

ผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์
เรื่อง เซลล์กัลวานิก และความสามารถในการคิดผลิตภาพของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6
โรงเรียนประจวบวิทยาลัย จังหวัดประจวบคีรีขันธ์

The Effects of Using The STEM Education on Science Learning Achievements
in the Topic of Galvanic Cell and Productive Thinking Ability of
MathayomSuxsa VI Students at Prachuabwittayalai School in
PrachuapKhiri Khan Province

พลวิชญ์ อังสวดี* นวลจิตต์ เชาวเกียรติพงษ์* และทวีศักดิ์ จินดานุรักษ์*

Ponlawich Angsawat*, Nuanjid Chaowakeratipong* and Tweesak Chindanurak*

* สาขาวิชาศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช

Department of Education, Sukhothai Thammathirat Open University

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ เรื่อง เซลล์กัลวานิกของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนประจวบวิทยาลัยที่เรียนด้วยการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษากับนักเรียนที่เรียนด้วยการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบปกติ 2) เปรียบเทียบความสามารถในการคิดผลิตภาพของนักเรียนดังกล่าวที่เรียนด้วยการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษากับนักเรียนที่เรียนด้วยการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบปกติ และ 3) เปรียบเทียบความสามารถในการคิดผลิตภาพของนักเรียนดังกล่าวที่เรียนด้วยการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียน

ประชากรคือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนประจวบวิทยาลัย จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ ปีการศึกษา 2561 จำนวน 4 ห้องเรียน รวม 97 คน ซึ่งกลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนประจวบวิทยาลัย จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ปีการศึกษา 2561จำนวน 2 ห้องเรียน รวม 43 คนโดยห้องหนึ่งเป็นกลุ่มที่จัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาและอีกห้องหนึ่งจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบปกติ เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่

1) แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 เรื่อง เซลล์กัลวานิก 2) แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบปกติ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 เรื่อง เซลล์กัลวานิก 3) แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ และ 4) แบบประเมินความสามารถในการคิดผลิตภาพ วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และการทดสอบค่าที (t-test)

ผลการวิจัยปรากฏว่า 1) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ที่เรียนด้วยการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาสูงกว่านักเรียนที่เรียนด้วยการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 2) ความสามารถในการคิดผลิตภาพของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ที่เรียนด้วยการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาสูงกว่านักเรียนที่เรียนด้วยการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และ 3) ความสามารถในการคิดผลิตภาพของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ที่เรียนด้วยการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

คำสำคัญ: สะเต็มศึกษา ความสามารถในการคิดผลิตภาพผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ เรื่อง เซลล์กัลวานิก

Abstract

The purposes of this study were to 1) compare the chemistry learning achievements of MathayomSuksa VI students who learned by STEM education with those of students who learned by the conventional teaching, 2) compare productive thinking abilities of both student groups, and 3) compare the pre-learning and post-learning productive thinking abilities of the students who learned by STEM education.

The research population consisted of 97 MathayomSuksa IV students in four classrooms at Prachuabwittayalai School in PrachuapKhiri Khan Province. The sample consisted of 43 MathayomSuksa VI students in two heterogeneous intact classrooms at Prachuabwittayalai School in PrachuapKhiri Khan Province. Then, one class was the group which would learn by STEM education; while the other class was the group which would learn by conventional teaching. The research instruments used in this research were; learning management plans and conventional lesson plan, a chemistry learning achievement test and a productive thinking ability test. Statistics employed for data analysis were the Mean, Standard Deviation, and t-test.

The research findings revealed that 1) the students in the STEM education group had a chemistry learning achievement higher than the students in the conventional teaching group at the .05 level of statistical significance, 2) the students in theSTEM education group had a productive thinking abilities higher than the students in the conventional teaching group at the .05 level of statistical significance, and 3) the post-learning productive thinking abilities of the students in

theSTEM education group was higher than their pre-learning counterpart level at the .05 level of statistical significance.

Keywords: STEM Education, Productive Thinking Ability, Chemistry Learning Achievement

บทนำ

ในปัจจุบันประเทศไทยกำลังมุ่งเน้นเพื่อพัฒนาประเทศให้เป็นไปตามโมเดลประเทศไทย 4.0 เนื่องจากปัญหาในประเทศที่ต้องเผชิญกับการเป็นประเทศที่มีรายได้เฉลี่ยในระดับปานกลาง ทำให้เกิดช่องว่างความเหลื่อมล้ำของเศรษฐกิจภายในประเทศ ทำให้ประเทศไทยมีความจำเป็นที่จะต้องปรับเปลี่ยนโครงสร้างทางด้านนวัตกรรมและเทคโนโลยี (Suwit, 2016) รวมถึงการกำหนดยุทธศาสตร์ชาติ 20 ปีโดยมีระยะเวลาดังตั้งปี 2560-2579 ที่มุ่งเน้นยุทธศาสตร์ด้านความมั่นคงในด้านการสร้างความสามารถในการแข่งขันด้านการพัฒนาและส่งเสริมศักยภาพคน ความเสมอภาคเท่าเทียมกันทางสังคม สร้างการเติบโตบนคุณภาพชีวิตที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมและปรับสมดุลโดยพัฒนาระบบการบริหารจัดการของภาครัฐ (Sarinee, 2018)

