

การพัฒนาการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา เรื่องแหล่งกำเนิดไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์และ
การประยุกต์ใช้งานสำหรับกลุ่มสาระการเรียนรู้การงานอาชีพและเทคโนโลยี ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3
THE DEVELOPMENT OF A STEM LEARNING MANAGEMENT SYSTEM ON SOURCES
OF SOLAR ENERGY AND ITS APPLICATION FOR THE LEARNING AREA OF CAREERS
AND TECHNOLOGY FOR MATTAYOM SUKSA 3 STUDENTS

สีแพร ธรรมนาม¹ กิตติพงศ์ มะโน² และปิยะ ศุภวาราสวัสดิ์³

Seeprae Trummanam¹, Kitipong Mano² and Piya Supavarasuwat³

¹นักศึกษาหลักสูตร ค.อ.ม. (สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์) สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

^{2,3}รองศาสตราจารย์ ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

trammanam_au@hotmail.com, kitipong.ma@kmitl.ac.th, and piya.su@kmitl.ac.th

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) พัฒนาการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา เรื่อง แหล่งกำเนิดไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ และการประยุกต์ใช้งาน สำหรับกลุ่มสาระการเรียนรู้การงานอาชีพและเทคโนโลยี ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 2) หาประสิทธิภาพ การจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา เรื่อง แหล่งกำเนิดไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์และการประยุกต์ใช้งาน สำหรับกลุ่มสาระการเรียนรู้ การงานอาชีพและเทคโนโลยี ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 และ 3) หาความพึงพอใจของนักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็ม ศึกษา เรื่อง แหล่งกำเนิดไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์และการประยุกต์ใช้งาน สำหรับกลุ่มสาระการเรียนรู้การงานอาชีพและ เทคโนโลยี ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ประชากรที่ใช้ในงานวิจัยในครั้งนี้ คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนบ้านห้วยปลาหลด อำเภอแม่สอด จังหวัดตาก จำนวน 20 คน ที่ลงทะเบียนเรียนรายวิชาการงานอาชีพและเทคโนโลยี รหัสวิชา 23101 ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2560 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วย แผนการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา เรื่อง แหล่งกำเนิดไฟฟ้า พลังงานแสงอาทิตย์และการประยุกต์ใช้งาน สำหรับกลุ่มสาระการเรียนรู้การงานอาชีพและเทคโนโลยี ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 แบบ ประเมินคุณภาพของแผนการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา และแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน สถิติที่ใช้ในการ วิเคราะห์ข้อมูล คือ ค่าเฉลี่ย ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ผลการวิจัยพบว่า การพัฒนาการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา เรื่อง แหล่งกำเนิดไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์และการประยุกต์ใช้งาน สำหรับกลุ่มสาระการเรียนรู้การงานอาชีพและเทคโนโลยี ชั้น มัธยมศึกษาปีที่ 3 มีคุณภาพอยู่ในระดับดี ($\bar{X} = 4.13$, $S = 0.15$) ประสิทธิภาพเท่ากับ 82.37/84.50 และความพึงพอใจของ นักเรียนอยู่ในระดับพึงพอใจมากที่สุด ($\mu = 4.67$, $\sigma = 0.19$)

คำสำคัญ: การจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา ประสิทธิภาพ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

Abstract

The purpose of this research was to develop a learning management system on solar power and its applications in accordance with the STEM methodology for Matthayom Suksa 3 students and to determine its efficiency and find out the level of students satisfaction. The population of the study consisted of 20 Matthayom Suksa 3 students at Ban Huayplalod School, Mae Sot district, Tak province. The students were enrolled in learning of careers and technology in the first semester of the 2017 academic year. The research tools were a learning management system on solar power and its applications in accordance with the STEM methodology, and qualitative evaluation form of a lesson plan on STEM, and an achievement test. The statistics used for data analysis were mean and standard deviation. The results of the research revealed that

the quality of the learning management system was at the good level ($\bar{X} = 4.13, S = 0.15$). The efficiency of the learning management system was at 82.37/84.50, which was higher than the specified criteria of 80/80. Student satisfaction was at the most level ($\mu = 4.67, \sigma = 0.19$).

