**การพัฒนาทักษะการคิดแก้ปัญหาของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4**

**โรงเรียนเมืองบัววิทยา โดยใช้หน่วยการเรียนรู้แบบบูรณาการสะเต็มศึกษา**

**ที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม**

**A Development of Problem Solving Skill of Mathayomsuksa 4 Students at Muangbuawittaya School by Using Integrated STEM Learning Unit Emphasizing Engineering Design Process**

นายสุทธิรักษ์ นิลาลาด1 อาจารย์ ดร.เทพพร โลมารักษ์2 ผู้ช่วยศาสตรจารย์ ดร.วรวัฒน์ พรหมเด่น2

*1นักศึกษาหลักสูตรครุศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาหลักสูตรและการจัดการเรียนรู้ มหาวิทยาราชภัฏบุรีรัมย์*

*2สาขาวิทยาศาสตร์ทั่วไป คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์*

*E – mail : Sutthiraknilalad@gamil.com*

**บทคัดย่อ**

 การวิจัยในครั้งนี้วัตถุประสงค์ดังนี้ 1) เพื่อเปรียบเทียบทักษะการคิดแก้ปัญหาก่อนเรียนและหลังเรียน 2) เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนและหลังเรียน และ 3) เพื่อศึกษาทัศนคติต่อกิจกรรมสะเต็มศึกษาของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยใช้หน่วยการเรียนรู้แบบบูรณาการสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม กลุ่มตัวอย่างได้แก่ นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/1 โรงเรียนเมืองบัววิทยา ตำบลเมืองบัว อำเภอชุมพลบุรี จังหวัด ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2561 จำนวน 34 คน ด้วยวิธีการสุ่มอย่างง่าย เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วย 1) หน่วยการเรียนรู้แบบบูรณาการสะเต็มศึกษาเรื่องแรงและการเคลื่อนที่ ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 16 ชั่วโมง ประกอบไปด้วย 6 แผนการจัดการเรียนรู้ 2) แบบวัดทักษะการคิดแก้ปัญหาเรื่องแรงและการเคลื่อนที่โดยเป็นแบบวัดชนิดอัตนัยจำนวน 4 ข้อ 3) แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่องแรงและการเคลื่อนที่เป็นแบบวัดชนิดปรนัย 4 ตัวเลือกจำนวน 20 ข้อ และ 4) แบบสำรวจทัศนคติของนักเรียนต่อกิจกรรมสะเต็มศึกษา เป็นแบบวัดประมาณค่า 5 ระดับ จำนวน 12 ข้อ สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล คือ ค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และสถิติที่ใช้ในการทดสอบสมมติฐานคือ t - test dependent ผลการวิจัยพบว่า

 1. นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้หน่วยการเรียนรู้แบบบูรณาการสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมมีทักษะการคิดแก้ปัญหาหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

 2. นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้หน่วยการเรียนรู้แบบบูรณาการสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่องแรงและการเคลื่อนที่ หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

 3. นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้หน่วยการเรียนรู้แบบบูรณาการสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมมีทัศนคติต่อกิจกรรมสะเต็มศึกษาโดยรวมอยู่ในระดับ มาก

**คำสำคัญ** : ทักษะการคิดแก้ปัญหา, หน่วยการเรียนรู้แบบบูรณาการสะเต็มศึกษา, กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

**ABSTRACT**

 The purposes of this research were to compare the problem solving skill, achievement of the Mathayomsuksa 4 students before and after using integrated STEM learning unit emphasizing engineering design process and monitor a survey results of student attitude towards STEM. The samples selected randomly were 34 students at Muangbuawittaya School, Chumphonburi District, Surin Province during second semester of 2018 academic year. The research instruments included : 1) 6 lesson plans and integrated STEM learning unit emphasizing engineering design process in force and motion for Mathayomsuksa 4 students , 2) 4-item of problem solving skill test on force and motion concepts, 3) 20-item of an achievement test on force and motion with four multiple choice and 4) 12 item of five point rating scale of Student attitude toward STEM survey. Percentage, mean, and standard deviation were employed for analysing data. Paired sample t-tests were then used for hypotheses testing. The research results were shown as followings:

 The problem solving skill and learning achievement of student after learning by using integrated STEM learning unit emphasizing engineering design process in physics of force and motion for Mathayomsuksa 4 students was higher than before learning with significantly difference at .05 level. The overall attitude of the student toward STEM was at a high level.