วิทยาศาสตร์มีความสำคัญเป็นอย่างมากในการขับเคลื่อนประเทศ เนื่องจากมีจุดมุ่งเน้นให้นักเรียนรู้จักการเชื่อมโยงความรู้กับกระบวนการมาใช้ประกอบการแก้ปัญหาที่หลากหลาย อีกทั้งวิทยาศาสตร์ยังมีบทบาทสำคัญต่อการดำรงชีวิต โดยเป็นปัจจัยพื้นฐานที่สำคัญที่เกี่ยวข้องกับสิ่งแวดล้อมและมนุษย์ (The institute for the Promotion of Teaching Science and Technology (IPST), 2017) รวมทั้งการเป็นผู้รู้วิทยาศาสตร์นั้น จะทำให้เป็นผู้ที่มีความเข้าใจในธรรมชาติ สามารถนำทฤษฎีไปพัฒนาด้านเศรษฐกิจ สังคม การเมืองและการสร้างมูลค่าเพิ่มให้แก่ผู้ผลิตทั้งด้านการเกษตรและด้านอุตสาหกรรม เป็นต้น (Jurarat, 2017) โดยการเรียนรู้วิชาเคมีซึ่งเป็นสาขาวิชาหนึ่งในวิชาวิทยาศาสตร์เป็นวิชาที่มีความจำเป็นที่ต้องอาศัยความเข้าใจเป็นสำคัญ ซึ่งปัญหาของเด็กนักเรียนบางคนเกิดจากการเข้าใจที่ว่าวิชาเคมีเป็นวิชาที่ใช้วิธีการท่องจำเป็นหลัก เนื่องจากครูใช้การบรรยายหรืออธิบายเนื้อหา ซึ่งมุ่งเน้นเฉพาะการถ่ายทอดเนื้อหาวิชาโดยให้นักเรียนจดบันทึกเพื่อการท่องจำเป็นหลักทำให้

นักเรียนเกิดความรู้สึกว่าการเรียนรู้แบบเรียนน่าสนใจ (Phop, 1999) การจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา จึงเป็นการจัดกิจกรรมการเรียนรู้รูปแบบหนึ่งที่เน้นให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติเพื่อหาคำตอบด้วยตนเองแล้วยังเป็นการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่เน้นการบูรณาการขององค์ความรู้ที่นักเรียนได้สร้างขึ้นด้วยตนเองเพื่อใช้ในการแก้ไขปัญหา โดยผ่านกระบวนการสืบค้นหาข้อมูลต่าง ๆ รวมถึงสร้างความตระหนักถึงประโยชน์ของการใช้ความรู้เกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ในการแก้ไขปัญหาในชีวิตประจำวันอีกด้วย (Wisane, 2017)

อีกทั้งผลการประเมินการทดสอบการศึกษา ระดับชาติขั้นพื้นฐาน (O-net) ในระดับชั้นมัธยมศึกษา ปีที่ 6 ของโรงเรียนประจำวิทยาลัย ปรากฏว่าใน 2 ปีการศึกษา ได้แก่ ปีการศึกษา 2559 และ 2560 คะแนนเฉลี่ยของวิชา วิทยาศาสตร์ยังคงได้น้อยกว่าเกณฑ์ร้อยละ 50 และค่าคะแนนเฉลี่ยในระดับประเทศ (National Institute of Educational Testing Service, 2017) อีกทั้งผลการประเมินการทดสอบนานาชาติหรือ PISA ประจำปี 2015 พบว่า ประเทศไทยมีคะแนนการประเมินเฉลี่ย PISA 201 ด้านวิทยาศาสตร์ 421 คะแนน ด้านคณิตศาสตร์ 415 คะแนน และด้านการอ่าน 409 คะแนน ซึ่งคะแนนเฉลี่ยดังกล่าวต่ำกว่าค่าเฉลี่ยขององค์การเพื่อความร่วมมือและการพัฒนาทางเศรษฐกิจ (Organization for European Economic Co-operation : OEEC) อย่างมีนัยสำคัญ และคะแนนเฉลี่ยดังกล่าวของประเทศไทยยังต่ำกว่าคะแนนเฉลี่ยของประเทศสิงคโปร์ และเวียดนามในทุก ๆ ด้าน ซึ่งจากแบบข้อสอบในการทดสอบ O-net และ PISA จะมีลักษณะที่เน้นให้นักเรียนได้ใช้ความรู้ที่เรียนรู้ในห้องเรียน นำมาประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหาในชีวิตประจำวัน (IPST, 2016) จากผลการทดสอบดังกล่าวแสดงให้เห็นว่า นักเรียนยังคงขาดความสามารถในการเปลี่ยนแปลงความรู้ที่เกิดขึ้นในการเรียนไปสู่การคิดสิ่งที่แปลกใหม่เพื่อใช้ในการแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวัน

ความสามารถในการคิดจึงมีความสำคัญ เนื่องจากการคิดเป็นพื้นฐานของการพัฒนา ซึ่งความสามารถในการคิดรูปแบบหนึ่ง คือ ความสามารถในการคิดผลิตภาพ เป็นกระบวนการคิดที่นำเอาความรู้ที่มีเปลี่ยนมาเป็นผลิตภัณฑ์ที่เป็นรูปธรรม โดยจะเป็นจุดเปลี่ยนที่เน้นให้คนไทยเปลี่ยนความคิดให้เป็นผู้ผลิตและปรับเปลี่ยนสังคมให้เป็นประเภท

ผลผลิตนิยมมากยิ่งขึ้น (Paitoon, 2017) ซึ่งผลผลิตที่เกิดขึ้นนั้นถือเป็นนวัตกรรมและเป็นรูปธรรมของความคิด เพื่อเป็นปัจจัยที่สำคัญในการผลักดันให้ประเทศไทยสามารถเดินไปตามโมเดลไทยแลนด์ 4.0 และยุทธศาสตร์ชาติ 20 ปี ได้อย่างสมบูรณ์

โดยเนื้อหาเรื่องเซลล์กลาวานิกนั้นได้กล่าวถึงการเปลี่ยนปฏิกิริยาเคมีเป็นพลังงานไฟฟ้า และในปัจจุบันได้นำเอาความรู้ในเรื่องดังกล่าวมาใช้ประโยชน์ในแก้ไขปัญห และอำนวยความสะดวกให้กับมนุษย์อย่างแพร่หลาย เช่น การทำแบตเตอรี่ การทำถ่านนาฬิกา เป็นต้น และพบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ของนักเรียนในเรื่อง เซลล์กลาวานิกยังไม่ดีเท่าที่ควร โดยสังเกตผลการประเมิน จากปีการศึกษาที่ผ่านมา มาของนักเรียน เนื่องจากเป็นหัวข้อที่ค่อนข้างซับซ้อนในการมองภาพที่เป็นรูปธรรมทำให้ การอธิบายเป็นไปได้อย่างยาก รวมถึงมีคำศัพท์เฉพาะที่ค่อนข้างมาก (Napaphat, 2017) อีกทั้งงานวิจัยของ Arthit (2016) พบว่าการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษานอกจากจะช่วยเพิ่มผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน วิทยาศาสตร์แล้ว ยังช่วยพัฒนาความสามารถในการ แก้ปัญหา ซึ่งเป็นทักษะพื้นฐานในการพัฒนาความสามารถ ในการคิดผลิตภาพ เพื่อสร้างชิ้นงานที่เป็นรูปธรรมในการ แก้ไขปัญหาโดยการศึกษาผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ แบบสะเต็มศึกษาและความสามารถในการคิดผลิตภาพใน ครั้งนี้จะเน้นกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 เนื่องจาก นักเรียนในระดับชั้นนี้จะได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนที่ครบถ้วนในทุกเนื้อหาที่เป็นพื้นฐานในแต่ละวิชา ซึ่งสามารถนำความรู้ดังกล่าวมาใช้ในการทำกิจกรรมการเรียนรู้ได้ครบถ้วน อีกทั้งนักเรียนในช่วงอายุดังกล่าวจะเป็น พลังที่สำคัญในการพัฒนาประเทศชาติต่อไปในอนาคต (Chalermpol, 2008)

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน วิทยาศาสตร์ เรื่อง เซลล์กลาวานิก ของนักเรียนชั้น มัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนประจำวิทยาลัยที่เรียนด้วยการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษากับนักเรียนที่ เรียนด้วยการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบปกติ

2. เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการคิดผลิต ภาพของนักเรียนดังกล่าวที่เรียนด้วยการจัดกิจกรรมการ

เรียนรู้แบบสะเต็มศึกษากับนักเรียนที่เรียนด้วยการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบปกติ

3. เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการคิดผลิตภาพของนักเรียนดังกล่าวที่เรียนด้วยการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียน

ขอบเขตการวิจัย

1. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

1.1 ประชากร คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนประจวบวิทยาลัย จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ ปีการศึกษา 2561 จำนวน 4 ห้องเรียน รวม 97 คนแบบคละความสามารถ

1.2 กลุ่มตัวอย่าง คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนประจวบวิทยาลัย จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ ปีการศึกษา 2561 จำนวน 2 ห้องเรียน รวม 43 คน ได้มาโดยการสุ่มแบบแบ่งกลุ่ม แล้วจับสลากซึ่งให้ห้องหนึ่งเป็นกลุ่มทดลองที่จัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาและอีกห้องหนึ่งเป็นกลุ่มควบคุมที่จัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบปกติ

2. ตัวแปรอิสระ คือ 1) การจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา เรื่อง เซลล์กลีวานิกและ 2) การจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบปกติ เรื่อง เซลล์กลีวานิก

3. ตัวแปรตาม คือ 1) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ เรื่อง เซลล์กลีวานิก และ 2) ความสามารถในการคิดผลิตภาพของนักเรียน

4. เนื้อหาสาระ คือ เนื้อหาสาระที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้คือ วิชาเคมี เรื่อง เซลล์กลีวานิก เป็นเรื่องที่อยู่ในหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ พุทธศักราช 2551 และหลักสูตรโรงเรียนประจวบวิทยาลัย ระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง ได้แก่ 1) แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา เรื่อง เซลล์กลีวานิก จำนวน 4 แผน ใช้เวลาในการสอน 18 ชั่วโมง ผ่านขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ 6 ขั้นตอน