Keywords: STEM Education; Efficiency; Learning Achievement

1. บทนำ

สะเต็มศึกษา (Science Technology Engineering and Mathematics Education: STEM Education) คือ การสอนแบบบูรณาการข้ามกลุ่มสาระวิชา (Interdisciplinary Integration) ระหว่างศาสตร์สาขาต่างๆ ได้แก่วิทยาศาสตร์ (Science: S) เทคโนโลยี (Technology: T) วิศวกรรมศาสตร์ (Engineer: E) และคณิตศาสตร์ (Mathematics: M) โดยนำจุดเด่นของธรรมชาติ ตลอดจนวิธีการสอนของแต่ละสาขาวิชามาผสมผสานกันอย่างลงตัว เพื่อให้ผู้เรียนนำความรู้ทุกแขนงมาใช้ในการแก้ปัญหา การค้นคว้าและการพัฒนาสิ่งต่างๆ ในสถานการณ์โลกปัจจุบัน ซึ่งอาศัยการจัดการเรียนรู้ที่ครูผู้สอนหลายสาขาร่วมมือกัน เพราะในการทำงานจริงหรือในชีวิตประจำวันนั้นต้องใช้ความรู้หลายด้านในการทำงานทั้งสิ้น ไม่ได้แยกใช้ความรู้เป็นส่วนๆ นอกจากนี้ สะเต็มศึกษายังเป็นการส่งเสริมการพัฒนาทักษะสำคัญในยุคโลกาภิวัตน์ หรือทักษะที่จำเป็นสำหรับศตวรรษที่ 21 อีกด้วย [1] การจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาเป็นการจัดการเรียนรู้ที่ไม่เน้นเพียงการท่องจำทฤษฎี หรือกฎทางวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ แต่เป็นการสร้างความเข้าใจทฤษฎีหรือกฎเหล่านั้นผ่านการปฏิบัติให้เห็นจริงควบคู่กับการพัฒนาทักษะความคิด การตั้งคำถาม แก้ปัญหาและการหาข้อมูลและวิเคราะห์ข้อค้นพบใหม่ๆ [2]

ปัญหาการเรียนการสอนกลุ่มสาระการเรียนรู้การงานอาชีพและเทคโนโลยี จากผลการวิจัยเรื่อง “ปัญหาการเรียนการสอนของครูวิชาการงานอาชีพและเทคโนโลยี ชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 ในจังหวัดเพชรบุรี” ของ สุชาติ พันธุ์ชาติ [3] พบปัญหาที่น่าสนใจเกี่ยวกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนบ้านห้วยปลาหลด อ.แม่สอด จ.ตาก ซึ่งผู้วิจัยมีหน้าที่สอนในรายวิชานี้ คือ เนื้อหาสาระของวิชาการงานอาชีพและเทคโนโลยีมากเกินไป สื่อและอุปกรณ์ไม่เหมาะสม ไม่เพียงพอหรือขาด ไม่ทันสมัย วิธีการสอนเป็นแบบบรรยายมากเกินไป มีการสอนแบบลงมือปฏิบัติน้อย อีกทั้งโรงเรียนบ้านห้วยปลาหลดเป็นพื้นที่ในเขตอุทยานแห่งชาติ ห้างไกลความเจริญ ไม่มีระบบไฟฟ้า ชุมชนไม่มีแหล่งเรียนรู้ในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน ทำให้นักเรียนไม่เห็นความสำคัญของไฟฟ้า วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี นักเรียนจึงไม่สามารถบูรณาการความรู้มาประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวัน ขาดความรู้ ความเข้าใจ ความคิดสร้างสรรค์ ทักษะพื้นฐานที่จำเป็นต่อการดำรงชีวิตและการประกอบอาชีพ