**Keywords:** Problem solving skill, integrated STEM learning unit, engineering design process

**บทนำ**

 ในยุคปัจุบันที่กลังก้าวเข้าสู่ศตวรรษที่ 21 ที่ความเจริญก้าวหน้าด้านเทคโนโลยีสารสนเทศและการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว ดังนั้นความรู้ด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์และเทคโนโลยีนับเป็นเครื่องมือที่มีความสำคัญในการพัฒนาทรัพยากรมนุษย์เพื่อเป็นรากฐานในการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมของประเทศต่อไป แต่ในช่วง 10 ปีที่ผ่านมานั้น คุณภาพของการศึกษาไทยยังไม่เป็นที่น่าพอใจ เช่น ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนระดับการศึกษาขั้นพื้นฐานอยู่ในระดับต่ำ ความสามารถในการเรียนรู้ของผู้เรียนเทียบกับนานาประเทศทั่วโลกและในอาเซียนยังอยู่ในระดับต่ำ ทักษะการเรียนรู้และใฝ่หาความรู้ของคนไทยเพิ่มมากขึ้นแต่ยังขาดความสามารถในการจัดการและการสังเคราะห์ข้อมูล (กระทรวงศึกษาธิการ. 2560ข : 4) ประกอบกับสภาพปัญหาในการเรียนการสอนยุคปัจจุบันที่การเรียนการสอนวิทยาศาสตร์นั้นนักเรียนไม่ได้นำความรู้ที่มีพื้นฐานทางวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์มาใช้ในการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวัน ทำให้เยาวชนไทยในยุคปัจจุบันนั้นยังขาดการฝึกฝนทักษะทางด้านการคิด ไม่ว่าจะเป็นการคิดสร้างสรรค์เพื่อแก้ปัญหา การคิดสังเคราะห์จากสถานการณ์ปัญหาที่พบเจอ (สุธิดา การิมี. 2560 : 1 )

โรงเรียนเมืองบัววิทยาก็เป็นหนึ่งสถานศึกษาที่ประสบปัญหาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในรายวิชาวิทยาศาสตร์ต่ำและปัญหานักเรียนขาดทักษะการคิดแก้ปัญหาเช่นเดียวกัน จากการศึกษาข้อมูลผลการทดสอบทางการศึกษาระดับชาติขั้นพื้นฐานพบว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรายวิชาวิทยาศาสตร์(ฟิสิกส์) ระหว่างปีการศึกษา 2557 – 2560 คิดเป็นร้อยละ 61.26 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์พอใช้ นอกจากนี้ผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้นเกี่ยวกับสาเหตุของปัญหาด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์อยู่ในขั้นพอใช้ ประกอบกับการเรียนการสอนนั้นนักเรียนไม่ได้มีโอกาสให้นักเรียนนำความรู้ที่มีพื้นฐานทางวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์มาใช้ในการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวัน ทำให้นักเรียนนั้นยังขาดการฝึกฝนทักษะทางด้านการคิดแก้ปัญหา

 การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่สามารถสนับสนุนให้ผู้เรียนเกิดทักษะการแก้ปัญหาและสอดคล้องกับการจัดการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 คือการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ซึ่งเป็นการจัดการเรียนรู้ที่บูรณาการ 4 สาขาวิชา ได้แก่ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์เข้าด้วยกัน เน้นการนำความรู้ไปใช้แก้ปัญหาในชีวิตจริง รวมทั้งการพัฒนากระบวนการหรือนวัตกรรมใหม่ที่เป็นประโยชน์ต่อการดำเนินชีวิต โดยจุดเด่นที่ชัดเจนข้อหนึ่งของการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาคือการผนวกแนวคิดการออกแบบเชิงวิศวกรรมเข้ากับการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ของผู้เรียน (NRC. 2012) ประกอบไปด้วย 6 ขั้นตอน ได้แก่ ระบุปัญหา รวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้อง ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา ทดสอบ ประเมินผลและปรับปรุง และนำเสนอวิธีการแก้ปัญหาหรือผลการพัฒนานวัตกรรม จากการศึกษางานวิจัยที่ผ่านมา พบว่าการสอนตามแนวคิดสะเต็มศึกษาด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เป็นกิจกรรมการเรียนการสอนที่จะช่วยส่งเสริมการคิดแก้ปัญหาของผู้เรียนได้ เนื่องจากจะต้องอาศัยกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมเพื่อใช้ในการแก้ปัญหา ซึ่งผู้เรียนจะได้เรียนรู้กระบวนการที่สามารถนํามาใช้ในการออกแบบและสร้างชิ้นงานใหม่ ๆ และได้รับความรู้ใหม่ ๆ ที่ผู้เรียนและครูไม่รู้มาก่อนได้ (พลศักดิ์ แสงพรมศรี. 2558 ; อาทิตยา พูลเรือง. 2558) โดยในขณะที่นักเรียนทำกิจกรรม นักเรียนจะได้มีโอกาสนำความรู้มาออกแบบวิธีการหรือกระบวนการเพื่อตอบสนองความต้องการหรือแก้ปัญหาที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวัน จากกระบวนการออกแบบเชิงวิศกรรมนี้ช่วยให้ผู้เรียนเข้าใจถึงการทํางานอย่างเป็นขั้นตอน รู้จักการวางแผนแก้ปัญหา คิดหาแนวทางที่หลากหลาย การทดสอบและปรับปรุงแก้ไขเพื่อแก้ปัญหาหรือสร้างสรรค์นวัตกรรมใหม่ (อภิสิทธิ์ ธงไชย. 2556 : 1)