ประกอบด้วย (1) ขั้นระบุปัญหา (2) ขั้นรวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้อง (3) ขั้นตอนแบบวิธีการแก้ปัญหา (4) ขั้นวางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา (5) ขั้นทดสอบประเมินผลและปรับปรุงการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน (6) ขั้นนำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน และ 2) แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบปกติ เรื่อง เซลล์กลีวานิก จำนวน 7 แผน ใช้เวลาสอน จำนวน 18 ชั่วโมง โดยผ่านขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ 3 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นนำเข้าสูบทเรียน ขั้นสอนที่ผ่านวิธีการจัดกิจกรรมแบบบรรยาย การทดลอง การสืบค้นหาความรู้ และขั้นสรุป

การหาคุณภาพความเหมาะสมของแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาและแบบปกติ ใช้เกณฑ์การประเมินระดับความคิดเห็นโดยใช้มาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) 5 ระดับ ตามวิธีของลิเคิร์ท (Likert) (Kanjana, 2017) โดยแผนการจัดกิจกรรม การเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา มีค่าเฉลี่ย 4.50 มีความเหมาะสมมากและแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบปกติมีค่าเฉลี่ย 4.45 มีความเหมาะสมมากเช่นกัน

2. เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล ได้แก่

1) แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ เรื่อง เซลล์กลีวานิก ซึ่งผู้วิจัยได้จัดทำขึ้นตามโครงสร้างและวัตถุประสงค์การเรียนรู้ตามมาตรฐานการเรียนรู้ โดยเป็นแบบทดสอบปรนัย ชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 30 ข้อ ให้ผู้เชี่ยวชาญประเมินความสอดคล้องระหว่างแบบทดสอบกับจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม (IOC) แล้วนำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ไปทดลองใช้กับนักเรียนกลุ่มอื่นที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง ได้หาค่าความยาก (p) และค่าอำนาจการจำแนก (r) แล้วเลือกข้อสอบที่มีค่าความยากอยู่ระดับที่ 0.20 ถึง 0.80 และมีค่าอำนาจการจำแนกอยู่ระดับ 0.20 ขึ้นไปจำนวน 30 ข้อ แล้วหาค่าความเที่ยงทั้งฉบับของแบบทดสอบโดยวิธีการหาความสอดคล้องภายใน โดยวิธีของ คูเดอร์ ริชาร์ดสัน 20 (Kuder-Richardson 20) (Kanjana, 2017) ได้ค่าความเที่ยงของแบบทดสอบทั้งฉบับเท่ากับ 0.80 และ 2) แบบประเมินทักษะและคุณลักษณะความสามารถในการคิดผลิตภาพ ซึ่งได้ปรับปรุงและดัดแปลงจากเกณฑ์ประเมิน

คุณลักษณะผู้มีความสามารถในการคิดผลิตภาพของ Paitoon (2017) โดยประเมินนักเรียนเป็นรายบุคคลทั้งกลุ่มที่เรียนด้วยการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา และแบบปกติ ซึ่งแบบประเมินแบ่งออกเป็น 4 ระดับและ 2 ระดับ ให้ผู้เชี่ยวชาญประเมินความสอดคล้องระหว่างแบบประเมินทักษะและคุณลักษณะความสามารถในการคิดผลิตภาพ (IOC) หาค่าความเที่ยงทั้งฉบับของแบบประเมินความสามารถในการคิดผลิตภาพ โดยวิธีการหาความสอดคล้องภายในวิธีสัมประสิทธิ์แอลฟาครอนบาค (Cronbach) (Kanjana, 2017) ได้ค่าความเที่ยงของแบบทดสอบทั้งฉบับเท่ากับ 0.85

การวิเคราะห์ข้อมูล

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยวิเคราะห์ข้อมูลและใช้สถิติการวิจัยโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป ดังนี้

1. นำข้อมูลที่ได้จากการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ เรื่อง เซลล์กลีวานิกและความสามารถในการคิดผลิตภาพมาทำการวิเคราะห์โดยใช้ ค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$)

ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) และค่าร้อยละ (%) ของคะแนน

2. การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ เรื่อง เซลล์กลีวานิกและความสามารถในการคิดผลิตภาพ ระหว่างกลุ่มที่เรียนด้วยการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาและการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบปกติทำการวิเคราะห์โดยการทดสอบค่าที่แบบกลุ่มอิสระ (t-test for independent) ส่วนการเปรียบเทียบความสามารถในการคิดผลิตภาพก่อนเรียนกับหลังเรียนของกลุ่มที่เรียนด้วยการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาทำการวิเคราะห์โดยการทดสอบค่าที่แบบกลุ่มไม่อิสระ (t-test for dependent) ระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ .05

ผลการศึกษา

จากการวิจัยเรื่องผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ เรื่อง เซลล์กลีวานิกและความสามารถในการคิดผลิตภาพของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาและการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบปกติ ได้ผลการวิจัย ดังนี้

