วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
Journal of Education, Mahasarakham University
ปีที่ 9 ฉบับพิเศษ เมษายน พ.ศ. 2558
Volume 9 Special Edition April 2015

การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูง และเจตคติต่อการเรียนเคมี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษากับแบบปกติ

Comparisons of learning achievement, integrated science process skills, and attitude towards chemistry learning for Matthayomsueksa 5 students between STEM education and conventional methods

พลศักดิ์ แสงพรมศรี[1], ประสาท เนืองเฉลิม[2], ปิยะเนตร จันทร์ถิระติกุล[3]
Pholsak Saengpromsri[1], Prasart Nuangchalerm[2], Piyanete Chantiratikul[3]

บทคัดย่อ

การวิจัยในครั้งนี้มีความมุ่งหมาย 1) เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูง และ เจตคติต่อการเรียนวิชาเคมี ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียน 2) เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูง และ เจตคติต่อการเรียนวิชาเคมี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 หลังจากที่ได้รับการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษากับแบบปกติ กลุ่มตัวอย่างในการวิจัยในครั้งนี้ คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2557 โรงเรียนพยัคฆภูมิวิทยาคาร อำเภอพยัคฆภูมิพิสัย จังหวัดมหาสารคาม จำนวน 2 ห้องเรียน 100 คน ซึ่งได้มาโดยการ

[1] นิสิตระดับปริญญาโท สาขาเคมีศึกษา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
[2] รองศาสตราจารย์ ดร., ภาควิชาหลักสูตรและการสอน คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
[3] ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร., ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
[1] M.Sc. Candidate in Chemistry Education, Faculty of Science, Mahasarakham University
[2] Assoc. Prof. Dr, Department of Curriculum and Instruction, Faculty of Education, Mahasarakham University

[3] Asst. Prof. Dr., Department of Chemistry, Faculty of Science, Mahasarakham University

สุ่มตัวอย่างแบบกลุ่ม (Cluster random sampling) เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ 1) แผนการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษา เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี จำนวน 7 แผน 2) แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี 3) แบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูง และ 4) แบบวัดเจตคติต่อการเรียนเคมี สถิติพื้นฐานที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และสถิติที่ใช้ในการทดสอบสมมติฐาน คือ Hotelling's T^2

ผลการวิจัยปรากฏดังนี้

1. นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษา มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูง และเจตคติต่อการเรียนเคมี หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

2. นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษา มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูง และเจตคติต่อการเรียนเคมี สูงกว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

โดยสรุป นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษา มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูง และเจตคติต่อการเรียนเคมี สูงกว่าการเรียนรู้แบบปกติ ดังนั้นควรสนับสนุนให้ครูผู้สอนได้นำแนวคิดสะเต็มศึกษาไปประยุกต์ใช้ในการจัดการเรียนการสอนในกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และวิชาที่เกี่ยวข้องกับสะเต็มศึกษาต่อไป

คำสำคัญ : สะเต็มศึกษา, ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน, ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูง, เจตคติต่อการเรียนเคมี

Abstract

The objectives of this study are 1) to compare learning achievement, integrated science process skills, and attitude towards chemistry learning of students between before and after learning through STEM education, and 2) to compare learning achievement, integrated science process skills, and attitude towards chemistry learning of Matthayomsueksa 5

students between learning through STEM education and conventional methods. The sample used in this study consisted of Matthayomsueksa 5 students attending in the second semester of academic year 2014, Phayakkaphumwittayakhan school, Phayakkaphumphisai district, Mahasarakham province, obtained using the cluster random sampling technique. The instruments used in this study were; 1) 7 lesson plans of STEM education; 2) a 30-items of achievement test of science learning; 3) a 20-items test of integrated science process skills; and 4) a 20-items scale of attitude towards chemistry learning. The statistics used for analyzing data were mean, average, percentage, standard deviation, and Hotelling's T^2.

The results of the study revealed that

1. The students who learned through the STEM education had higher after learning score of science learning achievement, integrated science process skills, and attitude towards chemistry learning than before learning at the .05 level of significance.

2. The students who learned through the STEM education had higher after learning score of science learning achievement, integrated science process skills, and attitude towards chemistry learning than the students who learned through conventional method at the .05 level of significance.

In conclusion, students who learned through the STEM education had higher after learning score of science learning achievement, integrated science process skills, and attitude towards chemistry learning than the students who learned through the conventional method. Therefore, teachers should be supported to implement the STEM in science teaching in the future.

Keywords : STEM education, learning achievement, integrated science process skills, attitude towards chemistry learning