 จากที่ได้กล่าวมาข้างต้น ผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะนำการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมมาใช้ในการออกแบบหน่วยการเรียนรู้แบบบูรณาการในวิชาฟิสิกส์ เรื่องแรงและการเคลื่อนที่ซึ่งเป็นสาขาหลักที่ผู้วิจัยปฏิบัติการสอนในสถานศึกษาแห่งนี้ กลุ่มตัวอย่างคือนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ซึ่งพัฒนาการด้านสติปัญญาของนักเรียนในวัยนี้สามารถคิดวิเคราะห์และแก้ปัญหาได้ มีความกระตือรือร้นในการแสวงหาความรู้ มีความคิดสร้างสรรค์ โดยคาดหวังว่าหน่วยการเรียนรู้ดังกล่าวนี้ จะช่วยทำให้นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้น เพิ่มพูนทักษะการคิดแก้ปัญหา และการทำงานร่วมกับผู้อื่น เพื่อเป็นแนวทางในการจัดการเรียนการสอนให้บรรลุผลตามเป้าหมายของหลักสูตร แผนการพัฒนาประเทศ และส่งเสริมให้นักเรียนเป็นบุคลากรที่มีคุณภาพในศตวรรษที่ 21 ต่อไป

**วัตถุประสงค์**

 1. เพื่อเปรียบเทียบทักษะการคิดแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์เรื่องแรงและการเคลื่อนที่ก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนเมืองบัววิทยา โดยใช้หน่วยการเรียนรู้แบบบูรณาการสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

 2. เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนเมืองบัววิทยา เรื่อง แรงและการเคลื่อนที่ โดยใช้หน่วยการเรียนรู้แบบบูรณาการสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

 3. เพื่อศึกษาทัศนคติต่อกิจกรรมสะเต็มศึกษาของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนเมืองบัววิทยา โดยใช้หน่วยการเรียนรู้แบบบูรณาการสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

**สมมติฐานของการวิจัย**

 1**.** ทักษะการคิดแก้ปัญหาของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนเมืองบัววิทยา จากการเรียนรู้โดยใช้หน่วยการเรียนรู้แบบบูรณาการสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน

 2. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนเมืองบัววิทยา เรื่องแรงและการเคลื่อนที่ จากการเรียนรู้โดยใช้หน่วยการเรียนรู้แบบบูรณาการสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน

**วิธีดำเนินงานวิจัย**

**ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง**

 ประชากรที่ใช้ในการศึกษาเป็นนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนเมืองบัววิทยา ตำบลเมืองบัว อำเภอชุมพลบุรี จังหวัดสุรินทร์ สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเขต 33 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2561 จำนวน 3 ห้องเรียน รวม 70 คน

 กลุ่มตัวอย่าง ได้แก่นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/1 โรงเรียนเมืองบัววิทยา ตำบลเมืองบัว อำเภอชุมพลบุรี จังหวัดสุรินทร์ สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเขต 33 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2561 จำนวน 34 คน ด้วยวิธีการสุ่มอย่างง่าย (Simple Random Sampling) โดยการจับสลากและใช้ห้องเรียนเป็นหน่วยในการสุ่ม

**ตัวแปร**

ตัวแปรต้น ได้แก่ หน่วยการเรียนรู้แบบบูรณาการสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมเรื่อง แรงและการเคลื่อนที่

 ตัวแปรตาม ได้แก่ ทักษะการคิดแก้ปัญหาและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

**เนื้อหา**

รายวิชา ฟิสิกส์เพิ่มเติม ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551

ฉบับปรับปรุง 2560 กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สาระที่ 6 ฟิสิกส์ มาตรฐาน ว 6.1 แรงและการเคลื่อนที่ ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 16 ชั่วโมง ครอบคลุมเนื้อหาในเรื่อง แรง มวล กฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน และกฏอนุรักษ์พลังงาน

**เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย**

1.หน่วยการเรียนรู้เรื่อง แรงและการเคลื่อนที่ แบบบูรณาการสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ครอบคลุมเนื้อหาในเรื่อง แรง มวล กฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน และกฏอนุรักษ์พลังงาน จำนวน 16 ชั่วโมง ประกอบด้วยแผนการจัดการเรียนรู้ 6 แผน ได้แก่ Need for speed เราคือนักกระโดดร่ม วิศวกรน้อย กลิ้งไว้ก่อนพ่อสอนไว้ Roller Coaster และ Marble Chain ที่ผ่านการประเมิน ตรวจสอบจากผู้เชี่ยวชาญ โดยใช้หลักเกณฑ์การให้คะแนนตามแบบประเมินของลิเคิร์ท (Likert) เป็นมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ ได้ผลการประเมินในระดับ ดีมาก