ตารางที่ 1 การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ เรื่อง เซลล์กลีวานิก ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6

รูปแบบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้	จำนวนนักเรียน (คน)	คะแนนเต็ม	$\bar{x}$	S.D.	t	sig
แบบสะเต็มศึกษา	21	30	22.14	3.32	2.618*	.013
แบบปกติ	22	30	19.91	2.11		

*p < .05

จากตารางที่ 1 พบว่านักเรียนในกลุ่มที่เรียนด้วยการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษามีคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ เรื่อง เซลล์กลีวานิกเฉลี่ยเท่ากับ 22.14 มีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D) เท่ากับ 3.32 ส่วนนักเรียนในกลุ่มที่เรียนด้วยการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบปกติโดยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

วิทยาศาสตร์ เรื่อง เซลล์กลีวานิก มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 19.91 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D) เท่ากับ 2.11 โดยนักเรียนที่เรียนด้วยการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษามีคะแนนเฉลี่ยสูงกว่านักเรียนที่เรียนด้วยการจัดกิจกรรม การเรียนรู้แบบปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ตารางที่ 2 การเปรียบเทียบความสามารถในการคิดผลิตภาพของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โดยใช้แบบประเมินคุณลักษณะของผู้ที่มีความสามารถในการคิดผลิตภาพ ซึ่งดัดแปลงมาจาก Paitoon (2017)

รายการประเมิน	รูปแบบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้				t	sig
	แบบสะเต็มศึกษา		แบบปกติ			
	$\bar{x}$	S.D.	$\bar{x}$	S.D.		
1. ช่างสังเกต	3.67	0.13	3.23	0.23	7.86*	.000
2. คิดต่อเนื่อง	1.86	0.23	1.57	0.36	3.15*	.003
3. มองเห็นทางปรับปรุงแนวปฏิบัติ	3.76	0.44	2.73	0.70	5.77*	.000
4. คิดเชื่อมโยงกับผลผลิต	4.00	0.00	3.50	0.51	4.58*	.000
5. คิดแล้วทำ	3.71	0.46	3.36	0.66	2.02*	.050
6. คิดให้ตลอด	4.00	0.00	3.32	0.48	6.71*	.000
7. พร้อมรับการทดสอบ	3.38	0.50	2.91	0.29	3.76*	.001
ความสามารถในการคิดผลิตภาพโดยรวม	3.72	0.13	3.19	0.10	15.28*	.000

*p < .05

จากตารางที่ 2 พบว่า ความสามารถในการคิดผลิตภาพของนักเรียนที่เรียนด้วยการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษามีผลการประเมินเฉลี่ย 3.72 มีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.13 ส่วนนักเรียนที่เรียนด้วยการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบปกติมีผลการประเมินความสามารถในการคิดผลิตภาพเฉลี่ย 3.19 มีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.10 พบว่านักเรียนที่เรียนด้วยการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา มีความสามารถในการ

การคิดผลิตภาพสูงกว่านักเรียนที่เรียนด้วยการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ส่วนในด้านคุณลักษณะที่ได้ทำการประเมินจะพบว่า ในทุกคุณลักษณะนักเรียนที่เรียนด้วยการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษามีค่าเฉลี่ยสูงกว่านักเรียนที่เรียนด้วยการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แต่ในด้านคิดแล้วทำจะแตกต่างกันน้อยที่สุด

ตารางที่ 3 การเปรียบเทียบความสามารถในการคิดผลิตภาพของนักเรียนที่เรียนด้วยการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียน

รายการประเมิน	การวัดความสามารถในการคิดผลิตภาพ				t	sig
	ก่อนเรียน		หลังเรียน			
	$\bar{x}$	S.D.	$\bar{x}$	S.D.		
1. ช่างสังเกต	2.66	0.39	3.67	0.13	12.64*	.000
2. คิดต่อเนื่อง	1.81	0.29	1.86	0.23	0.62	.540
3. มองเห็นทางปรับปรุงแนวปฏิบัติ	2.71	0.46	3.76	0.44	6.85*	.000
4. คิดเชื่อมโยงกับผลผลิต	2.81	0.40	4.00	0.00	13.56*	.000
5. คิดแล้วทำ	2.81	0.40	3.71	0.46	3.29*	.004
6. คิดให้ตลอด	2.81	0.40	4.00	0.00	13.56*	.000
7. พร้อมรับการทดสอบ	2.57	0.75	3.38	0.50	4.68*	.000
ความสามารถในการคิดผลิตภาพโดยรวม	2.78	0.31	3.72	0.13	14.34*	.000

*p < .05

จากตารางที่ 3 นักเรียนที่เรียนด้วยการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาก่อนเรียน มีผลการประเมินความสามารถในการคิดผลิตภาพเฉลี่ย 2.78 มีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.31 ส่วนหลังเรียน มีผลการประเมินเฉลี่ย 3.66 มีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.13 พบว่าความสามารถในการคิดผลิตภาพของนักเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยมีคุณลักษณะในด้านที่หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ได้แก่ คุณลักษณะในด้านช่างสังเกต ด้านมองเห็นทางปรับปรุงแนวปฏิบัติ ด้านคิดแล้วทำ ด้านคิดเชื่อมโยงกับผลผลิต ด้านคิดให้ตลอดและด้านพร้อมรับการทดสอบ ส่วนด้านคิดต่อเนื่องหลังเรียนมีคะแนนสูงกว่าก่อนเรียนแต่ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

