



ผลการจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการเชิงวิศวกรรมที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหา
ของนักเรียนประถมศึกษา

Effects of STEM Education Using Engineering Design Process on Problem Solving
Ability of Elementary Students

สุวิมล สาสังข์ *

Suwimon Sasang

ยรรวัฒน์ คล้ายมงคล **

Yurawat Klaimongkol

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ 1) เปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 ก่อนและหลังการทดลองของกลุ่มทดลอง 2) เปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 ก่อนและหลังการทดลองของกลุ่มควบคุม 3) เปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนระหว่างกลุ่มทดลอง และกลุ่มควบคุม โดยตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนรัฐบาลแห่งหนึ่ง เป็นกลุ่มทดลอง 25 คน เรียน ด้วยกิจกรรมสะเต็มโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับเทคนิคการใช้คำถาม และกลุ่มควบคุม 25 คน เรียน ด้วยกิจกรรมสะเต็มโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง คือ แผนการจัดกิจกรรมสะเต็ม โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับเทคนิคการใช้คำถาม และแผนการจัดกิจกรรมสะเต็มโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เครื่องมือที่ใช้ในการรวบรวมข้อมูล คือ แบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาลบก่อนเรียนและ หลังเรียน วิเคราะห์ข้อมูลโดยหาค่าเฉลี่ยเลขคณิต ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และการทดสอบค่าที

ผลการวิจัยพบว่า 1) นักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนหลังการทดลองสูงกว่าก่อนการทดลอง อย่างมีนัยสำคัญทาง สถิติที่ระดับ .05 2) นักเรียนกลุ่มควบคุมมีคะแนนหลังการทดลองสูงกว่าก่อนการทดลอง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 3) นักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนหลังการทดลองไม่แตกต่างจากคะแนนหลังการทดลองของกลุ่มควบคุม

คำสำคัญ: สะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม, เทคนิคการใช้คำถาม, ความสามารถในการแก้ปัญหา

*นิสิตมหาบัณฑิตสาขาวิชาประถมศึกษา ภาควิชาหลักสูตรและการสอน คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

*Graduate Student of Elementary Education Division, Department of Curriculum and Instruction, Faculty of Education, Chulalongkorn University

E-mail Address: maesa_asocial@hotmail.com

**อาจารย์ประจำสาขาวิชาประถมศึกษา ภาควิชาหลักสูตรและการสอน คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

**Lecturer of Elementary Education Division, Department of Curriculum and Instruction, Faculty of Education, Chulalongkorn University

E-mail Address: yurawat05@gmail.com

ISSN 1905-4491

Abstract

The purposes of this research were 1) to compare the problem-solving ability of grade 3 students before and after the experiment was carried out with the experimental group 2) to compare the problem-solving ability of grade 3 students before and after the experiment was carried out with the control group, and 3) to compare differences in the abilities of the experimental group and the control group of grade 3 students to solve problems. The subjects were third grade students of a public school. There were 25 students in the experimental group and another 25 students in the control group. The research instruments were STEM educational activities using engineering design process, including questioning technique plans, and STEM educational activity using engineering plans. The data-collection instruments were the pre-test and post-test of problem-solving ability. The collected data were analyzed by mean, standard deviation, and t-test.

The results of the study showed that 1) the problem-solving abilities of the students in the experimental group were higher than the students in the control group at a .05 level of significance; 2) the problem-solving abilities of the students in the experimental group were higher after the experiment at a .05 level of significance; and 3) the problem-solving abilities of students in the experiment group and the control group were not different.

Keywords: STEM education using engineering design process / questioning techniques / problem solving ability

บทนำ

ความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีที่เกิดขึ้นในโลกปัจจุบัน ความเปลี่ยนแปลงทางเศรษฐกิจ สังคม และการเมืองล้วนเป็นตัวแปรสำคัญที่ทำให้เกิดทั้งผลดี และผลเสียต่อมนุษย์ สังคม หรือทรัพยากรทางธรรมชาติ และสิ่งแวดล้อม สิ่งที่จะช่วยพัฒนาและแก้ไขการเปลี่ยนแปลงในโลกปัจจุบันให้ดีขึ้นคือ การพัฒนามนุษย์โดยองค์รวม ซึ่งควรพัฒนาตั้งแต่มนุษย์เริ่มเรียนรู้สิ่งต่าง ๆ การศึกษาจึงเข้ามามีบทบาทสำคัญในการเปลี่ยนแปลงและพัฒนามนุษย์ (วศินีส อิศรเสนา ณ อยุธยา, 2560) หนึ่งในทักษะที่จำเป็นอย่างยิ่งที่จะช่วยพัฒนามนุษย์ในศตวรรษที่ 21 คือ ความสามารถในการแก้ปัญหา เนื่องจากมนุษย์ต้องประสบกับอุปสรรคในสังคมอยู่เสมอ รวมทั้งมนุษย์ต้องการดำรงชีวิตอย่างปกติสุขและมีคุณภาพ ในขณะที่ทรัพยากรบนโลกมีอยู่อย่างจำกัดด้วยเหตุนี้ มนุษย์จึงต้องใช้ความสามารถในการแก้ปัญหาโดยสร้างวิธีการหรือสิ่งประดิษฐ์เพื่อตอบสนองความต้องการภายใต้เงื่อนไขและข้อจำกัด ดังนั้นในการพัฒนาเยาวชนให้สามารถดำรงชีวิตอยู่ได้อย่างมีคุณภาพ ต้องพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาในลักษณะของการสร้างสรรค์ผลงาน ซึ่งอาจเป็นวิธีการหรือสิ่งประดิษฐ์ในการแก้ปัญหา อาจกล่าวได้ว่า ความสามารถในการแก้ปัญหาในศตวรรษที่ 21 มิใช่แค่การระบุปัญหา รวบรวมข้อมูลหาแนวทางที่เป็นไปได้ และเลือกวิธีการที่ดีที่สุดไปใช้แก้ปัญหาเท่านั้น แต่ต้องสามารถแก้ปัญหาภายใต้สถานการณ์ที่มีความท้าทายและมีความจำเป็นต่อมนุษย์ในการดำรงชีวิตภายใต้ทรัพยากรที่จำกัด ด้วยวิธีการที่เหมาะสมที่สุดในการแก้ปัญหาให้บรรลุผลสำเร็จโดยใช้หลักปฏิบัติทางวิศวกรรม (อาทิตย์ ฉิมกุล, 2559)