2. แบบวัดทักษะการคิดแก้ปัญหา ผู้วิจัยได้สร้างและออกแบบสถานการณ์ปัญหาที่เกี่ยวข้องกับหน่วยการเรียนรู้เรื่องแรงและการเคลื่อนที่ โดยเป็นแบบวัดชนิดอัตนัยจำนวน 4 ข้อ เพื่อนำไปใช้ทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียนโดยผ่านการประเมินตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา ( Content Validity) และค่าดัชนีความสอดคล้อง (Index of Item Objectives Congruence: IOC) จากผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน ได้ผลการประเมินเท่ากับ 1.00 และผ่านการทดลอง (Try Out) กับนักเรียนในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 70 คน ที่เคยเรียนเนื้อหาเรื่องแรงและการเคลื่อนที่มาแล้ว แล้วจึงนำไปวิเคราะห์หาคุณภาพ โดยมีค่าสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค เท่ากับ 0.94

3. แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่อง แรงและการเคลื่อนที่ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นเป็นแบบวัดชนิดปรนัย 4 ตัวเลือก จำนวน 20 ข้อเพื่อนำไปใช้ทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียนโดยผ่านการประเมินตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาและค่าดัชนีความสอดคล้องจากผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน ได้ผลการประเมินเท่ากับ 1.00 และผ่านการทดลองกับนักเรียนในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 70 คน ที่เคยเรียนเนื้อหาเรื่องแรงและการเคลื่อนที่มาแล้ว แล้วจึงนำไปวิเคราะห์หาคุณภาพ โดยมีค่าความยากง่าย (p) อยู่ระหว่าง 0.26 – 0.73 ค่าอำนาจจำแนก (r) อยู่ระหว่าง 0.09 – 0.74 และค่าความเชื่อมั่นโดยใช้สูตร KR-20 ของ คูเดอร์ริชาร์ดสัน (Kuder Richardson) พบว่ามีค่าเท่ากับ 0.878

4. แบบสำรวจทัศนคติต่อการจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษาแบบประมาณค่า 5 ระดับ จำนวน 12 ข้อ นำไปใช้ทดสอบหลังเรียน ที่ผ่านการประเมินและตรวจสอบจากผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน โดยใช้หลักเกณฑ์การให้คะแนนตามแบบประเมินของลิเคิร์ท เป็นมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ ได้ผลการประเมินในระดับ ดีมาก

**วิธีดำเนินการวิจัย**

 รูปแบบงานวิจัยเป็นแบบกลุ่มเดียวที่มีการสอบก่อนเรียนและหลังเรียน (one group pretest –posttest)

 1. ขั้นก่อนการทดลอง เป็นขั้นที่ผู้วิจัยเตรียมความพร้อมในด้านต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

 1.1 สร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ หน่วยการเรียนรู้เรื่อง แรงและการเคลื่อนที่ แบบบูรณาการสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม แบบวัดทักษะการคิดแก้ปัญหา แบบวัดผลสัมฤทธิ์ และแบบสำรวจทัศนคติต่อการจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษา

 1.2 สร้างความคุ้นเคย สร้างบรรยากาศในการเรียนรู้กับนักเรียนในกลุ่มตัวอย่างให้ความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมกับนักเรียน

 1.3 ทำการทดสอบก่อนเรียน ได้แก่ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะการคิดแก้ปัญหา

 2. ขั้นทดลอง ผู้วิจัยดำเนินการจัดการเรียนรู้ตามหน่วยการเรียนรู้เรื่อง แรงและการเคลื่อนที่ แบบบูรณาการสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ครอบคลุมเนื้อหาในเรื่อง แรง มวล กฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน และกฏอนุรักษ์พลังงาน จำนวน 16 ชั่วโมง ประกอบด้วยแผนการจัดการเรียนรู้ 6 แผน โดยการ จัดการเรียนรู้ในขั้นนี้ดำเนินการตามขั้นตอนของกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ได้แก่

 1. ระบุปัญหา (problem identification)

 2. รวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา (related information search)

 3. ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา (solution design)

 4. วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา (planning and development)

 5. ทดสอบ ประเมินผลและปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน (testing, evaluation and design improvement)

 6. นำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน (presentation)

 3. ขั้นหลังการทดลอง ผู้วิจัยได้ดำเนินการ ดังนี้

 3.1 ทำการทดสอบหลังเรียน ได้แก่ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะการคิดแก้ปัญหา