ผู้วิจัยในฐานะผู้สอนกลุ่มสาระวิชาการงานอาชีพและเทคโนโลยี โรงเรียนบ้านห้วยปลาหลด อำเภอแม่สอด จังหวัดตาก ซึ่งเป็นโรงเรียนที่ไม่มีระบบไฟฟ้าใช้งาน จึงมีแนวความคิดในการจูงใจผู้เรียนให้เห็นความสำคัญและประโยชน์ของไฟฟ้า โดยพัฒนาการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา เรื่องแหล่งกำเนิดไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์และการประยุกต์ใช้งาน สำหรับกลุ่มสาระการเรียนรู้การงานอาชีพและเทคโนโลยี ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนบ้านห้วยปลาหลด อำเภอแม่สอด จังหวัดตาก เพื่อให้ผู้เรียนนำความรู้ ประสบการณ์มาบูรณาการพัฒนาเป็นกระบวนการเรียนรู้ ความคิดสร้างสรรค์และทักษะ ความเป็นผู้นำ มั่นใจในตัวเอง เป็นวิธีการเรียนรู้แบบลงมือทำ ฝึกให้ปฏิบัติจริงและมีการแลกเปลี่ยนเรียนรู้และยอมรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น นอกจากนี้ยังช่วยให้ผู้เรียนมีความสนใจในด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมากขึ้น และนำความรู้ดังกล่าวเป็นพื้นฐานในการเลือกศึกษาต่อหรือประกอบอาชีพในอนาคต

2. วัตถุประสงค์การวิจัย

2.1 เพื่อพัฒนาการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา เรื่อง แหล่งกำเนิดไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์และการประยุกต์ใช้งาน สำหรับกลุ่มสาระการเรียนรู้การงานอาชีพและเทคโนโลยี ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

2.2 เพื่อหาประสิทธิภาพ การจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา เรื่อง แหล่งกำเนิดไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์และการประยุกต์ใช้งาน สำหรับกลุ่มสาระการเรียนรู้การงานอาชีพและเทคโนโลยี ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

2.3 เพื่อหาความพึงพอใจของนักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา เรื่อง แหล่งกำเนิดไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์และการประยุกต์ใช้งาน สำหรับกลุ่มสาระการเรียนรู้การงานอาชีพและเทคโนโลยี ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

3. สมมติฐานของการวิจัย

3.1 คุณภาพแผนการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา เรื่อง แหล่งกำเนิดไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์และการประยุกต์ใช้งาน สำหรับกลุ่มสาระการเรียนรู้การงานอาชีพและเทคโนโลยี ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 วัดอยู่ในระดับดีขึ้นไป

3.2 ประสิทธิภาพของแผนการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา เรื่อง แหล่งกำเนิดไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์และการประยุกต์ใช้งาน สำหรับกลุ่มสาระการเรียนรู้การงานอาชีพและเทคโนโลยี ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 E_1/E_2 ไม่ต่ำกว่า 80/80

3.3 ความพึงพอใจของนักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา เรื่อง แหล่งกำเนิดไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์และการประยุกต์ใช้งาน สำหรับกลุ่มสาระการเรียนรู้การงานอาชีพและเทคโนโลยี ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 วัดอยู่ในระดับมากขึ้นไป

4. วิธีการดำเนินการวิจัย

4.1 ประชากร

ประชากรที่ใช้ในการวิจัย คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนบ้านห้วยปลาหลด อำเภอแม่สอด จังหวัดตาก จำนวน 20 คน ที่ลงทะเบียนเรียนรายวิชาการงานอาชีพและเทคโนโลยี รหัสวิชา 23101 ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2560

4.2 ตัวแปรที่ศึกษาในการวิจัย

ตัวแปรต้น คือ การจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา เรื่อง แหล่งกำเนิดไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์และการประยุกต์ใช้งาน สำหรับกลุ่มสาระการเรียนรู้การงานอาชีพและเทคโนโลยี ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

ตัวแปรตาม คือ คุณภาพ ประสิทธิภาพของแผนการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา และความพึงพอใจของนักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา เรื่อง แหล่งกำเนิดไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์และการประยุกต์ใช้งาน สำหรับ กลุ่มสาระการเรียนรู้การงานอาชีพและเทคโนโลยี ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

4.3 ขอบเขตของเนื้อหา

โดยหน่วยการเรียนรู้ที่ 1-5 เป็นการเรียนรู้พื้นฐานเกี่ยวกับเรื่องไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ และหน่วยการเรียนรู้ที่ 6 เป็นหน่วยการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา เรื่องการประยุกต์ใช้งานโซลาร์เซลล์

