่งหมายของหลักสูตร ตัวชี้วัด คำอธิบายรายวิชา กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 และศึกษารายละเอียดเนื้อหาที่จะนำมาสร้างแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาโดยแบ่งเนื้อหาตามตัวชี้วัดที่เกี่ยวข้องกับทักษะการคิดวิเคราะห์และทักษะการคิดคำนวณ ผู้วิจัยแบ่งเนื้อหาในบทเรียนเป็น 3 เรื่องย่อย ได้แก่

1.2.1 ชีวิตกับสิ่งแวดล้อม (2 ชั่วโมง)

1.2.1.1 ปัญหาสิ่งแวดล้อม ทรัพยากรธรรมชาติ

1.2.2 แรงและการเคลื่อนที่ (9 ชั่วโมง)

1.2.2.1 แรงกิริยาและแรงปฏิกิริยา

1.2.2.2 แรงเสียดทานสถิตและแรงเสียดทานจลน์

1.2.2.3 แรงพยาง

1.2.3 พลังงาน (4 ชั่วโมง)

1.2.3.1 ความต่างศักย์กระแสไฟฟ้าและความต้านทาน

1.2.3.2. พลังงานไฟฟ้าของเครื่องใช้ไฟฟ้า

1.3 สร้างแผนการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ตามแนวสะเต็มศึกษา 5 ขั้นตอน จำนวน 5 แผน เวลา 15 ชั่วโมง

1.4 นำแผนการจัดการเรียนรู้เสนออาจารย์ที่ปรึกษาเพื่อตรวจสอบความถูกต้องและนำไปปรับปรุงแก้ไข แล้วนำแผนไปทดลองใช้กับนักเรียนที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง

1.5 นำแผนการจัดการเรียนรู้ให้ผู้เชี่ยวชาญ 4 ท่าน พิจารณาความสอดคล้องของสาระการเรียนรู้ กับมาตรฐานการเรียนรู้ ตัวชี้วัด การจัดกิจกรรม การวัดผลและประเมินผลโดยใช้เกณฑ์ประเมินแบบมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) 5 ระดับของ Likert (Likert Scale) พบว่าแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา มีค่าเฉลี่ย 4.25-4.47 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.62-0.72 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่มีความเหมาะสมมาก

1.6 ปรับปรุงแก้ไขแผนการจัดการเรียนรู้ตามให้ผู้เชี่ยวชาญแนะนำในเรื่องภาษา รายละเอียดกิจกรรมให้ละเอียดยิ่งขึ้นและนำไปใช้กับนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง

2. การสร้างแบบวัดทักษะการคิดวิเคราะห์ ผู้วิจัยดำเนินการตามขั้นตอนดังนี้

2.1 ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับแบบวัดทักษะการคิดวิเคราะห์ จัดทำตารางวิเคราะห์เนื้อหา จุดประสงค์และพฤติกรรม

2.2 ศึกษาวิธีการสร้างแบบวัดทักษะการคิดวิเคราะห์

2.3 สร้างแบบวัดทักษะการคิดวิเคราะห์ เพื่อใช้สำหรับทั้งก่อนเรียนและหลังเรียนซึ่งครอบคลุม องค์ประกอบของการคิดวิเคราะห์ตามแนวคิดของบลูม ซึ่งประกอบไปด้วย

2.3.1 การคิดวิเคราะห์ความสำคัญของเนื้อหา (Analysis of Element) คือ นักเรียนสามารถวิเคราะห์ได้ว่าต้องมีความรู้ในเรื่องใดบ้างจึงจะสามารถแก้ไขปัญหาได้

2.3.2 การคิดวิเคราะห์ความสัมพันธ์ (Analysis of Relationship) คือ นักเรียนจะต้องวิเคราะห์ได้ว่าอุปกรณ์ หรือขั้นตอนในการแก้ปัญหาใดมีผลต่อการแก้ไขปัญหา และมีผลมากน้อยเพียงใด

2.3.3 การคิดวิเคราะห์เชิงหลักการ (Analysis of Organizational Principles)

คือ นักเรียนสามารถสรุปหลักการที่ใช้ในการแก้ไขปัญหา แบบปรนัย 4 ตัวเลือก จำนวน 30 ข้อ ใช้จริง 20 ข้อ ดังตาราง ที่ 1