อภิปรายผล

1. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ เรื่อง เซลล์กลไกจากผลการวิจัยพบว่านักเรียนที่เรียนด้วยการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา เรื่อง เซลล์กลไก มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์สูงกว่านักเรียนที่เรียนด้วยการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 เนื่องจากในขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษานั้น นักเรียนจะได้มีโอกาสที่จะลงมือปฏิบัติในการสืบเสาะหาความรู้การสืบค้นหาความรู้จากการใช้เทคโนโลยีในการศึกษาหาความรู้จากแหล่งอื่น ๆ ที่นอกเหนือจากหนังสือเรียน รวมทั้งการทดลองเพื่อหาคำตอบเกี่ยวกับเรื่องที่ต้องการศึกษา แล้วนำความรู้ที่ได้นั้นมาใช้ในการแก้ไขปัญหาที่ได้กำหนดขึ้น ซึ่งเป็นรูปแบบหนึ่งของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง โดยครูผู้สอนจะเป็นผู้ให้คำแนะนำ ผู้อำนวยความสะดวก ผู้ตั้งคำถามและผู้กระตุ้นให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติเพื่อหาคำตอบโดยการลงมือปฏิบัติ อีกทั้งการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาจะเป็นการจัดกิจกรรมที่ผ่านกระบวนการกลุ่ม ทำให้นักเรียนไม่เกิดภาวะแข่งขันทำให้นักเรียนมีพัฒนาการทางด้านจิตใจ อารมณ์และสังคม ซึ่งจะส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนที่เรียนด้วยการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา เรื่อง เซลล์กลไกสูงกว่านักเรียนอีกกลุ่มหนึ่ง ซึ่งสอดคล้องกับทฤษฎีการเรียนรู้ของจอห์น ดิวอี้ (John Dewey) ว่า นักเรียนจะ

เรียนรู้ได้ดียิ่งขึ้นถ้านักเรียนได้ลงมือปฏิบัติด้วยตนเอง โดยความรู้ที่นักเรียนได้ทำการค้นหานั้นยังจะเป็นการบูรณาการความรู้ของทั้ง 4 สาขาวิชา ได้แก่ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์และคณิตศาสตร์อีกด้วย (Tisana, 2017) รวมทั้งทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ของออสเชล (David P. Ausubel) ว่าการสร้างองค์ความรู้ด้วยตัวนักเรียนเองอย่างมีความหมายได้เป็นความรู้ใหม่ที่มีความสัมพันธ์กับความรู้เดิม โดยกระบวนการสร้างองค์ความรู้ดังกล่าวเกิดจากการกระทำซ้ำ ๆ อันเกิดจากการลองผิดลองถูกของนักเรียน ซึ่งจะทำให้นักเรียนเกิดองค์ความรู้ที่คงทนมากยิ่งขึ้น (KingFah, 2006)

จากผลการวิจัยดังกล่าวยังสอดคล้องกับงานวิจัยของ Nissarin (2015), Narin (2017) และ Kriengsak (2017) ที่ได้ศึกษาผลของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาในเรื่องต่าง ๆ ของวิชาวิทยาศาสตร์ ซึ่งผลการวิจัยที่พบสนับสนุนว่า การจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษานั้นสามารถช่วยยกระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ของนักเรียนได้ รวมถึงงานวิจัยของ Mindy, Nicole, Bhasker, Saudip & William (2017) ทำการศึกษาผลของการจัดกิจกรรมตามแนวคิดสะเต็มศึกษาในค่ายวิชาเคมี เพื่อพัฒนาเจตคติเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ของนักเรียนเพศหญิงให้ดียิ่งขึ้นรวมถึงงานวิจัยของ Ann (2011) พบว่าครูที่เรียนด้วยการจัดกิจกรรมแบบสะเต็มศึกษาจะมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและการรับรู้เกี่ยวกับทักษะทางวิทยาศาสตร์สูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

2. ความสามารถในการคิดผลิตภาพจากผลการวิจัยพบว่า นักเรียนที่เรียนด้วยการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา เรื่อง เซลล์กลไก มีคะแนนความสามารถในการคิดผลิตภาพสูงกว่านักเรียนที่เรียนด้วยการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และนักเรียนที่เรียนด้วยการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษามีความสามารถในการคิดผลิตภาพหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 เนื่องจากขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาจะช่วยพัฒนาคุณลักษณะที่สำคัญของความสามารถในการคิดผลิตภาพของนักเรียนที่กล่าวโดย Paitoon (2017) ดังนี้

1) ช่างสังเกต นักเรียนจะได้ใช้ประสาทสัมผัส ในการสังเกตสิ่งต่าง ๆ ที่อยู่รอบตัวแล้วนำมาวิเคราะห์เพื่อนำไปสู่การพัฒนาการแก้ปัญหาในชั้นระบุปัญหา