การคิดแก้ปัญหาจัดเป็นทักษะสำคัญในศตวรรษที่ 21 เป็นทักษะการเรียนรู้ที่ผู้เรียนจำเป็นต้องนำไปใช้ในชีวิตประจำวัน (The Partnership for 21st Century Skills, 2008) อีกทั้งการศึกษาในประเทศไทยก็เห็นความสำคัญของการแก้ปัญหา จึงกำหนดให้ความสามารถในการแก้ปัญหา อยู่ในสมรรถนะสำคัญ 5 ประการของหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ซึ่งกล่าวว่า ความสามารถในการ

การแก้ปัญหา เป็นความสามารถในการแก้ปัญหาและอุปสรรคต่าง ๆ ที่เผชิญได้อย่างถูกต้องเหมาะสม (กระทรวงศึกษาธิการ, 2552) ซึ่งกระบวนการแก้ปัญหาที่น่าสนใจในการพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนคือ การแก้ปัญหาที่บูรณาการกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์และกระบวนการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์เข้าด้วยกัน (The Integrated Mathematics, Science, and Technology [IMaST], 2007) ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาแบบ สะเต็มศึกษา ซึ่งสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) ได้เสนอแนวทางการจัดการเรียนรู้ สะเต็มศึกษา (Science Technology Engineering and Mathematics Education: STEM Education) ที่เปิดโอกาสให้นักเรียนได้เรียนรู้ และประยุกต์ความรู้วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ ในสถานการณ์ที่ใกล้เคียงกับสถานการณ์ที่พบในชีวิตประจำวัน และการประกอบอาชีพ นอกจากนี้ในระหว่างการเรียนรู้ดังกล่าว ด้วยการสอนแบบบูรณาการข้ามกลุ่มสาระวิชา (Interdisciplinary Integration) ระหว่างศาสตร์สาขาต่าง ๆ ได้แก่ วิทยาศาสตร์ (Science: S) เทคโนโลยี (Technology: T) วิศวกรรมศาสตร์ (Engineer: E) และคณิตศาสตร์ (Mathematics: M) โดยนำจุดเด่นของธรรมชาติตลอดจนวิธีการสอนของแต่ละสาขาวิชามาสผสมผสานกัน เพื่อให้ผู้เรียนนำความรู้ทุกแขนงมาใช้ในการแก้ปัญหา การค้นคว้า และการพัฒนาสิ่งต่าง ๆ ในสถานการณ์โลกปัจจุบัน

การจัดการเรียนรู้ให้กับผู้เรียนตามแนวทางสะเต็มศึกษานั้น จะดำเนินการโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมที่เน้นให้ผู้เรียนเรียนรู้ผ่านกระบวนการคิดสร้างสรรค์ การคิดเชิงสังเคราะห์ และการลงมือปฏิบัติเพื่อแก้ปัญหาหรือสนองความต้องการอย่างเป็นขั้นตอน ซึ่งแต่ละขั้นตอนของกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมนั้นจะช่วยให้ผู้เรียนฝึกการคิดแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ และการคิดเชิงสังเคราะห์จากสถานการณ์ที่พบเห็นเพื่อทำการรวบรวมและกลั่นกรองข้อมูลจนได้ข้อมูลที่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ตลอดจนมีการถ่ายทอดความคิดเพื่ออธิบายและสื่อสารแนวคิดให้ผู้อื่นเข้าใจ โดยแนวคิดเหล่านี้จะเป็นสิ่งที่นำเสนอความคิดสร้างสรรค์และทักษะการแก้ปัญหาของผู้เรียนแต่ละบุคคล นอกจากนี้การใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมในการดำเนินการยังมีการใช้องค์ความรู้จากศาสตร์หลาย ๆ ด้าน เช่น ความรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์ และความรู้ทางด้านคณิตศาสตร์ เพื่อนำมาใช้ประกอบในแต่ละขั้นตอนของกระบวนการแก้ปัญหาหรือสนองความต้องการจนได้เป็นสิ่งของเครื่องใช้หรือวิธีการ และในบางครั้งสิ่งของเครื่องใช้หรือวิธีการเหล่านี้สามารถพัฒนาไปใช้ประโยชน์ในเชิงพาณิชย์ได้อีกด้วย