ตารางที่ 1 ตารางข้อสอบแบบวัดทักษะการคิดวิเคราะห์

องค์ประกอบที่ต้องการวัด	น้ำหนัก (%)	จำนวนข้อสอบ
1. การคิดวิเคราะห์ความสำคัญของเนื้อหา (Analysis of Element)	40	8
2. การคิดวิเคราะห์ความสัมพันธ์ (Analysis of Relationship)		
3. การคิดวิเคราะห์เชิงหลักการ (Analysis of Organizational Principles)	30	6
	30	6
รวม	100	20

2.4 นำแบบวัดทักษะการคิดวิเคราะห์เสนออาจารย์ที่ปรึกษาเพื่อตรวจสอบความถูกต้อง และนำไปปรับปรุงแก้ไข

2.5 นำแบบวัดทักษะการคิดวิเคราะห์ให้ผู้เชี่ยวชาญ 4 ท่านตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหา และค่าดัชนีความสอดคล้องของคำถามรายข้อ (IOC) พบว่ามีค่าระหว่าง 0.50-1.00 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่น่าไปใช้ได้

2.6 นำแบบวัดทักษะการคิดวิเคราะห์แบบปรนัยไปทดลองใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เพื่อหาความยากง่ายและค่าอำนาจจำแนก พบว่าแบบวัดทักษะการคิดวิเคราะห์มีค่าความยากง่ายระหว่าง 0.20-0.80 ค่าอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง 0.20-0.90 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์อิงกลุ่มที่ใช้ได้ (สมจิตรา เรืองศรี Ruengsri, 2007: 263) และนำคะแนนไปวิเคราะห์หาความเชื่อมั่นโดยใช้สูตร Kuder-Rechardson 20 (KR-20) พบว่ามีค่าเท่ากับ 0.54 มีความเชื่อมั่นปานกลาง

2.7 นำแบบวัดทักษะการคิดวิเคราะห์ทำการทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียนกับนักเรียน กลุ่มตัวอย่าง

3. การสร้างแบบวัดทักษะการคิดคำนวณ ผู้วิจัยดำเนินการตามขั้นตอน ดังนี้

3.1 ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับแบบวัดทักษะการคิดคำนวณ จัดทำตารางวิเคราะห์ เนื้อหา จุดประสงค์และพฤติกรรม

3.2 ศึกษาวิธีการสร้างแบบวัดทักษะการคิดคำนวณ

3.3 สร้างแบบวัดทักษะการคิดคำนวณ ก่อนและหลังเรียนซึ่งครอบคลุมความสามารถของนักเรียน แบบอัตนัย จำนวน 5 ข้อ

3.4 นำแบบวัดทักษะการคิดคำนวณที่สร้างขึ้นเสนออาจารย์ที่ปรึกษาเพื่อตรวจสอบความถูกต้องแล้วนำไปปรับปรุงแก้ไข

3.5 นำแบบวัดทักษะการคิดคำนวณให้ผู้เชี่ยวชาญ 4 ท่าน ตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหา และค่าดัชนีความสอดคล้องของคำถามรายข้อ (IOC) โดยมีค่าระหว่าง 0.50-1.00 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่น่าไปใช้ได้

3.6 นำแบบวัดทักษะการคิดคำนวณแบบอัตโนมัติไปทดลองใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เพื่อหาความยากง่ายและค่าอำนาจจำแนกโดยใช้สูตรของ D.R.Sabers พบว่าแบบวัดทักษะการคิดคำนวณ มีความยากง่ายระหว่าง 0.20-0.45 ค่าอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง 0.28 - 0.39 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์อิงกลุ่ม ที่ใช้ได้ (สมจิตรา เรืองศรี Ruengsri, 2007: 263) และนำคะแนนไปวิเคราะห์หาความเชื่อมั่น ชนิดสัมประสิทธิ์แอลฟา (Cronbach Coefficient) พบว่ามีค่าเท่ากับ 0.72 ค่าความเชื่อมั่นสูง

3.7 นำแบบวัดทักษะการคิดคำนวณทำการทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียนกับนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง

วิธีการเก็บรวบรวมข้อมูล

การเก็บรวบรวมข้อมูลในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ดำเนินการในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2562 มีขั้นตอนในการเก็บข้อมูลดังนี้

ให้นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ตามแนวสะเต็มศึกษาทำแบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน โดยใช้แบบวัดทักษะการคิดวิเคราะห์และแบบวัดทักษะการคิดคำนวณ

การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยครั้งนี้ผู้ศึกษาได้วิเคราะห์ข้อมูลดังนี้

1. เปรียบเทียบทักษะการคิดวิเคราะห์ก่อนและหลังเรียนของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ตามแนวสะเต็มศึกษา โดยใช้ t-test (Dependent Samples)
2. เปรียบเทียบทักษะการคิดคำนวณก่อนและหลังเรียนของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ตามแนวสะเต็มศึกษา โดยใช้ t-test (Dependent Samples)

ผลการวิจัย

การวิจัยเรื่อง การจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาเพื่อส่งเสริมทักษะการคิดวิเคราะห์และทักษะการคิดคำนวณ วิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ผู้วิจัยเก็บรวบรวมข้อมูลนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 วิทยาลัยนาฏศิลปบุรีที่กำลังศึกษาอยู่ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2562 กลุ่มตัวอย่างจำนวน 27 คน ผู้วิจัยขอเสนอผลการวิจัย โดยแบ่งเป็น 2 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 การเปรียบเทียบทักษะการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนก่อนและหลังเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ตามแนวสะเต็มศึกษา

ตอนที่ 2 การเปรียบเทียบทักษะการคิดคำนวณของนักเรียนก่อนและหลังเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ตามแนวสะเต็มศึกษา

.....
ตอนที่ 1 การเปรียบเทียบทักษะการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนก่อนและหลังได้รับการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ตามแนวสะเต็มศึกษา

ตารางที่ 2 ผลการเปรียบเทียบทักษะการคิดวิเคราะห์ก่อนเรียนและหลังเรียนของงนักเรียนกลุ่มตัวอย่างที่ได้รับการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ตามแนวสะเต็มศึกษาปรากฏผลดังนี้

กลุ่มตัวอย่าง	คะแนนเต็ม	n	$\bar{X}$	S.D.	t	df	sig.
ก่อนเรียน	20	27	7.22	6.48	5.39	25	0.00
หลังเรียน	20	27	11.07	12.84			

* ระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลจากตารางที่ 1 พบว่า คะแนนเฉลี่ยทักษะการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนกลุ่มตัวอย่างที่ได้รับการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ตามแนวสะเต็มศึกษา ก่อนเรียนมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 7.22 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 6.48 และหลังเรียนมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 11.07 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 12.84 มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งหมายความว่า หลังการจัดการเรียนรู้ นักเรียนกลุ่มตัวอย่างที่ได้รับการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ตามแนวสะเต็มศึกษามีทักษะการคิดวิเคราะห์สูงกว่าก่อนเรียน

ตอนที่ 2 การเปรียบเทียบทักษะการคิดคำนวณของนักเรียนก่อนและหลังเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ตามแนวสะเต็มศึกษา

ตารางที่ 3 ผลการเปรียบเทียบทักษะการคิดคำนวณก่อนเรียนและหลังเรียนของงนักเรียนกลุ่มตัวอย่างที่ได้รับการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ตามแนวสะเต็มศึกษาปรากฏผลดังนี้

กลุ่ม ตัวอย่าง	คะแนนเต็ม	n	$\bar{X}$	S.D.	t	df	sig.
ก่อนเรียน	25	27	0.00	0.00	8.07	25	0.00
หลังเรียน	25	27	10.44	47.02			

* ระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลจากตารางที่ 2 พบว่า คะแนนเฉลี่ยทักษะการคิดคำนวณของนักเรียนกลุ่มตัวอย่างที่ได้รับการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ตามแนวสะเต็มศึกษา ก่อนเรียนมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.00 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.00 และหลังเรียนมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 10.44 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 47.02 มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งหมายความว่า หลังการจัดการเรียนรู้ นักเรียนกลุ่มตัวอย่างที่ได้รับการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ตามแนวสะเต็มศึกษามีทักษะการคิดคำนวณสูงกว่าก่อนเรียน