บทนำ

แนวทางการจัดการเรียนรู้ที่กำลังได้รับความสนใจกันอย่างมากในปัจจุบัน เป็นแนวคิดการจัดการเรียนรู้ที่มีการบูรณาการเนื้อหาและทักษะด้านวิชาวิทยาศาสตร์ วิชาคณิตศาสตร์ วิชาวิศวกรรมศาสตร์ และวิชาเทคโนโลยีเข้าด้วยกันซึ่งรวมเรียกว่า “สะเต็มศึกษา” (STEM Education) (ธานี จันทร์นาง, 2556; พรทิพย์ ศิริภัทราชัย, 2556; มนตรี จุพาวัฒนฑล, 2556; รักษพล ธนานุวงศ์, 2556ก; อภิสิทธิ์ ธงไชย และคณะ, 2556; Lantz, 2009; Breiner *et al*., 2012; O’Neill *et al*., 2012) โดยที่วิชาทั้งสี่ในสะเต็มศึกษานี้ล้วนแต่เป็นวิชาที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนได้มีความรู้ความสามารถที่จะดำรงชีวิตได้อย่างมีคุณภาพในศตวรรษที่ 21 ที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว สังคมตั้งอยู่บนฐานของความรู้ และเต็มไปด้วยเทคโนโลยีที่นับวันยิ่งเจริญก้าวหน้าขึ้นไป (รักษพล ธนานุวงศ์, 2556ข) เพราะในอดีตการเรียนรู้วิชา วิทยาศาสตร์ วิชาคณิตศาสตร์ และวิชาเทคโนโลยี เป็นการเรียนรู้ที่แยกออกจากกันอย่างอิสระเปรียบเสมือนกับขนมชั้น แต่ละชั้นจะเรียงกันเป็นชั้นๆ อย่างเป็นระเบียบแต่ก็ไม่สามารถรวมเป็นเนื้อเดียวกันได้ จึงได้มีการนำทักษะกระบวนการทางวิศวกรรม-ศาสตร์ “E” เข้ามาบูรณาการสู่การเรียนการสอนส่งผลทำให้การเรียนรู้เนื้อหาในวิชาวิทยาศาสตร์ วิชาคณิตศาสตร์ และวิชาเทคโนโลยี ผู้เรียนยังได้ฝึกฝนทักษะการสืบเสาะหาความรู้โดยใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และทักษะกระบวนการคิด การออกแบบ การแก้ปัญหา การให้เหตุผลต่างๆ ทางเทคโนโลยี และวิศวกรรมมาบูรณาการร่วมด้วย (สุพรรณี ชาญประเสริฐ, 2557) เพื่อยกระดับขีดความสามารถในการแข่งขันของประเทศ จึงมีความจำเป็นต้องการมีปรับการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยีแบบเดิมมาเป็นการเรียนการสอนสะเต็มศึกษา ด้วยเหตุผลหลักดังนี้ 1) ความรู้ความสามารถด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีของนักเรียนไทยด้อยกว่านานาชาติ เห็นได้จากผลการประเมิน PISA และ TIMSS รวมทั้งความสามารถทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยียังด้อยกว่าหลายๆ ประเทศ 2) ประเทศไทยต้องพ้นจากการเป็นประเทศที่มีรายได้ปานกลาง และ 3) กำลังคนด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีไม่สามารถรองรับการแข่งขันในอนาคตได้ ดังนั้น การนำสะเต็มศึกษามาใช้ในประเทศไทยต้องได้รับ

ความร่วมมือจากทุกภาคส่วน และมีการสร้างพันธมิตรจากหลากหลายหน่วยงานทั้งภาครัฐ ภาคเอกชนและชุมชนด้วย โดยเฉพาะในสถานศึกษาตั้งแต่โรงเรียน สถาบันอาชีวศึกษา และมหาวิทยาลัย (มนตรี จุฬาวัฒนฑล, 2556)

การที่จะประสบความสำเร็จในการบูรณาการวิชาทั้งสี่ในสะเต็มศึกษาได้นั้น ครูผู้สอนต้องผนวกองค์ประกอบสำคัญของการเรียนการสอน 2 ด้าน คือ ด้านบริบท (Context) ซึ่งเกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวันของผู้เรียนเอง และด้านเนื้อหา (Content) ซึ่งเกี่ยวข้องกับความรู้พื้นฐาน ที่สามารถส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ที่ลึกซึ้งยิ่งขึ้น (Deeper Learning) (Pellegrino and Hilton, 2012) นอกจากนี้จำเป็นต้องให้ผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติจริง ได้ทำงานเป็นกลุ่ม อภิปราย และสื่อสารเพื่อนำเสนอผลงาน คล้ายกับแนวทางการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็น (Project-Based Learning : PBL) การเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน (Problem-Based Learning : PBL) (รักษพล ธนานุวงศ์, 2556ก; อภิสิทธิ์ ธงไชย, 2556) และการเรียนรู้โดยใช้การออกแบบเป็นฐาน (Design-Based Learning) (พรทิพย์ ศิริภัทราชัย, 2556) ที่ผนวกรวมกระบวนการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ (Scientific Inquiry) ไว้แล้ว อีกทั้งยังได้มีการเรียนรู้สะเต็มศึกษาที่ผนวกการเรียนรู้บนฐานการออกแบบซึ่งเป็นแนวทางการเรียนรู้วิศวกรรมเข้าไปด้วย (อุปการ จีระพันธุ, 2556) ส่งผลทำให้นักเรียนได้เรียนรู้จากการลงมือปฏิบัติจริง สืบเสาะหาความรู้และวิจัยด้วยตนเอง มีความกระตือรือร้น รู้สึกสนุก พึงพอใจ และอยากเข้ามามีส่วนในการทำกิจกรรมเพิ่มขึ้นด้วย (ประสาท เนืองเฉลิม, 2557) ระดับผลการเรียนในวิชาวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์เพิ่มสูงขึ้น (Diana, 2012) ลดช่องว่างของผลสัมฤทธิ์ให้แคบลง (Han *et al.*, 2014) มีเจตคติที่ดีต่อการประกอบอาชีพที่เกี่ยวข้องกับ STEM (Tseng *et al.*, 2013) มีเจตคติต่อวิทยาศาสตร์และสนใจเรียนวิชาวิทยาศาสตร์เพิ่มขึ้น (Dowey, 2013) เห็นคุณค่าของการเรียนและมั่นใจว่าสามารถสำเร็จการศึกษาได้ (Scott, 2012) และสามารถถ่ายโอนความรู้ทักษะและกระบวนการทางวิทยาศาสตร์สู่การแก้ปัญหาในชีวิตจริงที่เผชิญหน้าและประยุกต์ใช้กับปัญหาใหม่ๆ ที่เกิดขึ้นในภายภาคหน้าได้ (กษมาพร เข็มสันเทียะ, 2557; Diana, 2012; Tseng *et al.*, 2013)