 3.2 ทำการสำรวจทัศนคติต่อกิจกรรมสะเต็มศึกษาของนักเรียนหลังจากได้เรียนรู้ผ่านหน่วยการเรียนรู้เรื่อง แรงและการเคลื่อนที่ แบบบูรณาการสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

**การวิเคราะห์ข้อมูล**

 1. การตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือวิจัย มีรายละเอียดดังนี้

 1.1 ตรวจสอบคุณภาพของหน่วยการเรียนรู้เรื่อง แรงและการเคลื่อนที่ แบบบูรณาการสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม จำนวน 16 ชั่วโมง โดยได้รับตรวจสอบจากผู้เชี่ยวชาญ โดยใช้หลักเกณฑ์การให้คะแนนตามแบบประเมินของลิเคิร์ท เป็นมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ

 1.2 ตรวจสอบคุณภาพของแบบวัดทักษะการคิดแก้ปัญหาโดยผ่านการประเมินตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาและค่าดัชนีความสอดคล้องจากผู้เชี่ยวชาญและผ่านการทดลอง จากนั้นจึงนำไปวิเคราะห์หาค่าความเชื่อมั่น โดยใช้ค่าสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค

 1.3 ตรวจสอบคุณภาพของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่อง แรงและการเคลื่อนที่โดยผ่านการประเมินตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาและค่าดัชนีความ จากผู้เชี่ยวชาญ และผ่านการทดลอง แล้วจึงนำไปวิเคราะห์หาคุณภาพ โดยวิเคราะห์หาค่าความยากง่าย (p) ค่าอำนาจจำแนก (r) และค่าความเชื่อมั่นโดยใช้สูตร KR-20 ของ คูเดอร์ริชาร์ดสัน (Kuder Richardson)

 2. การทดสอบสมมติฐาน

 การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะการคิดแก้ปัญหาก่อนเรียนและหลังเรียนโดยใช้สถิติที่ใช้ในการทดสอบสมมติฐานคือ t - test dependent

**ผลการวิจัย**

 1. เพื่อเปรียบเทียบทักษะการคิดแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์เรื่องแรงและการเคลื่อนที่ก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนเมืองบัววิทยา โดยใช้หน่วยการเรียนรู้แบบบูรณาการสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ได้ผลการวิจัยดังตาราง 1

**ตาราง 1**  เปรียบเทียบทักษะการคิดแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์เรื่องแรงและการเคลื่อนที่ก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| การทดสอบ | N | คะแนนเต็ม |  | S.D. | t | sig |
| ก่อนเรียน | 34 | 16 | 3.147 | 1.480 | 10.698 | .000\* |
| หลังเรียน | 34 | 16 | 9.471 | 2.788 |

\*มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

 จากตาราง 1 พบว่า นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้หน่วยการเรียนรู้แบบบูรณาการสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมมีทักษะการคิดแก้ปัญหาหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

 2. เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนเมืองบัววิทยา เรื่อง แรงและการเคลื่อนที่ โดยใช้หน่วยการเรียนรู้แบบบูรณาการสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ได้ผลการวิจัยดังตาราง 2

**ตาราง 2**  เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่องแรงและการเคลื่อนที่ก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **การทดสอบ** | **N** | **คะแนนเต็ม** |  | **S.D.** | **t** | **sig** |
| ก่อนเรียน | 34 | 20 | 5.03 | 1.88 | 23.514 | .000\* |
| หลังเรียน | 34 | 20 | 13.53 | 1.66 |

\*มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

 จากตาราง 2 พบว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้หน่วยการเรียนรู้แบบบูรณาการสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่องแรงและการเคลื่อนที่ หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

 3. เพื่อศึกษาทัศนคติต่อกิจกรรมสะเต็มศึกษาของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนเมืองบัววิทยา โดยใช้หน่วยการเรียนรู้แบบบูรณาการสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

ได้ผลการวิจัยดังตาราง 3

**ตาราง 3**  ทัศนคติต่อกิจกรรมสะเต็มศึกษาของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยใช้หน่วยการเรียนรู้แบบบูรณาการสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **ข้อ** | **ด้าน** |  | **S.D.** | **ระดับ** |
| 1 | ด้านที่ 1 ด้านความรู้สึกขณะทำกิจกรรม  | 4.56 | 0.66 | มากที่สุด |
| 2 | ด้านที่ 2 ด้านการพัฒนาองค์ความรู้ | 4.37 | 0.73 | มาก |
| 3 | ด้านที่ 3 ด้านการทำงานร่วมกับผู้อื่น | 4.56 | 0.65 | มากที่สุด |
| 4 | ด้านที่ 4 ด้านกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม | 4.50 | 0.70 | มาก |
|  | เฉลี่ย | 4.49 | 0.54 | มาก |