นอกจากนี้เทคนิคหนึ่งที่ยังคงสำคัญ และเป็นพื้นฐานของการเรียนการสอนที่จะช่วยเติมเต็มให้การจัดการเรียนการสอนมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้นคือ เทคนิคการใช้คำถาม เพราะคำถามเป็นกุญแจสำคัญในการสืบเสาะแสวงหาความรู้ ผู้สอนจึงต้องมีความชำนาญในการตั้งคำถาม และสามารถเลือกใช้คำถามที่น่าหรือเร้าความสนใจให้ผู้เรียนได้ใช้ความคิดอย่างเหมาะสมตามความสนใจ คำถามที่ดีจะช่วยให้การเรียนบรรลุวัตถุประสงค์ และอาจกล่าวได้ว่า การเรียนการสอนจะมีประสิทธิภาพเพียงใด ขึ้นอยู่กับเทคนิคการตั้งคำถามของผู้สอนที่จะกระตุ้นให้ผู้เรียนได้พัฒนาความคิดระดับสูง การตั้งคำถามที่มีประสิทธิภาพสามารถสอดแทรกเข้าไปได้ในทุกกิจกรรมการเรียนการสอน ดังคำกล่าวที่ว่า “ครูที่ไม่ถามก็เหมือนไม่ได้สอน (The teacher who never question never teaches)” ดังนั้นคำถามจึงเป็นแนวทางในการกระตุ้นการคิดในแง่บวกที่แตกต่างจากเดิม ช่วยให้นักเรียนมีความเข้าใจในการแก้ปัญหาและพัฒนาพื้นฐานของความรู้เดิม เพื่อกระตุ้นให้นักเรียนเกิดความคิดที่หลากหลายแนวทาง เกิดจินตนาการ ความคิดริเริ่ม และการเรียนรู้ด้วยตนเอง (Glen, 1997)

จากข้อความข้างต้น แสดงให้เห็นว่านักเรียนควรได้รับการพัฒนาทั้งด้านความรู้และทักษะกระบวนการในการแก้ปัญหาตั้งแต่ในระดับประถมศึกษา ซึ่งครูผู้สอนจำเป็นต้องหาวิธีการสอนที่จะช่วยส่งเสริมให้นักเรียนสามารถคิดแก้ปัญหาที่พบเห็นหรือสถานการณ์ที่กำหนดขึ้นได้ เพื่อให้นักเรียน สามารถคิด

เป็น ทำเป็น แก้ปัญหาเป็น และสามารถอยู่ร่วมกับผู้อื่นได้อย่างมีความสุข การเรียนรู้ที่มุ่งพัฒนา ทักษะกระบวนการคิดแก้ปัญหา จะช่วยให้นักเรียนเข้าใจปัญหา มองเห็นสาเหตุของปัญหา และผลที่จะเกิดขึ้น จากปัญหานั้น และต่อยอดไปสู่การแก้ปัญหาต่าง ๆ ได้ ดังนั้น ในการส่งเสริมกระบวนการเรียนรู้ของผู้เรียนให้ เกิดประสิทธิภาพนั้นจำเป็นต้องอาศัยหลักการหรือวิธีการที่เหมาะสม ผู้วิจัยจึงมีความสนใจศึกษาผลของการ จัดกิจกรรมสะเต็มศึกษา ที่มีผลต่อความสามารถในการแก้ปัญหา ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3

วัตถุประสงค์

1. เปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 ก่อนและหลังการ ทดลองของกลุ่มที่เรียนด้วยกิจกรรมสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับเทคนิค การใช้คำถาม
2. เปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 ก่อนและหลัง การทดลองของกลุ่มที่เรียนด้วยกิจกรรมสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมเพียงอย่างเดียว
3. เปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 ระหว่างกลุ่มที่ร่วม กิจกรรมสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับเทคนิคการใช้คำถาม และกลุ่มที่ร่วม กิจกรรมสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมเพียงอย่างเดียว

วิธีการวิจัย

การวิจัยในครั้งนี้เป็นการวิจัยกึ่งทดลอง (Quasi-experimental research) มีขั้นตอนขอวิธีการวิจัย 4 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นที่ 1 ขั้นเตรียมการวิจัย

การกำหนดประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ เป็น นักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 ของโรงเรียนรัฐบาลแห่ง หนึ่ง จำนวน 50 คน