ความมุ่งหมายของการวิจัย

1. เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะกระบวนการทาง

วิทยาศาสตร์ขั้นสูง และเจตคติต่อการเรียนวิชาเคมี ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียน

2. เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูง และเจตคติต่อการเรียนวิชาเคมี ของนักเรียนหลังจากที่ได้รับการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษากับแบบปกติ

สมมติฐานของการวิจัย

1. นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษามีคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูง และเจตคติต่อการเรียนเคมี สูงกว่าก่อนเรียน

2. นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษามีคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูง และเจตคติต่อการเรียนเคมี สูงกว่าการจัดการเรียนรู้แบบปกติ

วิธีดำเนินการวิจัย

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยในครั้งนี้ คือ นักเรียนที่กำลังศึกษาอยู่ในชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2557 โรงเรียนพยัคฆภูมิวิทยาคาร อำเภอพยัคฆภูมิพิสัย จังหวัดมหาสารคาม จำนวน 372 คน 7 ห้องเรียน

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยในครั้งนี้ คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2557 โรงเรียนพยัคฆภูมิวิทยาคาร อำเภอพยัคฆภูมิพิสัย จังหวัดมหาสารคาม จำนวน 2 ห้องเรียน 100 คน ได้มาโดยการสุ่มตัวอย่างแบบกลุ่ม (Cluster random sampling) โดยผู้วิจัยได้ทดสอบความรู้พื้นฐานวิชาเคมี โดยใช้คะแนนวิชาเคมี ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2557 มาทดสอบความแปรปรวนโดยใช้ F-test จากนั้นให้เลือกห้องที่ให้ค่าการทดสอบไม่แตกต่างกันไว้แล้วทำการสุ่มตัวอย่างแบบกลุ่มเพื่อให้ได้กลุ่มตัวอย่าง 2 ห้องเรียน

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย มี 4 ชนิด คือ

1. แผนการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษา วิชาเคมี เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 7 แผนการจัดการเรียนรู้ เวลารวม 11 ชั่วโมง

2. แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน วิชาเคมี เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น ซึ่ง

เป็นแบบปรนัยชนิดเลือกตอบ 5 ตัวเลือก จำนวน 30 ข้อ มีค่าอำนาจจำแนกเป็นรายข้อ ตั้งแต่ .22 ถึง .52 และมีค่าความเชื่อมั่นทั้งฉบับเท่ากับ .779

3. แบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูงที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น ซึ่งเป็นแบบปรนัยชนิดเลือกตอบ 5 ตัวเลือก จำนวน 20 ข้อ มีค่าความยากง่ายเป็นรายข้อตั้งแต่ .24 ถึง .68 ค่าอำนาจจำแนกเป็นรายข้อตั้งแต่ .21 ถึง .68 และมีค่าความเชื่อมั่นทั้งฉบับเท่ากับ (KR-20) .655

4. แบบวัดเจตคติต่อการเรียนวิชาเคมี เป็นแบบมาตรวัดประมาณค่า 5 ระดับ จำนวน 20 ข้อ มีค่าอำนาจจำแนกรายข้อ (R_{xy}) ตั้งแต่ .301 ถึง .636 และมีค่าความเชื่อมั่น (α-coefficient) ทั้งฉบับเท่ากับ .858

การดำเนินการวิจัย

1. ทดสอบก่อนเรียน (Pre-test) โดยใช้แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน วิชาเคมี เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี แบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูง และแบบวัดเจตคติต่อการเรียนเคมี ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น

2. ดำเนินการจัดการเรียนรู้ตามแผนการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษา เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นและผ่านการหาคุณภาพมาแล้ว

3. ขั้นสิ้นสุดการจัดการเรียนรู้ตามแผนที่วางไว้ ทดสอบวัดหลังเรียน (Post-test) โดยใช้แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน วิชาเคมี เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี แบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูง และแบบวัดเจตคติต่อการเรียนเคมี ฉบับเดียวกับที่ใช้ทำการทดสอบก่อนเรียน แล้วนำข้อมูลที่ได้จากการทดลองกับนักเรียนทั้งสองกลุ่มไปทำการตรวจให้คะแนน และวิเคราะห์ทางสถิติเพื่อสรุปผลการทดลอง

การวิเคราะห์ข้อมูล

ในการวิเคราะห์ข้อมูล ผู้วิจัยได้ดำเนินการตามลำดับขั้นตอนดังนี้

ตอนที่ 1 ผลการเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูง และเจตคติต่อการเรียนเคมี ก่อนและหลังได้รับการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษา สถิติพื้นฐานที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และตรวจสอบสมมติฐานโดยใช้วิธีการทางสถิติ Hotelling's T^2 (Dependent Samples)