 จากตาราง 3 พบว่า นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้หน่วยการเรียนรู้แบบบูรณาการสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมมีทัศนคติต่อกิจกรรมสะเต็มศึกษาโดยรวมอยู่ในระดับ มาก (= 4.49 S.D. = 0.54 ) เมื่อพิจารณารายด้านพบว่า ด้านที่ได้ค่าเฉลี่ยมากที่สุดมี 2 ด้านได้แก่ ด้านที่ 1 ด้านความรู้สึกขณะทำกิจกรรมพบว่าอยู่ในระดับ มากที่สุด (= 4.56 , S.D. = 0.66 ) และ ด้านที่ 3 ด้านการทำงานร่วมกับผู้อื่น พบว่าอยู่ในระดับ มากที่สุด (= 4.56 S.D. = 0.65 )

**อภิปรายผล**

 1. นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้หน่วยการเรียนรู้แบบบูรณาการสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมมีทักษะการคิดแก้ปัญหาหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งเป็นไปตามสมติฐานที่ตั้งไว้ ซึ่งผลการวิจัยนี้ได้สอดคล้องกับผลการวิจัยของนารินทร์ ศิริเวช (2560 : 57 - 68) ที่ได้ทำการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาเพื่อส่งเสริมผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนทางวิทยาศาสตร์และทักษะการคิดแก้ปัญหาในรายวิชาชีววิทยาของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ซึ่งทักษะการคิดแก้ปัญหาของนักเรียนเปรียบเทียบกับเกณฑ์ร้อยละ 75 มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .01 และสอดคล้องกับงานวิจัยของ ปฏิมาภรณ์ โสรส (2560 : 83 - 88) ที่ได้ทำการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาเพื่อเสริมทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญานและทักษะการคิดแก้ปัญหาในรายวิชาฟิสิกส์เพิ่มเติม1 พบว่า คะแนนทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญานและทักษะการคิดแก้ปัญหาหลังเรียนสูงขึ้นกว่าก่อนเรียนที่ระดับ .05 จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยต่าง ๆ ที่เกี่ยวของกับกิจกรรมสะเต็มศึกษาในการพัฒนาทักษะการคิดแก้ปัญหา ผู้วิจัยพบว่าทั้งนี้เนื่องจาก กิจกรรมสะเต็มศึกษาเป็นการเรียนรู้แบบบูรณาการที่ใช้ความรู้และทักษะในด้านต่าง ๆ ผ่านการทำกิจกรรมหรือการทำโครงงานที่เหมาะสมกับวัยและระดับชั้นของผู้เรียน การเรียนรู้ดังกล่าวนี้นี้จะช่วยให้ผู้เรียนได้พัฒนาทักษะการคิด ทักษะการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ ทักษะการแก้ปัญหาและทักษะการสื่อสาร ซึ่งทักษะดังกล่าวนี้เป็นทักษะการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 ที่ผู้เรียนพึงมี อีกทั้งกิจกรรมสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมที่เป็นกระบวนการในการแก้ปัญหาได้มีความสอดคล้องกับกระบวนการคิดแก้ปัญหาและยังเป็นกระบวนการที่จะช่วยฝึกทักษะการแก้ปัญหาโดยใช้สถานการณ์เป็นตัวกระตุ้นให้ผู้เรียนใฝ่หาความรู้เพื่อหาหนทางแก้ไข ได้ฝึกทักษะการคิด การลงมือปฏิบัติ ซึ่งหากมีการใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมในการจัดการเรียนการสอนก็เท่ากับเป็นการฝึกให้ผู้เรียนได้เรียนรู้กระบวนการแก้ปัญหา

 2.นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้หน่วยการเรียนรู้แบบบูรณาการสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่องแรงและการเคลื่อนที่ หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งผลการวิจัยนี้ได้สอดคล้องกับงานวิจัยของนารินทร์ ศิริเวช (2560 : 57 - 68) ที่ได้ทำการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาเพื่อส่งเสริมผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนทางวิทยาศาสตร์และทักษะการคิดแก้ปัญหาในรายวิชาชีววิทยาของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 พบว่า คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนเปรียบเทียบกับเกณฑ์ร้อยละ 75 มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .01 และสอดคล้องกับผลการวิจัยของอาทิตยา พูนเรือง (2558 : 371 – 378) ที่ได้เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์เรื่องเคมีที่เป็นพื้นฐานของสิ่งมีชีวิตของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา ผลการศึกษาพบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนที่ระดับ .05 จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยต่าง ๆ ผู้วิจัยพบว่าลักษณะที่ชัดเจนข้อหนึ่งของการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาคือการผนวกกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมเข้ากับการเรียนรู้ในสาระของผู้เรียน ซึ่งขณะที่ผู้เรียนทำกิจกรรมเพื่อพัฒนาความรู้ ความเข้าใจและฝึกทักษะด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี ผู้เรียนต้องมีโอกาสนำความรู้มาออกแบบวิธีการหรือกระบวนการเพื่อแก้ปัญหา เพื่อให้ได้เทคโนโลยีซึ่งเป็นผลผลิตจากกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ซึ่งในขณะทำกิจกรรมนี้เองที่ผู้เรียนได้มีโอกาสในการค้นคว้า เรียนรู้และศึกษาในองค์ความรู้เรื่องแรงและการเคลื่อนที่ เพื่อมาเป็นข้อมูลในการวางแผนและออกแบบนวัตกรรมหรือวิธีการแก้ปัญหา จึงส่งผลให้ผู้เรียนมีความรู้ความเข้าใจในเนื้อหาวิทยาศาสตร์นั้นมากขึ้น จึงส่งผลให้ผลสัมฤทธ์ทางการเรียนสูงขึ้น