กลุ่มตัวอย่าง ผู้วิจัยใช้วิธีการสุ่มอย่างง่าย (simple random sampling) ในการสุ่มนักเรียนชั้น ประถมศึกษาปีที่ 3 จากโรงเรียนรัฐบาลแห่งหนึ่ง ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2561 จำนวน 50 คน จากทั้งหมด 2 ห้องเรียน แต่ละห้องเรียนมีการจัดนักเรียนแบบคละความสามารถ ผู้วิจัยจึงทำการสุ่มอย่างง่ายด้วยการจับ สลาก (Random sampling) ได้กลุ่มตัวอย่างคือ กลุ่มทดลอง คือนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3/1 จำนวน 25 คน และกลุ่มควบคุม คือนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3/2 จำนวน 25 คน

ผู้วิจัยได้ควบคุมตัวแปรในเรื่องความแตกต่างของนักเรียนทั้งสองห้อง โดยให้นักเรียนกลุ่มตัวอย่างทั้ง 2 กลุ่ม ทำแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาล่วงก่อนเรียน (pre-test) ใช้เวลา 90 นาที แล้วนำ ผลคะแนนมาวิเคราะห์เปรียบเทียบทางสถิติด้วยการทดสอบค่าที (t-test Independent) พบว่า นักเรียนทั้ง 2 กลุ่มมีคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาไม่แตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ตัวแปรในการวิจัย

1. ตัวแปรจัดกระทำ (treatment variable) ได้แก่ การจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการ ออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับเทคนิคการใช้คำถาม และ การจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการ ออกแบบเชิงวิศวกรรมเพียงอย่างเดียว
2. ตัวแปรตาม (dependent variable) ได้แก่ ความสามารถในการแก้ปัญหา

ขั้นตอนที่ 2 ขั้นสร้างและตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือ

เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

1. แผนการจัดกิจกรรมส่งเสริมศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับเทคนิคการใช้คำถาม จำนวน 10 กิจกรรม กิจกรรมละ 2 คาบ และแผนการจัดกิจกรรมส่งเสริมศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมเพียงอย่างเดียว จำนวน 10 กิจกรรม กิจกรรมละ 2 คาบ ผู้วิจัยนำแผนทั้ง 2 ชุดที่สร้างแล้ว ไปปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำของอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ จากนั้นนำไปให้ผู้ทรงคุณวุฒิ 3 ท่าน ตรวจสอบ แล้วนำมาปรับปรุงแก้ไขและนำไปใช้ทดลอง (try out) กับนักเรียนที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง

2. แบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหา แบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหามีจำนวน 2 ชุด มีลักษณะเป็นแบบทดสอบชนิดอัตนัย จำนวน 2 ข้อ และชนิดเลือกตอบ (Multiple choices) 4 ตัวเลือก จำนวน 24 ข้อ ใช้เวลาในการสอบ 90 นาที ได้แก่ แบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาล่วงก่อนเรียน (pre-test) และแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาล่วงหลังเรียน (post-test) ซึ่งผู้วิจัยนำแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาที่สร้างขึ้นทั้ง 2 ฉบับให้อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ตรวจพิจารณาและนำมาปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำ แล้วนำไปให้ผู้ทรงคุณวุฒิ 3 ท่าน ตรวจพิจารณาความตรงของเนื้อหา ความถูกต้องเหมาะสมของการใช้ภาษาและข้อความ แล้วนำไปปรับปรุงแก้ไขและทดลองใช้ (try out) กับนักเรียนที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง แล้วนำผลที่ได้จากการตรวจแบบทดสอบมาวิเคราะห์เป็นรายข้อ เพื่อตรวจสอบค่าความยากง่าย (p) ค่าอำนาจจำแนก (r) ค่าความเที่ยงของข้อสอบและค่าความเชื่อมั่น โดยแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาล่วงก่อนเรียน มีค่าความยากระหว่าง 0.45-0.71 และค่าอำนาจจำแนกระหว่าง 0.48-0.57 ในขณะที่แบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาล่วงหลังเรียนมีค่าความยากระหว่าง 0.42-0.68 และค่าอำนาจจำแนกระหว่าง 0.42-0.59 จากนั้นวิเคราะห์คุณภาพแบบวัดทั้งฉบับในด้านความเที่ยง ผลการวิเคราะห์ของแบบวัดก่อนเรียนเท่ากับ 0.77 และแบบวัดหลังเรียนเท่ากับ 0.79 แสดงว่าแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทั้ง 2 ฉบับ มีค่าความเชื่อมั่นสูง สามารถนำไปใช้ในการเก็บข้อมูลได้

ขั้นตอนที่ 3 ขั้นตอนการทดลอง

1. ส่งหนังสือขอความร่วมมือในการวิจัยจากจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ถึงผู้อำนวยการโรงเรียนรัฐบาลแห่งหนึ่ง เพื่อขออนุญาตในการเก็บข้อมูลทำการทดลองการจัดกิจกรรมส่งเสริมศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับเทคนิคการใช้คำถาม และการจัดกิจกรรมส่งเสริมศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมเพียงอย่างเดียว ระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 3

2. ผู้วิจัยให้นักเรียนกลุ่มตัวอย่างทั้งกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม ทำแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาล่วงก่อนเรียน (pre-test) ใช้เวลา 90 นาที แล้วนำคะแนนที่ได้มาวิเคราะห์ข้อมูล