ตอนที่ 2 ผลการเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูง และเจตคติต่อการเรียนเคมี หลังจากได้รับการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษากับแบบปกติ โดยใช้วิธีการทางสถิติ Hotelling's T^2 (Independent Samples)

ผลการวิจัย

1. นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษา มีคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูง และเจตคติต่อการเรียน หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน ดังแสดงในตาราง 1

ตาราง 1 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะกระบวนการทางวิทยาสาสตร์ขั้นสูง และเจตคติต่อการเรียนเคมี ก่อนและหลังได้รับการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษา

ผลการเรียนรู้	คะแนนเต็ม	n	คะแนน			
			ก่อนเรียน		หลังเรียน	
			$\overline{X}$	S.D.	$\overline{X}$	S.D.
ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน (ACH)	30	50	6.76	2.44	17.34	2.67
ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูง (ISP)	20	50	3.30	1.39	12.44	3.32
เจตคติต่อการเรียนเคมี (ATT)	100	50	71.34	5.22	84.58	4.35

เมื่อเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูง และเจตคติต่อการเรียนเคมี ระหว่างก่อนและหลังจากได้รับการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษา พบว่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ดังแสดงในตาราง 2

ตาราง 2 เปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูง และเจตคติต่อการเรียนเคมี ก่อนและหลังได้รับการจัดการ

เรียนรู้สะเต็มศึกษา

สถิติ	Value	F	Hypothesis df	Error df	*p
Pillai's Trace	.881	237.116	3.000	96.000	.000
Wilks' Lambda	.119	237.116	3.000	96.000	.000
Hotelling's Trace	7.410	237.116	3.000	96.000	.000
Roy's Largest Root	7.410	237.116	3.000	96.000	.000

*p < .05

2. นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาและแบบปกติ มีคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูง และเจตคติต่อการเรียน หลังเรียน ดังแสดงในตาราง 3

ตาราง 3 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูง และเจตคติต่อการเรียนเคมี ของนักเรียน จำแนกตามวิธีการเรียนรู้

ผลการเรียนรู้	คะแนนเต็ม	n	วิธีการเรียนรู้			
			แบบปกติ		สะเต็มศึกษา	
			$\bar{X}$	S.D.	$\bar{X}$	S.D.
ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน (ACH)	30	50	16.38	2.22	17.34	2.67
ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูง (ISP)	20	50	8.10	1.76	12.44	3.321
เจตคติต่อการเรียนเคมี (ATT)	100	50	71.40	6.01	84.58	4.35

เมื่อเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูง และเจตคติต่อการเรียนเคมี ระหว่างได้รับการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษากับแบบปกติ พบว่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ดังแสดงในตาราง 4

ตาราง 4 เปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูง และเจตคติต่อการเรียนเคมี ระหว่างได้รับการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษากับแบบปกติ

สถิติ	Value	F	Hypothesis df	Error df	*p
Pillai's Trace	.701	74.924	3.000	96.000	.000
Wilks' Lambda	.299	74.924	3.000	96.000	.000
Hotelling's Trace	2.341	74.924	3.000	96.000	.000
Roy's Largest Root	2.341	74.924	3.000	96.000	.000

*p < .05

อภิปรายผล

1. นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษา มีคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูง และเจตคติต่อการเรียนเคมี หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้ ซึ่งการที่ผลการวิจัยเป็นเช่นนี้ เนื่องมาจากกิจกรรมการเรียนรู้สะเต็มศึกษา มีลักษณะเป็นการเรียนรู้ที่ตั้งอยู่บนพื้นฐานของการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้และการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน (รักษพล ธนานุวงศ์, 2556ก; Breiner *et al*., 2012) ซึ่งการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ เป็นวิธีการเรียนที่รู้ที่ช่วยให้ผู้เรียนสามารถพัฒนาทั้งด้านอารมณ์สังคม สติปัญญา และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ มุ่งเน้นให้ผู้เรียนได้ใช้ทักษะที่จำเป็นในการสร้างองค์ความรู้ใหม่ๆ ด้วยตนเอง เกิดความเข้าใจอย่าง

แท้จริงไม่ใช่แค่การท่องจำอย่างเดียว (ประสาท เนืองเฉลิม, 2557) และการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน เป็นวิธีการเรียนรู้ที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนมีความพร้อมต่อการดำรงชีวิตและปรับตัวในศตวรรษที่ 21 (Cheung, 2011) ทำให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการทำงานร่วมกันเป็นกลุ่ม ร่วมกันถาม ร่วมกันแก้ปัญหา (ประสาท เนืองเฉลิม, 2554) และสอดคล้องกับงานวิจัยของ Han และคณะ (2014) ที่ได้ศึกษาผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้บูรณาการวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมและคณิตศาสตร์ผ่านการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐาน ว่ามีผลต่อนักเรียนที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์แตกต่างกันอย่างไร โดยตลอดระยะเวลาการศึกษาวิจัยในครั้งนี้ โรงเรียนแต่ละแห่งมีการใช้ STEM PBL มาก่อนหน้าแล้ว และมีการปรับปรุงทุกๆ 6 เดือนเป็นเวลา 3 ปี ส่วนครูผู้สอนก็ได้เข้าร่วมเพื่อรับการพัฒนาสู่ครูมืออาชีพทางด้าน STEM อีกด้วย

ผลการศึกษาชี้ให้เห็นว่า กิจกรรมการเรียนการสอนแบบ STEM PBL ส่งผลทำให้ ผลสัมฤทธิ์ในรายวิชาคณิตศาสตร์เพิ่มสูงขึ้น และมีอัตราการเพิ่มขึ้นสูงสุดในกลุ่มนักเรียนที่มีผลสัมฤทธิ์ต่ำ

2. นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษา มีคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูง และเจคติต่อการเรียนเคมี หลังเรียนสูงกว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้ เนื่องมาจากกิจกรรมการเรียนรู้สะเต็มศึกษาที่ผู้วิจัยได้ออกแบบมีลักษณะเป็นการเรียนรู้ที่ตั้งอยู่บนพื้นฐานของการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ และการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน แล้วใช้กระบวนการทางวิศวกรรมและเทคโนโลยีมาบูรณาการใช้แก้ปัญหาภายใต้สถานการณ์และเงื่อนไขที่กำหนดให้ แบ่งออกเป็น 2 ตอน โดยตอนแรกเป็นการใช้กระบวนการทางวิศวกรรมและเทคโนโลยีมาใช้เพื่อออกแบบชิ้นงานผ่านใบกิจกรรมที่ได้ออกแบบวิธีดำเนินกิจกรรมขั้นตอนตามกระบวนการทางวิศวกรรม และเทคโนโลยี เพื่อช่วยลำดับความคิดของนักเรียนให้สามารถดำเนินกิจกรรมได้ ตามขั้นตอนดังนี้ เริ่มจาก 1) การระบุปัญหาหรือสถานการณ์เพื่อให้นักเรียนวิเคราะห์ถึงประเด็นปัญหาหรือความต้องการ รวมทั้งเงื่อนไขต่างๆ จากข้อมูลหรือสถานการณ์ที่กำหนดให้ 2) การเก็บรวบรวมข้อมูลเป็นขั้นที่นักเรียนต้องรวบรวมข้อมูล

ต่างๆ ที่จำเป็นสำหรับการแก้ไขปัญหาหรือสถานการณ์ตามเงื่อนไขที่กำหนด โดยวิเคราะห์ว่าจะใช้ความรู้ในเรื่องใดบ้างในการแก้ไขปัญหาและต้องสรุปองค์ความรู้นั้นเอง รวมทั้งต้องทำการทดลองเพื่อประกอบการตัดสินใจเลือกสารเคมีและอุปกรณ์ (ซึ่งพบเห็นได้ในชีวิตประจำวันของนักเรียน) ที่จะใช้ในการแก้ปัญหา พร้อมบอกเหตุผลประกอบด้วยตัวของนักเรียนเองทั้งหมด 3) ออกแบบชิ้นงาน นักเรียนช่วยกันระดมความคิด วางแผน วาดรูป และแสดงชิ้นงานที่ออกแบบไว้ ซึ่งการที่นักเรียนสามารถวาดรูปออกแบบชิ้นงานออกมาได้จะแสดงถึงได้ผ่านกระบวนการคิดเป็นลำดับขั้นมาก่อนแล้วเพื่อนำไปสู่การสร้างชิ้นงานและปฏิบัติจริง 4) การทดลอง ขั้นนี้นักเรียนต้องทำการทดลองตามที่นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันออกแบบไว้ และนักเรียนจะต้องบันทึกข้อมูลทุกอย่างที่ได้เพื่อนำไปพิจารณาผลการทดลองต่อไป 5) การประเมินและปรับปรุงแก้ไข นักเรียนจะได้ประเมินผลการทดลองที่ได้ของแต่ละกลุ่ม พร้อมทั้งบอกปัญหาที่เกิดขึ้นระหว่างการทดลองและบอกวิธีในการปรับปรุงแก้ไขหากยังไม่สามารถแก้ปัญหาตามเงื่อนไข หรืออาจแก้ปัญหาได้ตามเงื่อนไขแล้ว แต่ต้องการปรับปรุงให้ดีขึ้นพร้อมทั้งอธิบายเหตุผลประกอบด้วย ส่วนตอนที่ 2 เป็นส่วนของการใช้ความรู้ด้านคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์โดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูง เพื่อตอบโจทย์ปัญหาหรือแก้ไขปัญหาที่พบเจอ โดยนำชิ้นงานหรือแนวทางที่ได้จากตอนที่ 1 มาใช้ ซึ่งในตอนนี้นักเรียนจะได้ใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูงมาใช้สืบเสาะเพื่อให้ได้มาซึ่งข้อมูลที่ได้จากการทดลอง และใช้ความรู้ทางคณิตศาสตร์มาใช้คำนวณและตอบคำถามปัญหาที่กำหนดให้

ด้วยเหตุผลและกิจกรรมการเรียนการสอนดังกล่าวข้างต้น จึงส่งเสริมให้นักเรียนสามารถเข้าใจความเชื่อมโยงระหว่างหลักการ แนวคิด และทักษะของแต่ละวิชา (Nikitina and Mansilla, 2003) ขยายความรู้ทางคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์ไปใช้ประโยชน์ (Torp and Sage, 2002) เชื่อมโยงการเรียนรู้สู่การคิดและการปฏิบัติ (Goodnough and Cashion, 2006) ช่วยให้นักเรียนเกิดความคิดสร้างสรรค์ และความคิดเชิงวิพากษ์วิจารณ์ (Capon and Kuhh, 2004) ส่งเสริมให้ผู้เรียนสนใจเรียนทางด้านวิทยาศาสตร์เพิ่มขึ้น (Dutch *et al*, 2001) และพัฒนาความสามารถในการประยุกต์ใช้ความรู้ของนักเรียน (Torp and Sage, 2002) การจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษา จึงทำให้นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เกิดทักษะ

กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูงและเจตคติต่อการเรียนเคมี สูงกว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยบางส่วนของ Scott (2012) ที่ได้ศึกษาการจัดการเรียนรู้บูรณาการวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมและคณิตศาสตร์ในโรงเรียนในประเทศสหรัฐอเมริกา ผลการศึกษาชี้ให้เห็นว่านักเรียนที่สมัครใจเข้าร่วมห้องเรียน STEM มีความสามารถในการแก้ปัญหาต่างๆ ได้ดีกว่าเด็กนักเรียนระดับเดียวกันที่ไม่ได้เข้าร่วม และนักเรียนกลุ่มที่เข้าร่วมนี้ยังได้บอกอีกว่า หากพวกเขาได้รับโอกาสและการสนับสนุนส่งเสริมให้สามารถเรียนรู้ที่จะแก้ปัญหาที่พบเจอในชีวิตและฝึกงานจริง หรือให้รับผิดชอบทำโครงงานขึ้นมาสักชิ้น แสดงให้เห็นว่านักเรียนเกิดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และสามารถนำไปประยุกต์ ใช้ได้เพื่อใช้ขอสำเร็จการศึกษา และมั่นใจว่าสามารถสำเร็จการศึกษาขั้นพื้นฐานได้อย่างแน่นอน จึงเป็นการบ่งบอกว่านักเรียนเกิดเจตคติที่ดีต่อการการเรียนวิทยาศาสตร์หรือวิชาที่เกี่ยวข้องกับ STEM และยังสอดคล้องบางส่วนกับ Dowey (2013) ที่ได้ศึกษาเจตคติความสนใจและการรับรู้ความสามารถของตนเองต่อวิชาวิทยาศาสตร์ โดยใช้กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนที่เรียนในหลักสูตร STEM พบว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ในหลักสูตร STEM มีเจตคติและความสนใจต่อวิชาวิทยาศาสตร์สูงขึ้น และสอดคล้องกับ Tseng และคณะ (2013) ได้ศึกษาเจตคติต่อการบูรณาการวิชาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรม และคณิตศาสตร์ (STEM) ในการเรียนรู้แบบโครงงาน

มีจุดประสงค์เพื่อศึกษาเจตคติก่อนและหลังจากได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบใช้โครงงานเป็นฐานที่บูรณาการ STEM กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยนี้คือ ผู้ที่เริ่มทำงานใหม่ในสถาบันเทคโนโลยีในไต้หวัน จำนวน 5 แห่ง รวม 30 คน ผลการศึกษาพบว่า กลุ่มตัวอย่างที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนด้วยโครงงานเป็นฐาน มีเจตคติต่อวิศวกรรมเปลี่ยนไปอย่างมีนัยสำคัญ จากการสัมภาษณ์ เกือบทั้งหมดแสดงให้เห็นถึงความสำคัญของ STEM คือ ความรู้ ทักษะและประสบการณ์ทางด้าน STEM จะเป็นประโยชน์ในการประกอบอาชีพในอนาคต สามารถนำมาใช้เพื่อแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นจริงได้ สามารถสร้างโลกที่มีสิ่งอำนวยความสะดวกเพิ่มมากขึ้น สามารถแสดงให้เห็นถึงความหมายของการเรียนรู้และอยากที่จะเรียนรู้เพิ่มขึ้น และส่งผลต่อเจตคติในการประกอบอาชีพที่เกี่ยวข้องกับ STEM ในภายภาคหน้าเพิ่มขึ้น

ข้อเสนอแนะ

1. ข้อเสนอแนะทั่วไป

1.1 การจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษา เป็นการจัดการเรียนรู้ที่ตั้งอยู่บนพื้นฐานของการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการวิชาทั้งสี่ ประกอบด้วย วิชาวิทยาศาสตร์ วิชาเทคโนโลยี วิชาวิศวกรรม และวิชาคณิตศาสตร์ ดังนั้นความรู้พื้นฐานของแต่ละวิชาจึงเป็นสิ่งสำคัญในการบูรณาการความรู้ของผู้เรียน ครูผู้สอนจึงควรเตรียมความรู้พื้นฐานของผู้เรียนให้พร้อมก่อนที่จะจัดการจัดการเรียนรู้บูรณาการสะเต็มศึกษา

1.2 การจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษา มีลักษณะการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ การสอนโดยใช้ปัญหาเป็นฐาน หรือการสอนโดยใช้โครงงานเป็นฐาน ซึ่งล้วนแต่เป็นวิธีการสอนที่ส่งเสริมการเรียนรู้สะเต็มศึกษา ดังนั้นครูผู้สอนควรนำวิธีการสอนแบบสืบเสาะการสอนโดยใช้ปัญหาเป็นฐาน หรือการสอนโดยใช้โครงงานเป็นฐาน มาปรับใช้เพื่อออกแบบการเรียนการสอนหรือออกแบบกิจกรรม แล้วใช้เทคโนโลยีเข้ามาเพื่ออำนวยความสะดวกในการออกแบบชิ้นงาน ตามขั้นตอนของกระบวนการทางวิศวกรรมเพื่อใช้แก้ปัญหา