หน่วยการเรียนรู้ที่ 1 ไฟฟ้าเบื้องต้น

หน่วยการเรียนรู้ที่ 2 การต่อเซลล์ไฟฟ้า

หน่วยการเรียนรู้ที่ 3 ปริมาณทางไฟฟ้า

หน่วยการเรียนรู้ที่ 4 พลังงานแสงอาทิตย์และโซลาร์เซลล์

หน่วยการเรียนรู้ที่ 5 การต่อโซลาร์เซลล์เพื่อใช้งาน

หน่วยการเรียนรู้ที่ 6 การประยุกต์ใช้งานโซลาร์เซลล์

4.4 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา เรื่อง แหล่งกำเนิดไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ และการประยุกต์ใช้งาน สำหรับกลุ่มสาระการเรียนรู้การงานอาชีพและเทคโนโลยี ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ประกอบด้วย

1) แผนการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา เรื่อง แหล่งกำเนิดไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์และการประยุกต์ใช้งาน สำหรับกลุ่มสาระการเรียนรู้การงานอาชีพและเทคโนโลยี ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โดยนำกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม แก้ไขปัญหาหรือตอบสนองความต้องการ บูรณาการความรู้และประสบการณ์จากกิจกรรม เกิดประโยชน์เชื่อมโยงสู่ชีวิตจริงและ การทำงาน

2) แบบประเมินคุณภาพของแผนการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา เรื่อง แหล่งกำเนิดไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์และ การประยุกต์ใช้งาน สำหรับกลุ่มสาระการเรียนรู้การงานอาชีพและเทคโนโลยี ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 จำนวน 12 ข้อ ซึ่งมีลักษณะเป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ

3) แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง แหล่งกำเนิดไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์และการประยุกต์ใช้งาน ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 จำนวน 40 ข้อ เป็นแบบเลือกตอบ 4 ตัวเลือก กำหนดข้อที่ตอบถูกเป็น 1 คะแนน และข้อที่ตอบผิดหรือไม่ตอบให้ 0 คะแนน มีค่าดัชนีความสอดคล้องอยู่ระหว่าง 0.60 - 1.00 ค่าความยากง่ายระหว่าง 0.35 - 0.70 ค่าอำนาจจำแนกระหว่าง 0.20 - 0.30 และค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.71

4) แบบประเมินความพึงพอใจการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา เรื่อง แหล่งกำเนิดไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์และการประยุกต์ใช้งาน สำหรับกลุ่มสาระการเรียนรู้การงานอาชีพและเทคโนโลยี ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 จำนวน 18 ข้อ มีลักษณะเป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ

4.5 การเก็บรวบรวมข้อมูล

การวิจัยครั้งนี้เป็นการศึกษาเชิงทดลอง เพื่อหาประสิทธิภาพการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา ผู้วิจัยได้ดำเนินการทดลองที่โรงเรียนบ้านห้วยปลาหลด อำเภอแม่สอด จังหวัดตาก 1) หาประสิทธิภาพของการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา เรื่อง แหล่งกำเนิดไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์และการประยุกต์ใช้งาน สำหรับกลุ่มสาระการเรียนรู้การงานอาชีพและเทคโนโลยี ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 2) ทดลองใช้กับใช้ประชากรนักเรียน จำนวน 20 คน ที่ลงทะเบียนเรียนรายวิชาการงานอาชีพและเทคโนโลยี รหัสวิชา 23101 ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2560 3) ก่อนเริ่มเข้าสู่บทเรียนผู้วิจัยได้อธิบายรายละเอียด วัตถุประสงค์ของการเรียนการสอนในครั้งนี้ เกณฑ์การให้คะแนนการเรียน 4) จัดการเรียนการสอนตามแผนการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา เรื่อง แหล่งกำเนิดไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์และการประยุกต์ใช้งาน สำหรับกลุ่มสาระการเรียนรู้การงานอาชีพและเทคโนโลยี ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ละหน่วยการเรียนรู้ ในการนี้ใช้วิธีการสุ่มอย่างง่าย ร่วมกันทดลองใบงานครึ่งละ 2 กลุ่ม 5) สังเกตกระบวนการทดลอง ความถูกต้องและความร่วมมือในกลุ่ม 6) ให้นักเรียนสรุปผลนำเสนอหน้าชั้นเรียน 7) เมื่อนักเรียนเรียนทุกหน่วยการเรียนรู้แล้ว ให้นักเรียนทำแบบทดสอบหลังเรียนจำนวน 40 ข้อ และ 8) นำผลคะแนนของใบงานการทดลองระหว่างเรียนและแบบทดสอบหลังเรียนที่ได้มาวิเคราะห์หาประสิทธิภาพของกระบวนการ/ประสิทธิภาพของผลลัพธ์ (E_1/E_2) ซึ่งกำหนดเกณฑ์ไม่ต่ำกว่า 80/80