2) คิดต่อเนื่อง นักเรียนจะนำประเด็นที่ น่าสนใจมาคิดต่อเนื่องเพื่อหาความสัมพันธ์ในการศึกษาหา ข้อมูลจากการสืบเสาะหรือการทดลองในชั้นรวบรวมข้อมูล และแนวคิดที่เกี่ยวข้อง

3) เชื่อมโยงกับผลผลิต หลักการสืบเสาะหา ความรู้และเลือกองค์ความรู้ที่เกี่ยวข้อง นักเรียนจะนำ ความรู้ที่ได้มาใช้เป็นตัวกำหนดในการเลือกอุปกรณ์ สารเคมี ตามเกณฑ์ที่ได้กำหนดขึ้น ในชั้นออกแบบวิธีการ แก้ปัญหา

4) มองเห็นแนวทางการปรับปรุงและพร้อมรับ การทดสอบ นักเรียนจะได้ลงมือสร้างโมเดลแล้วทดสอบหา ประสิทธิภาพของโมเดลดังกล่าว แล้วพัฒนา ปรับปรุง แก้ไขให้โมเดลมีประสิทธิภาพมากขึ้นในชั้นทดสอบ ประเมินผลและปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน และชั้นนำเสนอวิธีการแก้ปัญหา

5) คิดแล้วทำและคิดให้ตลอด นักเรียนจะได้ ลงมือสร้างโมเดล ซึ่งเป็นชิ้นงานที่ผ่านการวิเคราะห์หาคำ ความรู้ที่เกี่ยวข้องแล้วกำหนดเป็นขั้นตอนที่ชัดเจน ซึ่ง สามารถดำเนินการตามขั้นตอนให้เสร็จสมบูรณ์ ในชั้น วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา

นอกจากนี้ผลการวิจัยยังแสดงให้เห็นว่านักเรียนที่ เรียนด้วยการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษามี คุณลักษณะในด้านคิดต่อเนื่องหลังเรียนไม่แตกต่างจาก ก่อนเรียน เนื่องจากในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสะ เต็มศึกษาในชั้นรวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องซึ่งเป็น ขั้นตอนที่สำคัญในการพัฒนาคุณลักษณะด้านการคิด ต่อเนื่องพบว่าจะใช้เวลาในการจัดกิจกรรมหลายชั่วโมงซึ่ง ในบางครั้งอาจเป็นการทำกิจกรรมในขั้นตอนดังกล่าวจะอยู่ ในช่วงเวลาที่แตกต่างกันคนละช่วง ซึ่งจะทำให้นักเรียนเกิด ปัญหาในการเชื่อมโยงความรู้ขาดการคิดต่อเนื่องที่ได้จาก เวลาที่ผ่านมาได้ รวมถึงการที่นักเรียนบางส่วนไม่สามารถ ใช้ผลการสังเกตที่ได้รับจากการทำกิจกรรมมาคิดต่อเนื่องใน สิ่งที่ตัวเองสนใจ ครูจึงมีหน้าที่ในการกระตุ้นให้นักเรียนเกิด การคิดต่อเนื่อง ซึ่งทำให้คุณลักษณะด้านการคิดต่อเนื่อง

ของก่อนและหลังเรียนด้วยการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบ สะเต็มศึกษาไม่แตกต่างกัน ซึ่งผลการวิจัยสอดคล้องกับ งานวิจัยของ Arthit (2016) ที่ได้ศึกษาผลของการจัด กิจกรรมการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาที่มีผลในการพัฒนา ความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนให้สูงขึ้น ซึ่งเป็น ความสามารถขั้นพื้นฐานของความสามารถในการคิดผลิต ภาพที่นักเรียนจะต้องคิดสิ่งประดิษฐ์หรือวิธีการที่ได้จาก องค์ความรู้เพื่อใช้ในการแก้ไขปัญหาต่อไป

ข้อเสนอแนะ

1. ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้

1.1 ปัญหาหรือสถานการณ์ที่ตั้งขึ้นเพื่อให้ นักเรียนได้คิดวิธีหรือกระบวนการแก้ปัญหา ต้องเป็นปัญหา หรือสถานการณ์ที่เกี่ยวข้องกับสภาพแวดล้อมภายใน ห้องเรียนหรือเป็นเหตุการณ์ที่อยู่ในความสนใจของนักเรียน เพื่อให้นักเรียนมีความกระตือรือร้นในการค้นหาข้อมูล นำไปสู่การสร้างเป็นชิ้นงานหรือกระบวนการในการ แก้ปัญหาดังกล่าว

1.2 ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสะเต็ม ศึกษา ขั้นตอนการรวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องใน แต่ละเรื่อง ควรจัดกิจกรรมให้อยู่ภายในช่วงเวลาใกล้เคียง กันประมาณหนึ่งสัปดาห์เพื่อให้เกิดการคิดอย่างต่อเนื่อง และพัฒนาความสามารถในการคิดผลิตภาพของนักเรียนให้ ได้ผลดียิ่งขึ้น