1.3 กระบวนการเทคโนโลยีและการออกแบบทางวิศวกรรม แม้จะแยกออกเป็น 2 วิชา แต่เมื่อพิจารณาขั้นตอนของกระบวนการของทั้งสองวิชานี้พบว่าจะมีขั้นตอนที่คล้ายคลึงกันมาก ดังนั้นในระดับการศึกษาขั้นพื้นฐานนี้วิชาทั้งสองนี้จึงไม่ได้แยกออกจากกันอย่างชัดเจน ดังนั้นในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยจึงควบรวมขั้นตอนของกระบวนการทางเทคโนโลยีและการออกแบบทางวิศวกรรม และแบ่งออกเป็น 5 ขั้นตอน คือ 1) ขั้นระบุปัญหาหรือสถานการณ์ 2) ขั้นเก็บรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้อง 3) ขั้นออกแบบชิ้นงานหรือวิธีการแก้ปัญหา 4) ขั้นการทดลอง และ 5) ขั้นประเมินและปรับปรุงแก้ไข

1.4 ในการจัดการเรียนการสอนสะเต็มศึกษา ครูผู้สอนต้อง

1.4.1 ส่งเสริมให้ผู้เรียนได้ใช้เทคโนโลยีอย่างเต็มที่ เพื่อที่จะให้ผู้เรียนได้เข้าถึงฐานข้อมูลได้อย่างทันทีที่นักเรียนต้องการ

1.4.2 คอยอำนวยความสะดวก และคอยแนะนำให้กับนักเรียนในการเลือกข้อมูลที่นักเรียนหามาได้ เพื่อนักเรียนได้ใช้ข้อมูลที่ถูกต้อง รวมทั้งการทดลองเพื่อประกอบการตัดสินใจของนักเรียน เพราะถ้านักเรียนไม่สามารถวิเคราะห์ข้อมูลมาเพื่อใช้ตอบปัญหาได้ นักเรียนจะไม่สามารถดำเนินกิจกรรมใน

ขั้นตอนต่อไปได้เลย แต่ทั้งนี้ก็ต้องให้นักเรียนเป็นผู้เลือกและบอกเหตุผลประกอบด้วยตัวของนักเรียนเองทั้งหมด

1.4.3 ให้เวลากับนักเรียนมากพอ เนื่องจากการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษา มีการนำขั้นตอนทางเทคโนโลยีและการออกแบบทางวิศวกรรมมาบูรณาการร่วมด้วย ซึ่งเป็นสิ่งแปลกใหม่สำหรับนักเรียน ดังนั้นในช่วงแรกๆ ครูผู้สอนต้องให้เวลาอย่างมากพอในการจัดกิจกรรมในขั้นตอนนี้ เพราะถ้านักเรียนไม่สามารถผ่านขั้นตอนใดขั้นตอนหนึ่งได้ ก็ทำให้ไม่สามารถดำเนินกิจกรรมในขั้นตอนต่อไปได้

1.4.4 จัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาอย่างต่อเนื่อง เร็วเท่าไหร่ก็ยิ่งดี เพื่อให้นักเรียนเกิดความคุ้นชินและมีความคิดรวบยอดของสะเต็มศึกษา และเรียนรู้อย่างต่อเนื่องในระดับที่สูงขึ้นไป

1.4.5 ร่วมมือกับครูผู้สอนในกลุ่มสาระการเรียนรู้ที่เกี่ยวข้องกับสะเต็มศึกษา เพื่อช่วยกันกำหนดรายวิชาสะเต็มศึกษา หรือกำหนดเป็นหลักสูตรของสถานศึกษา และ/หรืออาจจะใช้ผลงาน ชิ้นงานของนักเรียนที่ได้รับมอบหมายในรายวิชาสะเต็มศึกษามาเป็นส่วนหนึ่งของการสำเร็จการศึกษาก็เป็นได้

2. ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

2.1 ควรทำการศึกษาวิจัยผลการจัดการเรียนรู้ที่เกิดจากการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษากับตัวแปรอื่นๆ เช่น ความสามารถในการคิดขั้นสูง ความสามารถในการคิดแก้ปัญหา การคิดวิเคราะห์

2.2 ควรทำการวิจัยอย่างต่อเนื่องโดยใช้กลุ่มนักเรียนกลุ่มเดิมและติดตามผลจนกว่านักเรียนสำเร็จการศึกษาตามช่วงชั้น

เอกสารอ้างอิง

กษมาพร เข็มสันเทียะ. (2557). โครงงานปั้นข้าวจี่ ฝีมือหนู. *รายงานผลการจัดประสบการณ์การเรียนรู้บูรณาการวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์และเทคโนโลยี ในระดับประถมวัย ตามแนวทางสะเต็มศึกษา*. กรุงเทพฯ, สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. หน้า 94 – 96.

ธานี จันทร์นาง. (2556). สะท้อนความคิดจากประสบการณ์การใช้กิจกรรม STEM Education ในห้องเรียน. *สมาคมครูวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย*, *19*(มกราคม–ธันวาคม 2556), 29 – 36.

ประสาท เนืองเฉลิม. (2554). *วิจัยการเรียนการสอน*. พิมพ์ครั้งที่ 1. มหาสารคาม, อภิชาตการพิมพ์.

ประสาท เนืองเฉลิม. (2557). *การเรียนรู้วิทยาศาสตร์ในศตวรรษที่ 21*. พิมพ์ครั้งที่ 1. มหาสารคาม, อภิชาตการพิมพ์.

มนตรี จุพาวัฒนทล. (2556). การศึกษาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมและคณิตศาสตร์ หรือ “สะเต็ม”. *สมาคมครูวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย*, *19*(มกราคม–ธันวาคม 2556), 3 – 14.