4.6 การวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยได้ดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูลดังต่อไปนี้

- 1) การหาคุณภาพการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา เรื่อง แหล่งกำเนิดไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์และการประยุกต์ใช้งาน สำหรับกลุ่มสาระการเรียนรู้การงานอาชีพและเทคโนโลยี ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ใช้ค่าเฉลี่ย [4] และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
- 2) การหาประสิทธิภาพของการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา เรื่อง แหล่งกำเนิดไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์และการประยุกต์ใช้งาน สำหรับกลุ่มสาระการเรียนรู้การงานอาชีพและเทคโนโลยี ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โดยใช้สูตร E_1/E_2 ซึ่ง E_1 คือประสิทธิภาพของกระบวนการเรียน และ E_2 คือประสิทธิภาพของผลลัพธ์ [5]
- 3) การประเมินความพึงพอใจของนักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา เรื่อง แหล่งกำเนิดไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์และการประยุกต์ใช้งาน สำหรับกลุ่มสาระการเรียนรู้การงานอาชีพและเทคโนโลยี ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 วัดอยู่ในระดับมากขึ้นไป ใช้ค่าเฉลี่ย [6] และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน [7]

6. ผลการวิจัย

ตารางที่ 1 แสดงผลการวิเคราะห์หาคุณภาพของการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา

รายการประเมิน	\bar{X}	S	ระดับคุณภาพ
1. ความครบถ้วนสมบูรณ์ของวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม	4.00	0.71	ดี
2. ความสอดคล้องระหว่างเนื้อหากับวัตถุประสงค์	4.40	0.89	ดี
3. ปริมาณเนื้อหาในแต่ละหน่วยเหมาะสมกับเวลา	4.20	0.45	ดี
4. ลำดับชั้นในการนำเสนอเนื้อหา	4.00	0.71	ดี
5. ความถูกต้องของเนื้อหา	4.00	0.71	ดี
6. ความเหมาะสมของเนื้อหากับระดับผู้เรียน	4.20	0.84	ดี
7. ความชัดเจนในการอธิบายเนื้อหา	4.00	0.71	ดี
8. การเรียงลำดับเนื้อหาเหมาะสม	4.60	0.55	ดีมาก
9. ภาษาที่ใช้อ่านเข้าใจง่าย	4.60	0.55	ดีมาก
10. การจัดรูปแบบเนื้อหาเหมาะสม (ปริมาณภาคทฤษฎีและปฏิบัติ)	4.20	0.84	ดี
11. รูปภาพประกอบเนื้อหาสื่อความหมายได้ชัดเจน	3.80	0.45	ดี
12. รูปภาพประกอบมีขนาดเหมาะสม	3.60	0.55	ดี
ผลรวมคุณภาพของแผนการจัดการเรียนรู้	4.13	0.15	ดี

จากตารางที่ 1 พบว่า คุณภาพของแผนการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา เรื่อง แหล่งกำเนิดไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์และการประยุกต์ใช้งาน สำหรับกลุ่มสาระการเรียนรู้การงานอาชีพและเทคโนโลยี ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 จัดอยู่ในระดับดี ($\bar{X} = 4.13$, $S = 0.15$)