1.3 ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสะเต็ม ศึกษา ครูจะต้องอำนวยความสะดวกและเปิดโอกาสให้ นักเรียนได้ศึกษาค้นคว้าหาความรู้จากแหล่งเรียนรู้ที่ หลากหลาย เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการพัฒนา ความสามารถในการคิดผลิตภาพของนักเรียน

2. ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

2.1 ควรทำการวิจัยผลการจัดกิจกรรมการ เรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาในเนื้อหาวิชาเคมีอื่น ๆ เช่น อัตรา การเกิดปฏิกิริยาเคมี สารชีวโมเลกุล เป็นต้น เพื่อพัฒนา ความสามารถในการคิดผลิตภาพของนักเรียน

2.2 ควรทำการวิจัยเพื่อศึกษาผลการจัด กิจกรรมการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาโดยศึกษาตัวแปร

ทักษะหรือความสามารถที่มีความสำคัญในศตวรรษที่ 21
อื่น ๆ เช่น การคิดสร้างสรรค์ การคิดอย่างมีวิจารณญาณ
 เป็นต้น

2.3 ในการประเมินความสามารถในการคิด
ผลิตภาพของนักเรียน จำเป็นต้องประเมินทั้งในระหว่าง
จัดกิจกรรมการเรียนรู้และหลังการจัดกิจกรรมการเรียนรู้
รวมถึงผลงานที่เกิดจากการทำกิจกรรม เพื่อให้ได้ผลการ
ประเมินตามสภาพจริงของนักเรียน

References

Ann, R. (2011). The Effects of a STEM Professional
Development Intervention on Elementary
Teachers' Science Process Skills. *Mid-South
Educational Research Association*.

Retrieved from https://www.researchgate.net/publication/291345603_The_Effects_of_a_STEM_Professional_Development_Intervention_on_Elementary_Teachers'_Science_Process_Skills.

Arthit, C. (2016). *The results of learning
management in biology according to the
concept of full study on the ability of
Problem Solving and Achievement in
Biology of Upper Secondary School
Students*. Master of Education Thesis,
Chulalongkorn University. [in Thai]

Chalernpol, P. *Whether teenagers are lacking
immunity*. Retrieved from
<https://mgronline.com/daily/detail/9510000017840>. [in Thai]

Jurarat, T. (2017). *Science knowledge*. Nonthaburi:
Department of Education Sukhothai
Thammathirat Open University. [in Thai]

Kanjana, L. (2017). *Research instruments and
quality inspection*. Nonthaburi:
Department of Education Sukhothai
Thammathirat Open University. [in Thai]

KingFah, S. (2006). *Trip RIP: Thinking process,
learning and knowledge creation*. Journal
of Education Khonkaen University. 29 (3),
27-37. [in Thai]

Kriengsak, W. (2017). *Effect of STEM Education on
Chemistry Achievement, Problem Solving
Ability and Instructional Satisfaction of
Grade 12 Students*. Master of Education
thesis, Prince of Songkla University. [in Thai]

Mindy, I, Nicole, S, Bhasker, R, Saudip, C &
William, T. (2017). Addressing the STEM
Gender Gap by Designing and
Implementing an Educational Outreach
Chemistry Camp for Middle School Girls.
Journal of Chemical Education. Retrieved
from <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/ed500945g>.

Napaphat, P. *Chemical electrochemical cell*.
Retrieved from <https://www.scimath.org/lesson-chemistry/item/7181-2017-06-05-14-40-23>. [in Thai]

Narin, S. (2017). *Learning management according
to the full study concept to promote
academic achievement Science and
Problem Solving Skills of Mathayomsuksa
4 Students*. Master of Education thesis,
MahaSarakhmRajabhat University. [in Thai]

National Institute of Educational Testing Service
(Public Organization). (2017). *O-net test
results for academic year 2016 and 2017*.
Retrieved from <https://www.niets.or.th/th>.
[in Thai]

- Nissarin, B. (2015). *The results of learning management according to the STEM Education concept that affects achievement Formal biology Ability to solve problems and satisfaction with student learning management Grade 5*. Master of Education thesis, Prince of Songkla University. [in Thai]
- Paitoon, S. (2017). *How to produce images, teach and create*. Bangkok: Chulalongkorn University Publishing House. [in Thai]
- Phop, L. (1999). *Science teaching*. Bangkok: Chiang Mai Commercial.
- Sarinee, A. (2018). *Observations to National Strategy for 20 years*. Retrieved from <https://www.the101.world/strategic-plan-or-pipe-dream>. [in Thai]
- Suwit, M. (2016). *Concepts of Thailand 4.0*. Retrieved from http://www.industry.go.th/ict/index.php?option=com_k2&view=item&id330. [in Thai]
- The institute for the Promotion of Teaching Science and Technology. (2016). *Assessment results of PISA 2015*. Bangkok: Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology. [in Thai]
- _____. (2017). *Stem educational activities Upper Secondary Level (M. 4 -, 6)*. Bangkok: Business Organization of the Office of the welfare Promotion Commission for Teachers and Educational. [in Thai]
- Tisana, K. (2017). *The science of teaching knowledge for organizing effective learning processes*. Bangkok: Chulalongkorn University Publishing House. [in Thai]
- Wisane, I. (2017). *Interesting story about STEM Education*. Bangkok: Chulalongkorn University Publishing House. [in Thai].