 3. นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้หน่วยการเรียนรู้แบบบูรณาการสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมมีมีทัศนคติต่อกิจกรรมสะเต็มศึกษาโดยรวมอยู่ในระดับมาก ซึ่งผลการวิจัยนี้ได้สอดคล้องกับผลการวิจัยของเบอร์โรว์และคณะ (Burrow et. al., 2014) ที่ได้ศึกษากรอบแนวคิดหลักในการบูรณาการระหว่าง 2 รายวิชาคือชีววิทยาและเคมีในหัวข้อเรื่องการผลิตเชื้อเพลิงไบโอดีเซลสำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษา ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนมีทักษะในวิชาสะเต็มและเจตคติที่สูงขึ้น สอดคล้องกับผลการวิจัยของซาฮินและคณะ (Sahin et. al., 2014) ที่ได้ศึกษาผลของกิจกรรมสะเต็มศึกษาต่อการจัดหลักสูตรสำหรับเด็กหลังเลิกเรียนและศึกษาผลที่เกิดขึ้นกับผู้เรียน ผลการวิจัยพบว่า กิจกรรมสะเต็มศึกษามีส่วนช่วยในการส่งเสริมการเรียนรู้ เพิ่มเติมทักษะการแก้ปัญหา ความคิดสร้างสรรค์ การทำงานร่วมกันและการสืบเสาะหาความรู้ ตลอดจนนำไปสู่การพัฒนาทักษะการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 ได้ สอดคล้องกับผลการวิจัยของพลศักดิ์ แสงพรมศรี (2558 : 401 – 415) ที่ได้ทำการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะกระบวนการวิทยาศาสตร์ขั้นสูง และเจตคติต่อการเรียนเคมี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษากับแบบปกติ พบว่า เจตคติต่อการเรียนเคมีของนักเรียนกลุ่มทดลองหลังเรียนสูงขึ้นกว่าก่อนเรียนที่ระดับ .05 และอยู่ในระดับมาก จากการศึกษาทัศคติของผู้เรียนผู้วิจัยพบว่าการจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมนี้ เมื่อพิจารณารายด้านพบว่า ด้านที่ได้ค่าเฉลี่ยมากที่สุดมี 2 ด้านได้แก่ ด้านที่ 1 ด้านความรู้สึกขณะทำกิจกรรม และ ด้านที่ 3 ด้านการทำงานร่วมกับผู้อื่น จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยต่าง ๆ ที่เกี่ยวของกับกิจกรรมสะเต็มศึกษาในการส่งผลต่อทัศนคติของผู้เรียนผู้จัยพบว่า ลักษณะที่คล้ายกันของกิจกรรมสะเต็มศึกษาคือเป็นการท้าท้ายความคิดของผู้เรียนและคอยกระตุ้นผู้เรียนให้มีส่วนร่วมในกิจกรรมเป็นกิจกรรมที่มุ่งเน้นศักยภาพโดยรวมของผู้เรียนทั้งด้านความรู้พื้นฐาน ความคิดระดับสูง ความสามารถในการแก้ปัญหา การสื่อสาร เจตคติ ลักษณะนิสัย ทักษะในด้านต่าง ๆ และความสามารถในการทำงานร่วมกับผู้อื่นทำให้การจัดการเรียนรู้มีความหมาย อีกทั้งนำการบูรณาการไปใช้ได้ตามความเหมาะสมของเนื้อหาเพื่อให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุดต่อผู้เรียน โดยสามารถจัดการเรียนการสอนโดยเน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ โดยให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในกระบวนการเรียนรู้ให้มากที่สุด และสิ่งสำคัญคือการจัดบรรยากาศในชั้นเรียนที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดความกล้าในการแสดงออก โดยผู้วิจัยได้เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้แลกเปลี่ยนความคิดเห็นกับผู้อื่นในกลุ่มและในชั้นเรียนสม่ำเสมอเพื่อสร้างความมั่นใจให้กับผู้เรียนในการกล้าที่จะแสดงความคิดเห็นของตนเองออกมา อันเป็นทักษะที่สำคัญของผู้เรียนในศตวรรษที่ 21