ตารางที่ 2 แสดงผลการวิเคราะห์หาประสิทธิภาพของการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา

คะแนน	คะแนนเต็ม	คะแนนเฉลี่ย (μ)	ร้อยละ	เกณฑ์
ระหว่างเรียน (E1)	40	32.95	82.37	80
หลังเรียน (E2)	40	33.80	84.50	80

จากตารางที่ 2 พบว่า แผนการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา เรื่อง แหล่งกำเนิดไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์และการประยุกต์ใช้งาน สำหรับกลุ่มสาระการเรียนรู้การงานอาชีพและเทคโนโลยี ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่สร้างขึ้นมีประสิทธิภาพของกระบวนการ/ประสิทธิภาพของผลลัพธ์ (E_1/E_2) เท่ากับ 82.37/84.50 ซึ่งไม่ต่ำกว่า 80/80 เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด

ตารางที่ 3 แสดงผลการวิเคราะห์การหาความพึงพอใจของนักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา

จำนวนข้อ	N	μ	σ	ผลการประเมิน
18	20	4.67	0.19	มากที่สุด

จากตารางที่ 3 พบว่า ผลความพึงพอใจของนักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา เรื่อง แหล่งกำเนิดไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์และการประยุกต์ใช้งาน สำหรับกลุ่มสาระการเรียนรู้การงานอาชีพและเทคโนโลยี ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 จัดอยู่ในระดับมากที่สุด ($\mu = 4.67, \sigma = 0.19$) เป็นไปตามสมมติฐานการวิจัยที่ตั้งไว้

7. สรุปและอภิปรายผลการวิจัย

7.1 คุณภาพของการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา

การหาคุณภาพของการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา เรื่อง แหล่งกำเนิดไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์และการประยุกต์ใช้งาน สำหรับกลุ่มสาระการเรียนรู้การงานอาชีพและเทคโนโลยี ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 จากผู้ทรงคุณวุฒิ จำนวน 5 ท่าน พบว่า มีคุณภาพอยู่ในระดับดี ($\bar{X} = 4.13, S = 0.15$) เนื่องจากการวางแผนและออกแบบหน่วยการเรียนรู้ให้เป็นไปตามวัตถุประสงค์ โดยมีการนำกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม [8] เป็นขั้นตอนของการแก้ปัญหาหรือตอบสนองความต้องการ การแบ่งเนื้อหามีความเหมาะสมและถูกต้อง ระดับความยากง่ายเหมาะสมกับอายุและระดับการศึกษาของนักเรียน ภาษาที่ใช้มีความถูกต้อง อีกทั้งการดำเนินเรื่องที่มีความต่อเนื่อง สอดคล้องกับผลการวิจัยของพรสวัสดิ์ สองแคว [9] ผลการวิจัยพบว่า หน่วยการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เพื่อส่งเสริมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ มีผลประเมินความเหมาะสมจากผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน จัดอยู่ในระดับดี ($\bar{X} = 3.89, S.D. = 0.88$)