3. ผู้วิจัยดำเนินการจัดกิจกรรมส่งเสริมศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับเทคนิคการใช้คำถาม ของนักเรียนกลุ่มทดลอง โดยใช้เวลา 5 สัปดาห์ สัปดาห์ละ 4 คาบ และการจัดกิจกรรมส่งเสริมศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมเพียงอย่างเดียว ของนักเรียนกลุ่มควบคุม โดยใช้เวลา 5 สัปดาห์ สัปดาห์ละ 4 คาบ โดยเริ่มต้นทดลองในเดือนกุมภาพันธ์ 2562 และสิ้นสุดในเดือนมีนาคม 2562

4. ผู้วิจัยให้นักเรียนกลุ่มตัวอย่างทั้งกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม ทำแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาล่วงหลังเรียน (post-test) ใช้เวลา 90 นาที แล้วนำคะแนนที่ได้มาวิเคราะห์ข้อมูล

ขั้นตอนที่ 4 ชั้นวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลในการทดลอง เก็บรวบรวมข้อมูลจากแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหา ทำการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เปรียบเทียบคะแนนก่อนเรียนและหลังเรียนของกลุ่มทดลอง และก่อนเรียนและหลังเรียนของกลุ่มควบคุม โดยการทดสอบค่าที (*t*-test Dependent) และวิเคราะห์เปรียบเทียบคะแนนระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม ด้วยการทดสอบค่าที (*t*-test Independent)

ผลการวิจัย

ผู้วิจัยดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูลโดยแบบออกเป็น 3 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหา ก่อนและหลังการจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับเทคนิคการใช้คำถามของกลุ่มทดลอง

ตาราง 1

เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหา ก่อนและหลังการจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับเทคนิคการใช้คำถามของกลุ่มทดลอง

กลุ่มทดลอง	n	M	SD	t	p
ก่อนการทดลอง	25	16.48	6.22	-12.632	.000*
หลังการทดลอง	25	21.48	5.13		

* $p < .05$

จากตาราง 1 พบว่า คะแนนเฉลี่ยความสามารถในการแก้ปัญหานักเรียนกลุ่มทดลองที่เรียนด้วยกิจกรรมสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับเทคนิคการใช้คำถามก่อนเรียนกับหลังเรียน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการแก้ปัญหาลังเรียน ($M = 21.48$) สูงกว่าก่อนเรียน ($M = 16.48$)

ตอนที่ 2 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหา ก่อนและหลังการจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมเพียงอย่างเดียวของกลุ่มควบคุม

ตาราง 2

เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหา ก่อนและหลังการจัด กิจกรรมสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมเพียงอย่างเดียวของกลุ่มควบคุม

กลุ่มควบคุม	n	M	SD	t	p
ก่อนการทดลอง	25	16.88	5.68	-.963	.000*
หลังการทดลอง	25	19.56	5.01		

* $p < .05$

จากตาราง 2 พบว่า คะแนนเฉลี่ยความสามารถในการแก้ปัญหานักเรียนกลุ่มควบคุมที่เรียนด้วยกิจกรรมสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมเพียงอย่างเดียวก่อนเรียนกับหลังเรียน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการแก้ปัญหาลังเรียน ($M = 19.56$) สูงกว่าก่อนเรียน ($M = 16.88$)

ตอนที่ 3 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาหลังการจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษา โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับเทคนิคการใช้คำถามของกลุ่มทดลองและหลังการจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมเพียงอย่างเดียวของกลุ่มควบคุม

ตาราง 3

การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาหลังการจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับเทคนิคการใช้คำถามของกลุ่มทดลอง และค่าเฉลี่ยของคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาหลังการจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมเพียงอย่างเดียวของกลุ่มควบคุม

กลุ่ม	n	M	SD	t	p
ทดลอง	25	21.48	5.13	-1.339	.342*
ควบคุม	25	19.56	5.01		

*p < .05

จากตาราง 3 พบว่า คะแนนเฉลี่ยความสามารถในการแก้ปัญหาหลังเรียนของนักเรียนกลุ่มทดลองกับนักเรียนกลุ่มควบคุมไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

อภิปรายผล

ผู้วิจัยมีประเด็นในการอภิปรายผลการวิจัยดังต่อไปนี้

1. การจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับเทคนิคการใช้คำถามที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหา ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 ของกลุ่มทดลองระหว่างก่อนทดลองและหลังทดลอง

ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนกลุ่มทดลองที่ร่วมกิจกรรมสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับเทคนิคการใช้คำถาม มีคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาหลังทดลองสูงกว่าก่อนการทดลอง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 สามารถอภิปรายได้คือ เนื่องจากการจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับเทคนิคการใช้คำถามของผู้วิจัย ได้มีการสังเคราะห์จากหลักการและทฤษฎีต่าง ๆ นำมาซึ่งการออกแบบกิจกรรมผ่านกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ซึ่งเป็นกระบวนการทำงานที่จะช่วยให้ผู้เรียนเข้าใจถึงการทำงานอย่างเป็นขั้นตอน รู้จักวางแผน การแก้ปัญหา เข้าใจถึงกระบวนการที่ได้มาซึ่งผลิตภัณฑ์ใหม่ของวิศวกร ที่ต้องมีการวางแผนการทำงาน การปรับปรุงแก้ไข การคิดค้นหาแนวทางที่หลากหลายเพื่อทดสอบวิธีการแก้ปัญหาที่เหมาะสมที่สุด (อภิสิทธิ์ ธงไชย, 2556) อีกทั้งการนำเทคนิคการใช้คำถามมาร่วมในกิจกรรม จะช่วยทำให้เกิดการกระตุ้นการเรียนรู้ การหาคำตอบและการหาทางแก้ปัญหา เพราะคำถามเปรียบเสมือนเป็นหัวใจสำคัญในการเรียนการสอน และเป็นเครื่องมือสำคัญที่ใช้ในการแสวงหาความรู้ การใช้คำถามเป็นสิ่งที่ก่อให้เกิดความอยากรู้อยากเห็นและช่วยกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดการพัฒนาการคิด ช่วยกระตุ้นความอยากรู้อยากเห็น จินตนาการที่จะส่งเสริมการแสวงหาความรู้ใหม่ (Omairah, 2009) ซึ่งสอดคล้องกับ Carin and Sund (1971) ที่กล่าวว่า การใช้คำถามของครูช่วยกระตุ้นความคิดของนักเรียน ถ้าครูใช้คำถามที่ดี คำถามนั้นจะเป็นสิ่งเร้าและจูงใจให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ สนใจค้นคว้าหาคำตอบด้วยตนเอง และสอดคล้องกับ พรณพร นามโนรินทร์ (2554) กล่าวว่า การที่จะแก้ปัญหาต่าง ๆ ได้ ผู้สอนจะต้องจัดสถานการณ์ที่เป็นสถานการณ์ใหม่ และมีวิธีการแก้ปัญหาได้หลายวิธี อีกทั้งปัญหานั้นต้องอยู่ในกรอบของทักษะเชาว์ปัญญาของนักเรียน นอกจากนี้ผู้วิจัยใช้คำถามเป็นส่วนสำคัญในการจัดการเรียนรู้ เพราะคำถามช่วยกระตุ้นความคิดของนักเรียนได้เป็นอย่างดี ทำให้นักเรียนมีความสนใจในกิจกรรมตลอดการจัดการเรียนรู้

2. การจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมเพียงอย่างเดียวที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหา ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 ของกลุ่มควบคุมระหว่างก่อนทดลองและหลังทดลอง

ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนกลุ่มควบคุมที่ร่วมกิจกรรมสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมเพียงอย่างเดียว มีคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาหลังทดลองสูงกว่าก่อนการทดลอง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 สามารถอธิบายได้ คือ การจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมที่ส่งผลต่อความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนที่ดีขึ้น ซึ่งการจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมเพียงอย่างเดียวของกลุ่มควบคุมนั้น มีการออกแบบแผนการจัดกิจกรรมที่เหมือนกับกลุ่มทดลองทุกอย่างทั้งกิจกรรมและขั้นตอนกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม เว้นเพียงแต่จะไม่มีการใช้เทคนิคการใช้คำถามกับกลุ่มควบคุม โดยกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมจะมีขั้นตอนที่ช่วยส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหา คือ ขั้นระบุปัญหา (Problem Identification) เป็นขั้นที่ทำให้นักเรียนได้เพื่อให้นักเรียนร่วมกันศึกษาและทำความเข้าใจสถานการณ์ปัญหา และนำความรู้เดิมมาบูรณาการหาแนวคิดในการแก้ปัญหาต่าง ๆ ด้วยตนเอง สอดคล้องกับงานวิจัยของ พัชรพร มิณชรรัตน์ (2557) ที่กล่าวว่า การที่ครูได้มีการกำหนดสถานการณ์ปัญหาที่เกิดขึ้นในชีวิตจริงมาให้นักเรียนได้แก้ปัญหาร่วมกัน จะทำให้นักเรียนมีทักษะการแก้ปัญหา รวมถึงมีการแลกเปลี่ยนการเรียนรู้ซึ่งกันและกัน จะทำให้เกิดความรู้สึที่ดีต่อกัน ขั้นรวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา (Related Information Search) เป็นขั้นที่ทำให้นักเรียนได้ช่วยกันรวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่จะนำไปใช้แก้ปัญหา สอดคล้องกับงานวิจัยของ พรภัทร สินดี (2557) ที่กล่าวว่า การจัดการเรียนรู้แบบกลุ่มจะช่วยเปิดโอกาสให้นักเรียนมีการแลกเปลี่ยนความรู้ ความคิดเห็น และแลกเปลี่ยนประสบการณ์ร่วมกัน โดยถือว่าครูเป็นผู้ที่มีบทบาทในการส่งเสริมให้นักเรียนได้เกิดการพัฒนาความสามารถในการสื่อสารและยังส่งเสริมให้นักเรียนสามารถแก้ปัญหาได้เองอีกด้วย ขั้นตอนการแก้ปัญหา (Solution Design) เป็นขั้นที่ส่งเสริมให้นักเรียนร่วมกันวางแผนการแก้ปัญหาด้วยการออกแบบวิธีการแก้ปัญหา สถานการณ์ที่ครูกำหนดให้ ได้เรียนรู้การแก้ปัญหาผ่านการลงมือปฏิบัติ สอดคล้องกับ Robert (2013) ที่กล่าวว่า การจัดกิจกรรมให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติ จะช่วยให้นักเรียนได้ใช้ความคิดสร้างสรรค์ในการคิดแก้ปัญหาได้

3. ผลการจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับเทคนิคการใช้คำถามที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาของกลุ่มทดลอง และผลการจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมเพียงอย่างเดียวของกลุ่มควบคุม

ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนกลุ่มทดลองที่ร่วมกิจกรรมสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับเทคนิคการใช้คำถาม มีคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาหลังทดลองไม่แตกต่างจากนักเรียนกลุ่มควบคุมที่ร่วมกิจกรรมสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมเพียงอย่างเดียว สามารถอธิบายได้ คือ ความแตกต่างของกิจกรรมสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมของกลุ่มทดลอง และกลุ่มควบคุมนั้น คือการนำเทคนิคการใช้คำถามเข้าร่วมในกิจกรรม ซึ่งพบว่าการนำเทคนิคการใช้คำถามมาใช้ในกิจกรรมสำหรับกลุ่มทดลองนั้น ข้อคำถามที่ตั้งขึ้นอาจยังไม่สามารถกระตุ้นให้ผู้เรียนได้คิดทั้งในด้านเหตุผล ลักษณะคำถามขาดความท้าทาย บางคำถามมีความยากเกินไป ทำให้ไม่เหมาะสมกับระดับชั้นนักเรียนประถมศึกษาปีที่ 3 ทำให้คำถามนั้น ๆ ขาดแรงจูงใจและยังไม่ส่งเสริมให้นักเรียนในกลุ่มทดลองเกิดความสามารถในการแก้ปัญหาที่โดดเด่นกว่ากลุ่มควบคุมเท่าที่ควร Bonwell & Eison (1991 อ้างถึงใน Omairah, 2009) ได้แสดงความคิดเห็นเกี่ยวกับเทคนิคการใช้คำถามในการเรียนการสอนว่า การใช้คำถามให้มีประสิทธิภาพนั้น ควรประกอบไปด้วย การระบุคำถามอย่างรัดกุม การพิจารณาองค์ความรู้เดิมหรือความสามารถของนักเรียนในการกำหนดระดับของคำถาม การพิจารณาลักษณะของคำถามให้มีลำดับขั้นตอน

และมีความเป็นเหตุเป็นผลกัน การให้เวลาในการตอบคำถามของนักเรียนอย่างเพียงพอจะช่วยส่งเสริมให้การเรียนการสอนที่ใช้เทคนิคการใช้คำถามมีประสิทธิภาพมากขึ้น ซึ่งการใช้คำถามที่มีประสิทธิภาพนั้นประกอบด้วย โครงสร้างคำถาม คือ การถามคำถามที่ดีนั้นควรประกอบด้วยคำถามที่เป็นลำดับขั้น จากง่ายไปยาก จากคำถามที่คุ้นเคยไปสู่คำถามที่ยากและซับซ้อน (Turney et al., 1987) การกระจายคำถาม คือ การถามคำถามนักเรียนให้ทั่วถึง เพื่อให้ นักเรียนทุกคนมีส่วนร่วมในคำถาม รวมไปถึงการรอคอยคำตอบ การใช้คำถามที่ดีนั้น ครูควรหยุดเพื่อเว้นระยะให้นักเรียนได้คิด Tobin (1980) ได้ศึกษาว่า การรอคอยคำตอบของครูในเวลาที่เหมาะสม จะทำให้นักเรียนมีความตั้งใจเรียนสูง มีความสามารถในการลงข้อสรุป เมื่อครูใช้คำถามที่มีความชัดเจน คำถามที่เกี่ยวข้องกัน และการใช้คำถามที่มีระดับการคิดแบบต่าง ๆ จะทำให้นักเรียนตั้งใจเรียนมากขึ้น ซึ่งจะช่วยส่งเสริมให้นักเรียนได้คิดในระดับสูงยิ่งขึ้น อันจะนำไปสู่การพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาต่อไป

ข้อเสนอแนะ

1. ข้อเสนอแนะสำหรับการนำผลการวิจัยไปใช้

1.1 การจัดกิจกรรมระดมศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมสามารถนำไปใช้ได้กับเนื้อหาวิชาต่าง ๆ แต่ทั้งนี้ต้องคำนึงถึงระดับความรู้พื้นฐานของนักเรียน เช่น หากนำไปใช้ในรายวิชาวิทยาศาสตร์ นักเรียนอาจต้องมีพื้นฐาน ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เนื่องจากความรู้และทักษะดังกล่าวมีความจำเป็นต่อการทำกิจกรรมระดมศึกษาที่เน้นการลงมือปฏิบัติจริง

1.2 ในการจัดกิจกรรมระดมศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมนั้น เน้นการลงมือปฏิบัติจริงในการสร้างผลงานเป็นกลุ่มย่อย จำนวนนักเรียน 4-5 คนต่อกลุ่ม ซึ่งต้องอาศัยการชี้แนะและกำกับดูแลจากครูผู้สอน ดังนั้นจำนวนครู 1 คน สามารถจัดกิจกรรมระดมศึกษาได้ หากสอนนักเรียนประถมศึกษาในจำนวนและบริบทที่เหมาะสม

2. ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยครั้งต่อไป

2.1 ควรมีการศึกษาเทคนิคการใช้คำถามที่หลากหลาย เพื่อเป็นแนวทางในการตั้งคำถามที่มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

2.2 ควรมีการศึกษาลักษณะการจัดกิจกรรมระดมศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหานักเรียนประถมศึกษา ด้านอื่น ๆ ได้แก่ ความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ ความสามารถในการตีความหมาย ความสามารถในการสื่อสารและสื่อความหมาย เนื่องจากหลักการจัดกิจกรรมระดมศึกษา และการวัดความสามารถของนักเรียน จะประกอบไปด้วยกิจกรรมที่ให้นักเรียนได้ใช้ทักษะการเขียน การเรียบเรียง รวมไปถึงการอภิปรายหน้าชั้นเรียน ซึ่งอาจเป็นปัจจัยที่ช่วยส่งเสริมให้นักเรียนสามารถพัฒนาความสามารถในการสื่อสารได้

รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

- กระทรวงศึกษาธิการ. (2552). *หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551*. โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย.
- พรภัทร สินดี. (2557). *ผลการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการเชิงวิธีการที่เน้นกระบวนการกลุ่มที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ ความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์และพฤติกรรมการทำงานกลุ่ม เรื่องลำดับอนุกรม ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 [วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารบัณฑิต, มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ]* http://ir.swu.ac.th/xmlui/bitstream/handle/123456789/4460/Pornpat_S.pdf?sequence=1
- พรรณพร นามโนรินทร์. (2554). การพัฒนาทักษะการแก้ปัญหาจากการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน (Problem-Based Learning) ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนบ้านหนองโก สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษามหาสารคาม เขต 3. *วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา*, 6(1). 87-94.
- พัชรพร มิณชรรัตน์. (2557). *ผลการจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับเทคนิค STAD ที่มีต่อสมรรถนะด้านการแก้ปัญหาแบบร่วมมือเรื่อง พันธะเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 [วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารบัณฑิต, ไม่ได้ตีพิมพ์]. มหาวิทยาลัยนเรศวร, พิษณุโลก.*
- วศินส์ อิศรเสนา ณ อยุธยา. (2560). *เรื่องน่ารู้เกี่ยวกับ STEM Education (สะเต็มศึกษา)*. สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2557). *สะเต็มศึกษา*. https://www.stemedthailand.org/?page_id=23
- อภิสิทธิ์ ธงไชย. (2556). *สะเต็มศึกษากับพัฒนาการศึกษาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีวิศวกรรมศาสตร์และคณิตศาสตร์ในประเทศสหรัฐอเมริกา. สมาคมครูวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย*, 19(1), 15-18.
- อาทิตย์ ฉิมกุล. (2559). *ผลของการจัดการเรียนรู้ชีววิทยาตามแนวคิดสะเต็มศึกษาที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยาของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย [วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารบัณฑิต, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย]*. <http://cuir.car.chula.ac.th/bitstream/123456789/55146/1/5783457927.pdf>

ภาษาอังกฤษ

- Carin, A. A., & Sund, R. B. (1971). *Developing questioning techniques: A self-concept approach*. Bell and Howell.
- Glen, R. (1997). Scamper for student creativity. *Education Digest*, 62(6), 67-68.
- Omairah, O. (2009). *Teacher' questioning techniques and their potential in heightening pupils' inquiry*. <https://www.eduhk.hk/primaryed/e-proceedings/fullpaper/RN354a.pdf>
- The Partnership for 21st Century Skills. (2008). *21st century skills, education & competitiveness: A resource and policy guide*. http://www.21stcenturyskills.org/documents/21st_century_skills_education_and_competitiveness_guide.pdf

- Robert, A. (2013). STEM is here. Now what? *Technology and engineering teacher*, 73(1), 22-27. <https://eric.ed.gov/?id=EJ1049206>
- Tobin, T. (1980). *Ten principle for knowledge management success*. Gartner.
- Turney, C. E., Eltis, K. J., & Hatton, N. (1987). *Sydney Micro Skills: Redeveloped Series 1 handbook: Reinforcement, Basic Questioning, Variabillyity*. Sydney University Press.
- The Integrated Mathematics Science and Technology. (2007). *Research Project Integrated Mathematics Science and Technology in the Middle Grades*.
<http://www.fcrstem.org/Uploads/1/docs/IMAST.pdf>