สรุปผลการวิจัย

ผลการวิจัยสรุปได้ดังนี้

1. นักเรียนมีทักษะการคิดวิเคราะห์หลังได้รับการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ตามแนวสะเต็มศึกษา สูงกว่าก่อนได้รับการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ตามแนวสะเต็มศึกษาอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05
2. นักเรียนมีทักษะการคิดคำนวณหลังได้รับการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ตามแนวสะเต็มศึกษา สูงกว่าก่อนได้รับการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ตามแนวสะเต็มศึกษาอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

อภิปรายผลการวิจัย

จากผลการวิจัยเรื่องการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา เพื่อส่งเสริมทักษะการคิดวิเคราะห์ และทักษะการคิดคำนวณ วิชาวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ผู้วิจัยขอเสนอการอภิปรายผลดังนี้

1. นักเรียนมีทักษะการคิดวิเคราะห์หลังได้รับการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ตามแนวสะเต็มศึกษา สูงกว่าก่อนได้รับการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ตามแนวสะเต็มศึกษาอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ทั้งนี้ อาจเป็นเพราะการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ตามแนวสะเต็มศึกษา เป็นการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมให้นักเรียน ร่วมกันลงมือปฏิบัติจากการที่ผู้สอนกำหนดสถานการณ์ที่เป็นปัญหาเพื่อให้นักเรียนเกิดการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ทาง ความคิดเกิดการโต้แย้งทางความคิดจนนำไปสู่กระบวนการคิดวิเคราะห์เพื่อหาคำตอบหรือวิธีการแก้ปัญหาที่ดีที่สุด จาก ขั้นตอนการสอนที่ผู้วิจัยได้ศึกษาค้นคว้าแล้วนำมาสังเคราะห์ขั้นตอนขึ้นใหม่ประกอบด้วย 5 ขั้นตอน ได้แก่
 1. ขั้นกำหนดปัญหา เป็นขั้นที่นักเรียนได้ฝึกคิดวิเคราะห์หลักการเป็นการวิเคราะห์เนื้อหาจากการตั้งคำถามของ ผู้สอนที่เกี่ยวข้อง กับปัญหาในชั่วโมงนั้น ๆ
 2. ขั้นรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูล เป็นขั้นตอนที่นักเรียนมีการสืบค้น ข้อมูลในรูปของแผนผังความคิด ในขั้นนี้เป็นขั้นที่นักเรียนจะได้ฝึกคิดวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของตัวแปรที่เกี่ยวข้อง ต่อผลการทดลองตัวอย่าง เช่น การเลือกใช้อุปกรณ์ การออกแบบโครงสร้างของชิ้นงาน เพื่อนำความรู้ในขั้นนี้ไปใช้ ประกอบในการทำกิจกรรมขั้นต่อ ๆ ไป นอกจากนี้นักเรียนยังได้ฝึกการจัดระบบข้อมูล โดยผู้สอนมีหน้าที่ คอยแนะนำและคอยกระตุ้นให้นักเรียนคิดวิเคราะห์
 3. ขั้นวางแผนการดำเนินงาน ขั้นนี้นักเรียนจะต้องนำความรู้ ความสัมพันธ์กับข้อมูลต่างๆที่รวบรวมได้ในขั้นที่ 2 มาใช้ในการวางแผนและออกแบบชิ้นงาน รวมถึงนักเรียนจะได้ ฝึกการลำดับขั้นตอนในการทำงานเพื่อให้เสร็จทันตามเวลาที่กำหนด
 4. ขั้นดำเนินงาน เป็นขั้นตอนที่ฝึกทักษะทาง วิศวกรรมคือการสร้างชิ้นงานที่สามารถตอบวัตถุประสงค์ของผู้สอนรวมถึงนักเรียนได้ฝึกการวิเคราะห์หลักการซึ่ง ในขั้นนี้นักเรียนสามารถทดลองชิ้นงานเพื่อทดสอบทฤษฎีที่ศึกษาค้นคว้ามาได้ ทำให้นักเรียนเข้าใจทฤษฎีและสามารถ นำไปใช้ประโยชน์ในชีวิตประจำวัน
 5. ขั้นนำเสนอชิ้นงาน เป็นการนำชิ้นงานที่นักเรียนได้ประดิษฐ์และทำการทดลองแล้ว มานำเสนอ รวมถึงสรุปความรู้ที่นักเรียนแต่ละคนได้วิเคราะห์ตั้งแต่ขั้นที่ 1 จนถึงขั้นที่ 5 โดยผลการวิจัยมีความ สอดคล้องกับงานวิจัยของกมลทิพย์ สำราญจักร (Samranchak, 2015: 68) พบว่าทักษะการคิดวิเคราะห์หลังเรียน ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ตามแนวสะเต็มศึกษาสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ ระดับ .01 งานวิจัยของนุรอาชีกีน สาและ (Sare, 2017: 50) พบว่า นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยทักษะการคิดวิเคราะห์

.....
หลังได้รับการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ตามแนวสะเต็มศึกษาเท่ากับ 33.24 ซึ่งมีค่าสูงกว่าก่อนได้รับการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ตามแนวสะเต็มศึกษาเท่ากับ 19.67 จากคะแนนเต็ม 48 คะแนน

2. นักเรียนมีทักษะการคิดคำนวณหลังได้รับการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ตามแนวสะเต็มศึกษาสูงกว่าก่อนได้รับการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ตามแนวสะเต็มศึกษาอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ทั้งนี้อาจเป็นเพราะการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ตามแนวสะเต็มศึกษาเป็นการจัดการเรียนรู้ที่มีการบูรณาการนำการคำนวณทางคณิตศาสตร์ หลักการใช้สูตรและวิธีการต่าง ๆ มาคำนวณหาผลลัพธ์เพื่อใช้ในการแก้ปัญหาอยู่ในแผนการจัดการเรียนรู้ทุกแผน (สิรินภา กิจเกื้อกูล Kitkaukul, 2015: 201; วิศณีส อิศรเสนา ณ อยุธยา Asorrasena na Ayuthaya, 2016: 2; Anne Jolly, 2017: 4-7) ซึ่งในขั้นที่ 4 ขั้นดำเนินงาน เป็นขั้นตอนที่นักเรียนจะต้องนำความรู้ทางด้านคณิตศาสตร์มาประยุกต์ใช้ ตัวอย่างเช่น การคำนวณหาแรงเสียดทาน เพื่อให้ชิ้นงานเคลื่อนที่ได้ไกลที่สุด การคำนวณปริมาณการใช้เบกกิ้งโซดาและน้ำส้มสายชู เพื่อให้จรวดลอยสูงที่สุด นักเรียนจึงได้มีการฝึกคิดคำนวณซ้ำกับโจทย์ที่หลากหลายทั้งโจทย์ในใบงานรวมถึงโจทย์ที่ครูผู้สอนเสริมในแต่ละแผนการสอน โดยมีความสอดคล้องกับงานวิจัยของพรทิศา ถากว้าง (Thakwang, 2012: 21) พบว่า นักเรียนมีทักษะการคิดคำนวณเพิ่มสูงขึ้นหลังเรียนรู้โดยใช้กิจกรรมฝึกคิดเสริมทักษะอย่างมีนัยสำคัญที่ .05 ซึ่งมีลักษณะคือให้นักเรียนได้ฝึกคิดโจทย์ ที่หลากหลายมีการย้ำคิดย้ำทำบ่อยๆ นอกจากนี้ การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ตามแนวสะเต็มผู้สอนได้กำหนดสถานการณ์ที่ใกล้เคียงกับชีวิตจริงเพื่อให้นักเรียนสามารถนำทฤษฎีทางคณิตศาสตร์ไปปรับใช้ในชีวิตจริงได้ดียิ่งขึ้น