พรทิพย์ ศิริภัทราชัย. (2556). STEM Education กับการพัฒนาทักษะในศตวรรษที่ 21. *นักบริหาร*, *33*(2), 49 – 56.

รักษพล ธนานุวงศ์. (2556ก). *รายงานสรุปการประชุมเชิงปฏิบัติการ STEM Education*. สืบค้นเมื่อวันที่ 15 ตุลาคม 2556 จาก http://www.slideshare.net/focusphysics/stemworkshopsummary.

รักษพล ธนานุวงศ์. (2556ข). เรียนรู้สภาวะโลกร้อนด้วย STEM Education แบบบูรณาการ. *สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.)*, *41*(182), 15 – 20.

รุ่งระวี ศิริบุญนาม. (2551). *การเปรียบเทียบความสามารถในการคิดวิเคราะห์ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เรื่อง กรด – เบส และเจตคติต่อการเรียนเคมี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น การเรียนรู้แบบ KWL และการเรียนรู้แบบปกติ*. วิทยานิพนธ์กศ.ม., มหาวิทยาลัยมหาสารคาม, มหาสารคาม.

สุพรรณี ชาญประเสริฐ. (2556). หลักสูตรกับการจัดการเรียนรู้วิชาเคมี. *สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.)*, *41*(180), 34 – 37.

สุพรรณี ชาญประเสริฐ. (2557). สะเต็มศึกษากับการจัดการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21. *สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.)*, *42*(186), 3 – 5.

อภิสิทธิ์ ธงไชย. (2556). สะเต็มศึกษากับการพัฒนาการศึกษาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์และคณิตศาสตร์ในประเทศสหรัฐอเมริกา. *สมาคมครูวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย*, *19*(มกราคม–ธันวาคม 2556), 15 – 18.

อภิสิทธิ์ ธงไชย และทีมงานสาขาออกแบบและเทคโนโลยี สสวท. (2555). *สรุปการบรรยายพิเศษเรื่อง Science, Technology, Engineering and Mathematics*

Education: Preparing students for the 21st Century. สืบค้นเมื่อวันที่ 20 มกราคม 2556 จาก http://designtechnology.ipst.ac.th/uploads/STEMeducation.pdf.

อุปการ จีระพันธุ. (2556). หลักสูตรการออกแบบและเทคโนโลยี. *สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.)*, *41*(180), 24 – 27.

Breiner, J. M., Carla, C. J., Harkness, S. S. & Koehler. C.M. (2012). What is STEM? A discussion About Conceptions of STEM in Education and Partnerships. *School Science and Mathematics*, *112*(1), 3 – 11.

Capon, N. & Kuhn, D. (2004). What's so good about problem-based learning? *Cognition and Instruction*, *22*(1), 61 – 79.

Chueng, M. (2011). Creativity in Advertising Design Education: An experimental study. *Instructional Science*, *39*(6), 843 – 864.

Diana, L. R. (2012). *Integrated STEM Education through Project-Based Learning*. Retrieved on January 28, 2014, from http://www.rondout.k12.ny.us/- commonpages/DisplayFile.aspx? itemId= 16466975

Dowey, A. L. (2013). *Attitudes, Interest, and Perceived Self-efficacy toward Science of Middle School Minority Female Students: Considerations for their Low Achievement and Participation in STEM Disciplines*. Degree Doctor of Education. Univesity of Calofornia, San Diego.

Duch, B. J., Groh, S. E. & Allen, D. E. (2001). *The power of problem-based learning*. Sterling, VA: Stylus.

Goodnough, K. & Cashion, M. (2006). Exploring problem-based learning in the context of high school science: Design and implementation issues. *School Science and Mathematics*, *106*(7), 280 – 295.

Han, S., Capraro, R. & Capraro, M. M. (2014). How science, technology, engineering and mathematics (STEM) project-based learning (PBL) affects high, middle, and low achievers differently: The Impact of Student Factors on Achievement. *International Journal of Science and Mathematics Education*, *12*(2), n.d.

Lantz, H. B. (2009). *Sicence, Technology, Engineering, and Mathematics (STEM) Education What Form? What Function?*. Retrieved on March 12, 2014, from http://www.currtechintegrations.com/pdf/STEMEducationArticle.pdf.

Nikitina, S., & Mansilla, V. B. (2003). *Three strategies for interdisciplinary math and science teaching: A case of the Illinois Mathematics and Science Academy* (Good Work Project Report Series, No. 21). Cambridge, MA:Project Zero, Harvard University. Retrieved on September 10, 2014, from http://www.goodworkproject.org/wp-content/uploads/2010/10/21-Strategy-for-ID-Math-Science-303.pdf.

O'Neil, T. L., Yamagata, J. Y. & Togioka, S. (2012). Teaching STEM Means Teacher Learning. *Phi Delta Kappan*, *94*(1), 36 – 40.

Pellegrino, J. W. & Hilton, M. L. (2012). *Education for Life and Work: Developing Transferable Knowledge and Skills in the 21st Century*. National Academy Press.

Scott, C. (2012). An Investigation of Science, Tecnology, Engineering and Mathematics (STEM) Focused High School in the U.S.. *Journal of STEM Education*, *13*(5), 30 – 39.

Torp, L. & Sage, S. (2002). *Problems as possibilities: Problem-based learning for K-16 education (2nd edition)*. Alexandria, VA: Association of Supervision and Curriculum Development.

Tseng, K., Chang, C., Lou, S. & 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.