7.2 ประสิทธิภาพของการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา

การหาประสิทธิภาพของการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา เรื่อง แหล่งกำเนิดไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์และการประยุกต์ใช้งาน สำหรับกลุ่มสาระการเรียนรู้การงานอาชีพและเทคโนโลยี ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ผลการวิจัยพบว่า การจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษามีประสิทธิภาพ E_1/E_2 เท่ากับ 82.37/84.50 ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด คือไม่ต่ำกว่า 80/80 ทั้งนี้ เพราะการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา เรื่อง แหล่งกำเนิดไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์และการประยุกต์ใช้งาน สำหรับกลุ่มสาระการเรียนรู้การงานอาชีพและเทคโนโลยี ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นนั้นได้ผ่านการตรวจสอบจากอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์และอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม และผ่านการหาคุณภาพโดยผู้ทรงคุณวุฒิ 5 ท่านซึ่งผลอยู่ในระดับดี ในส่วนของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนได้ผ่านการวิเคราะห์หาค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างเนื้อหากับจุดประสงค์การเรียนรู้จากผู้ทรงคุณวุฒิจำนวน 5 ท่าน โดยข้อคำถามมีค่าดัชนีความสอดคล้องอยู่ระหว่าง 0.60 – 1.00 ค่าความยากง่ายอยู่ระหว่าง 0.35 – 0.70 คือ มีระดับง่าย ปานกลาง และยาก ซึ่งสามารถนำไปใช้ได้ดี ค่าอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง 0.20 - 0.30 คือ มีระดับปานกลาง สูง ซึ่งนำไปใช้ได้ดี มีความเชื่อถือได้ เท่ากับ 0.71 ซึ่งหมายถึงแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฉบับนี้มีความเชื่อถือได้อยู่ในระดับสูงและสามารถนำไปใช้ได้ดี จากการที่นักเรียนได้เรียนในแต่ละหน่วยนั้น นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติ ทดลองใบงาน โดยมีครูเป็นผู้สังเกตและให้คำชี้แนะ เมื่อนักเรียนบันทึกผลแล้วให้นักเรียนนำผลที่ได้มาร่วมกันวิเคราะห์ข้อมูลพร้อมนำเสนอหน้าชั้นเรียน ทำให้เกิดความคิดรวบยอดดีขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับการวิจัยของ ธัญลักษณ์ เจริญพงษ์ธนกุล [10] ผลการวิจัยพบว่า การจัดการเรียนการสอนโดยใช้รูปแบบ STEM Education ร่วมกับการใช้ชุดสื่อโมเดล CHROMOSOME GAME เรื่อง การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม ที่พัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดที่ 84.50/87.76

7.3 ความพึงพอใจของนักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา

ความพึงพอใจของนักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา เรื่อง แหล่งกำเนิดไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ และการประยุกต์ใช้งาน สำหรับกลุ่มสาระการเรียนรู้การงานอาชีพและเทคโนโลยี ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 คะแนนเฉลี่ย 4.67 คิดเป็นร้อยละ 93.44 วัตถุประสงค์มากที่สุด ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานการวิจัย ทั้งนี้เป็นเพราะผู้วิจัยทำการสร้างแบบประเมินความพึงพอใจการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน จำนวน 18 ข้อ แบ่งระดับความพึงพอใจไว้ 5 ระดับ ผ่านการตรวจสอบจากอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์และอาจารย์ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วมแล้วดำเนินการแก้ไขปรับปรุง ทำให้ได้ข้อคำถามที่กระชับ เหมาะสม เข้าใจง่าย ครบคลุม ตรงตามวัตถุประสงค์ของการวิจัย โดยที่การจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา นักเรียนจะได้นำความรู้ระหว่างศาสตร์สาขาต่างๆ ได้แก่ วิทยาศาสตร์ (S) เทคโนโลยี (T) วิศวกรรมศาสตร์ (E) และคณิตศาสตร์ (M) บูรณาการเพื่อแก้ไขปัญหาที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวัน ทำให้การสอนนั้นมีความหมายต่อนักเรียน ทำให้นักเรียนเห็นคุณค่าของการเรียน เกิดการค้นคว้าอย่างเป็นระบบตามขั้นตอนที่ได้วางแผนไว้ สามารถเข้าใจในเนื้อหาได้ง่ายขึ้น เมื่อนักเรียนร่วมกันวิเคราะห์ สรุปผลและนำเสนอหน้าชั้นเรียน จะทำให้นักเรียนเกิดกระบวนการทำงานเป็นกลุ่ม กล้าแสดงออก แสดงความคิดเห็นและยอมรับความคิดเห็นของผู้อื่น สอดคล้องกับแนวทางการพัฒนาให้มีคุณภาพในศตวรรษที่ 21 ดังนั้น เมื่อนำการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษามาใช้จริงจึงทำให้นักเรียนเกิดความพึงพอใจซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานการวิจัย สอดคล้องกับการวิจัยของนสรินทร์ ปือชา [11] ที่ศึกษาผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา (STEM Education) ต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา และต่อความสามารถในการแก้ปัญหาและความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา (STEM Education) จัดอยู่ในระดับมากที่สุด