**ข้อเสนอแนะ**

 **ข้อเสนอแนะในการนำไปใช้**

 1. การแก้ปัญหาหรือการสร้างสรรค์ชิ้นงานมักเป็นกระบวนการที่ต้องทำซ้ำและต่อเนื่องจนกว่าจะสามารถแก้ปัญหาหรือสร้างสรรค์ชิ้นงานนั้น ๆ ได้ดังนั้นในกระบวนการการจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมดังต้องให้เวลากับผู้เรียนพอสมควร

2. การฝึกให้นักเรียนได้ทำงานภายใต้ข้อจำกัดของเวลา ก่อนเริ่มทำกิจกรรมทุกครั้งควรมีการประชุมชี้แจงประเด็นต่าง ๆ กับนักเรียนให้เข้าใจตรงกันทั้งข้อจำกัดทางด้านวัสดุ ระยะเวลาและประเด็นปัญหา และกำหนดระยะในการทำกิจกรรมที่แน่นอนเพื่อให้นักเรียนได้ใช้เวลาในการทำกิจกรรมตามระยะเวลาที่กำหนด

 **ข้อเสนอแนะเพื่อการวิจัยครั้งต่อไป**

1.ในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยได้มีขอบเขตในการวิจัยในหัวข้อหลักสาระเกี่ยวกับแรงและการเคลื่อนที่ ในรายวิชาฟิสิกส์ ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยสาระการเรียนรู้อื่น ๆ สามารถนำไปออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาได้ เช่น คลื่นเสียง พลังงานความร้อน สมดุลเคมี ชีววิทยา เป็นต้น

**เอกสารอ้างอิง**

กระทรวงศึกษาธิการ. (2560ข). **แผนการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ.2560 - 2579**. กรุงเทพฯ : กระทรวงศึกษาธิการ.

ปฏิมาภรณ์ โสรส. (2560). **การจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาเพื่อเสริมทักษะการคิดอย่างมี**

**วิจารณญานและ ทักษะการคิดแก้ปัญหาในรายวิชาฟิสิกส์เพิ่มเติม1 ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 .** วิทยานิพนธ์ปริญญา ครุศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฎมหาสารคาม.

พลศักดิ์ แสงพรมศรี. (2558). **การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะกระบวนการ**

**วิทยาศาสตร์ขั้นสูง และเจตคติต่อการเรียนเคมี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษากับแบบปกติ**. วิทยานิพนธ์ ศษ.ม (หลักสูตรและการสอน). มหาสารคาม : มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.

นารินทร์ ศิริเวช. (2560). **การจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาเพื่อส่งเสริมผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน**

**ทางวิทยาศาสตร์และทักษะการคิดแก้ปัญหาในรายวิชาชีววิทยาของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4.** วิทยานิพนธ์ปริญญาครุศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฎมหาสารคาม.

สุธิดา การีมี. (2560). **การใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมเพื่อเสริมสร้างความคิดสร้างสรรค์**

**และทักษะการแก้ปัญหา.** สืบค้นเมื่อ 3 มิถุนายน 2561, จาก http://oho.ipst.ac.th/edp-creative-problem-solving1/

อภิสิทธิ ธงไชย. (2556). “สะเต็มศึกษากับการพัฒนาการศึกษาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์และคณิตศาสตร์ในประเทศสหรัฐอเมริกา”. **วารสารสมาคมครูวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย**. 15-18. สืบค้นเมื่อ : 27 เมษายน 2561. จาก : [www.bu.ac.th/april\_june/](http://www.bu.ac.th/april_june/)

อาทิตยา พูนเรือง. (2558). **การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการ**

**แก้ปัญหาทาง วิทยาศาสตร์ เรื่อง เคมีที่เป็นพื้นฐานของสิ่งมีชีวิต โดยการจัดการเรียนรู้**

**ตามแนวทางสะเต็มศึกษา สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5**. วิทยานิพนธ์ วท.ม (ชีววิทยา). กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยศรีนครินทร์วิโรฒ.

Burrows et. al. (2014). **Biodiesel and integrated STEM: Vertical alignment of high School biology/biochemistry and chemistry.** Journal of Chemical Education.

National Research Council (NRC). (2012). **A Framework for K-12 Science Education: Practices, Crosscutting Concepts, and Core Idea. Committee on a Conceptual**

**Framework for New K-12 Science Education, Division of Behavioral and Social Sciences and Education**. Washington, D.C.

Sahin. et al. (2014). **STEM related after-school program activities and associated outcomes on student learning**. Educational Sciences: Theory & Practice. National Academies Press.