จากการวิจัยพบว่านักเรียนกลุ่มทดลอง 5 คน ไม่สามารถทำข้อสอบพัฒนาทักษะการคิดคำนวณได้เลย ผู้วิจัยจึงได้มีการสอบถามครูผู้สอนท่านอื่นในวิชาคณิตศาสตร์และครูเจ้าของวิชาวิทยาศาสตร์พบว่านักเรียนที่เป็นนักเรียนซ้ำชั้นจำนวน 2 คน และที่เหลือเป็นนักเรียนที่ไม่สนใจทั้งในชั่วโมงที่ผู้วิจัยทดลองและชั่วโมงปกติ รวมถึงข้อสอบเป็นข้อสอบอัตนัยจึงทำให้นักเรียนไม่มีคะแนนจากส่วนของทักษะการคิดคำนวณ

ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้

1. ครูผู้สอนควรศึกษาและมีความรู้ความเข้าใจในการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาเป็นอย่างดี เพื่อให้การจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ เช่น การวางแผนการจัดการเรียนรู้ให้เหมาะสมกับนักเรียน
2. ครูผู้สอนควรชี้แจงทำความเข้าใจกับนักเรียนในรูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา เพื่อให้นักเรียนเข้าใจในหน้าที่และบทบาทของตนเอง โดยให้นักเรียนมีอิสระทางด้านการค้นคว้าข้อมูล โดยครูผู้สอนมีหน้าที่คอยให้คำแนะนำ
3. การจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษามีข้อจำกัดเรื่องของเวลา ครูผู้สอนควรยืดหยุ่นการใช้เวลาดำเนินกิจกรรมในแต่ละขั้นตอนตามความเหมาะสม
4. ครูผู้สอนสามารถปรับเปลี่ยนรูปแบบการนำเสนอชิ้นงานของนักเรียนได้ตามความเหมาะสม เช่น การนำเสนอในรูปแบบวิดีโอ

ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

1. ควรศึกษาพัฒนาไปสู่การจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษา (STEAM Education)
2. ควรมีการศึกษาผลการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ตามแนวสะเต็มศึกษากับตัวแปรอื่น ๆ เช่น ทักษะการแก้ปัญหา ความคิดสร้างสรรค์ เป็นต้น

References

- Anne, J. (2017). **STEM by Design Strategies and Activities for Grade 4-8**. New York: Routledge 711 Third Avenue.
- Asorrasena na Ayuthaya, V. (2016). **Useful idea about STEM Education**. 1st ed. Bangkok: Chulalongkorn University Press. (in Thai)
- Jindaluk, T. (2017). **4.0 Education Management Sustainable City**. [Online]. Retrieved January 17, 2019, from <http://adacstou.wixsite.com>. (in Thai)
- Kitkaukul, S. (2015). “STEM Education”. **Journal of Education Naresuan University** 17(2): 201-207. (in Thai)
- Ruengsri, S. (2007). **Education Research and Statistics**. 2nd ed. Bangkok: Academic Promotion Centre Publishing House. (in Thai)
- Sare, N. (2017). “Effect of STEM Education on Chemistry Achievement, Analytical Thinking Ability and Instructional Satisfaction of Grade 10 Students”. **Princess of Narathivas University Journal of Humanitics and Social Science** 4(1): 42-53. (in Thai)
- Samranchak, K. (2015). **The Development of Learning Activities by the STEM Education to Promote Analytical Thinking on the Topic Momentum and Collision for grade 10 Students**. Independent Study in Curriculum and Instruction Naresuan University. (in Thai)
- Sinlaluk, P. (2014). **Analysis Thinking .. How to Teach**. 1st ed. Bangkok: Chulalongkorn University Press. (in Thai)
- Siripattachai, P. (2013). “STEM Education and 21st Century Skills Development”. **SWU Educational Administration Journal** 33(2): 49-56. (in Thai)
- Thakwang, P. (2012). **The Development of Learning Outcomes on Addition Substraction Multiplication and Division of Integral Numbers of Diploma in Accounting by Exercises Based**. [Online]. Retrieved January 17, 2019, from <http://www.payaptechno.ac.th/app/images/payap/qa/innovation/teacher.pdf>. (in Thai)

.....
The Mathematical Association of Thailand. (1994). **The Development Computational Thinking Skills for Elementary Pupil**. Bangkok : Chulalongkorn University. (in Thai)
The Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology. (2013). **STEM Education**. Bangkok: The Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology. (in Thai)