8. ข้อเสนอแนะ

8.1 ข้อเสนอแนะเพื่อการนำผลวิจัยไปใช้

1. ในการทดลองหากนักเรียนมีความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับไฟฟ้าเบื้องต้น การต่อเซลล์ไฟฟ้า และปริมาณทางไฟฟ้า ผู้สอนสามารถข้ามเนื้อหาในหน่วยการเรียนรู้ที่ 1-3 และเริ่มสอนเนื้อหาในหน่วยที่ 4-6 พลังงานแสงอาทิตย์และโซลาร์เซลล์ การต่อ โซลาร์เซลล์เพื่อใช้งาน และการประยุกต์ใช้งานโซลาร์เซลล์ ดังนั้น จึงควรมีการทดสอบก่อนเรียน เพื่อไม่ให้นักเรียนเกิดความน่าเบื่อในการเรียนเนื้อหาเดิมที่ศึกษามาแล้ว

2. การต่อใช้งานแผงโซลาร์เซลล์ร่วมกับมอเตอร์ ควรใช้วิธีการชาร์จผ่านแบตเตอรี่ เพราะมอเตอร์เป็นอุปกรณ์ที่ต้องการกระแสไฟฟ้าสูง หากแผงโซลาร์เซลล์ให้กระแสไม่มากพอจะทำให้มอเตอร์ไม่สามารถทำงานได้

8.2 ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

1. การวิจัยและพัฒนาการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา เรื่อง แหล่งกำเนิดไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ และการประยุกต์ใช้งาน โดยการนำไปสร้างสิ่งประดิษฐ์ที่สามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้ในชีวิตประจำวันของนักเรียน เพื่อให้เกิดแรงจูงใจ ใฝ่รู้

2. การศึกษาเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียนก่อนและหลังเรียน การพัฒนาการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา เรื่อง แหล่งกำเนิดไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์และการประยุกต์ใช้งาน สำหรับกลุ่มสาระการเรียนรู้การงานอาชีพและเทคโนโลยี ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 กับกลุ่มตัวอย่าง

เอกสารอ้างอิง

- [1] Porntip Siriputtrachai. 2014. STEM Education and 21st Century Skills Development. *Journal of Management*, 33(2), p. 49-56.
- [2] Varinporn Funfuengfu. 2019. STEM EDUCATION. *Journal of Industrial Education*, 15(3), p. 198-203.
- [3] Suchard Puncharad. 2003. *Teaching problems of Careers and Technology primary 4 teachers in Phetchaburi province*. Master of Education. Business Studies, Srinakharinwirot University.
- [4] Pannee Leekitwattana. 2011. *Educational Research Methodology*. 7th ed. Bangkok: Faculty of Industrial Education, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang.
- [5] Chaiyong Promwong Somchao Netprasert and Suda Sinsakul. 1977. *Teaching media*. Bangkok: Chulalongkorn University.

- [6] Pannee Leekitwattana. 1997. **Statistics for Research Measurement of Distribution Teaching Materials**. Bangkok: Faculty of Industrial Education King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang. (Brochure).
- [7] Pannee Leekitwattana. 1997. **Statistics for Research Measuring Trends in the Central Teaching Materials**. Bangkok: Faculty of Industrial Education, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang. (Brochure).
- [8] The Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology (IPST). 2014. **STEM Education**. Bangkok: The Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology (IPST) Ministry of Education.
- [9] Pornsawad Songkhwae. 2015. **Development of STEM learning units to enhance scientific literacy in the topic of preservation land and rock of Maehongson for Prathomsuksa**. Master of Education, Curriculum and instruction, Naresuan University.
- [10] Thanyalak Chareonpongthanakul. 2014. **The teaching and learning of STEM Education in conjunction with the use of the CHROMOSOME GAME series on the inheritance Science Applied for 2nd year Diploma students vocational college**. Dusit Commercial College. [Online]. Retrieved from: http://pvca-ri.com/myfile/170116085741_1.pdf (October 18, 2016).
- [11] Nassrin Besa. 2015. **Effects of STEM Education Approach on Biology Achievement, Problem Solving Ability and Instructional Satisfaction of Grade 11 Students**. Master of Education, Teaching Science and Mathematics, Prince Songkla University.