ผลการจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษา วิชาสนุกกับอิเล็กทรอนิกส์ที่มีต่อการคิดเชิงนวัตกรรมและเจตคติต่อวิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนสาธิตมัธยม มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา

นางสาวปัทมพรรณ บุญประคม

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต
วิชาเอกวิทยาศาสตร์ศึกษา สาขาวิชาศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช
พ.ศ. 2562

The Effects of STEM Education Activities Management in the Enjoying Electronics Course on Innovative Thinking and Attitudes Towards Science of Mathayom Suksa III Students at Laboratory School of Phranakhon Si Ayutthaya Rajabhat University

Miss Patthamapun Boonprakom

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for
the Degree of Master of Education in Science Educational
School of Educational Studies
Sukhothai Thammathirat Open University
2019

หัวข้อวิทยานิพนธ์ ผลการจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษาวิชาสนุกกับอิเล็กทรอนิกส์ที่มีต่อการคิดเชิงนวัตกรรมและเจตคติต่อวิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนสาธิตมัธยมมหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา

ชื่อและนามสกุล นางสาวปัทมพรรณ บุญประคม

วิชาเอก วิทยาศาสตร์ศึกษา

สาขาวิชา ศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช

อาจารย์ที่ปรึกษา 1. รองศาสตราจารย์ ดร.ทวีศักดิ์ จินดานุรักษ์

2. รองศาสตราจารย์ชำนาญ เชาวกีรติพงศ์

วิทยานิพนธ์นี้ ได้รับความเห็นชอบให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา ตามหลักสูตรระดับปริญญาโท เมื่อวันที่ 3 กุมภาพันธ์ 2563

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ

(อาจารย์ ว่าที่ร้อยตรี ดร.มนัส บุญประกอบ)

..... กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร.ทวีศักดิ์ จินดานุรักษ์)

..... กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ชำนาญ เชาวกีรติพงศ์)

..... ประธานกรรมการบัณฑิตศึกษา

(รองศาสตราจารย์ ดร.วรางคณา จันทร์คง)

ชื่อวิทยานิพนธ์ ผลการจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษา วิชาสนุกกับอิเล็กทรอนิกส์ที่มีต่อการคิดเชิงนวัตกรรม และเจตคติต่อวิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนสาธิตมัธยม มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา

ผู้วิจัย นางสาวปัทมพรรณ บุญประคม **รหัสนักศึกษา** 2602000057 **ปริญญา** ศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต (วิทยาศาสตร์ศึกษา) **อาจารย์ที่ปรึกษา** (1) รองศาสตราจารย์ ดร.ทวีศักดิ์ จินดานุรักษ์ (2) รองศาสตราจารย์ชำนาญ เชาวกีรติพงศ์ **ปีการศึกษา** 2562

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) เปรียบเทียบการคิดเชิงนวัตกรรมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ระหว่างก่อนและหลังการจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษา วิชาสนุกกับอิเล็กทรอนิกส์ และ 2) เปรียบเทียบเจตคติต่อวิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ก่อนและหลังได้รับการจัดกิจกรรมสะเต็ม-ศึกษา วิชาสนุกกับอิเล็กทรอนิกส์

กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนสาธิตมัธยม มหาวิทยาลัยราชภัฏ-พระนครศรีอยุธยา โดยใช้วิธีการสุ่มแบบกลุ่ม จำนวน 1 ห้องเรียนจากทั้งหมด 4 ห้องเรียน รวม 36 คน เครื่องมือการวิจัย ได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้การจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษาวิชาสนุกกับอิเล็กทรอนิกส์ จำนวน 3 แผน รวม 18 ชั่วโมง แบบประเมินการคิดเชิงนวัตกรรม และแบบวัดเจตคติต่อวิชาวิทยาศาสตร์ สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และการทดสอบค่าที

ผลการวิจัยปรากฏว่า (1) นักเรียนมีการคิดเชิงนวัตกรรมหลังการจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษาสูงกว่าก่อนการจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษาอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และ (2) นักเรียนมีเจตคติต่อวิชาวิทยาศาสตร์ก่อนและหลังได้รับการจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษาไม่แตกต่างกัน

คำสำคัญ สะเต็มศึกษา การคิดเชิงนวัตกรรม เจตคติต่อวิชาวิทยาศาสตร์ มัธยมศึกษา

Thesis title: The Effects of STEM Education Activities Management in the Enjoying Electronics Course on Innovative Thinking and Attitudes Towards Science of Mathayom Suksa III Students at Laboratory School of Phranakhon Si Ayutthaya Rajabhat University
Researcher: Miss Patthamapun Boonprakom; **ID:** 2602000057;
Degree: Master of Education (Science Education);
Thesis advisors: (1) Dr. Tweesak Chindanurak, Associate Professor;
(2) Chamnan Chaowakeratipong, Associate Professor; **Academic year:** 2019

Abstract

The objectives of this research were (1) to compare innovative thinking levels of Mathayom Suksa III students before and after learning under STEM Education activities management in the Enjoying Electronics Course; and (2) to compare attitudes towards science of Mathayom Suksa III students before and after learning under STEM Education activities management in the Enjoying Electronics Course.

The research sample consisted of 36 Mathayom Suksa III students in an intact classroom obtained by cluster random sampling from the existing four classrooms at the Laboratory School of Phranakhon Si Ayutthaya Rajabhat University. The research instruments were three learning management plans covering 18 hours for STEM Education activities management in the Enjoying Electronics Course, a scale to assess innovative thinking, and a scale to assess attitudes towards science. Statistics employed for data analysis were the mean, standard deviation, and t-test.

The research results showed that (1) the post-learning innovative thinking level of the students who had learned under STEM Education activities management in the Enjoying Electronics Course was significantly higher than their pre-learning counterpart level at the .05 level of statistical significance; and (2) the post-learning and pre-learning attitudes toward science of the students who had learned under STEM Education activities management in the Enjoying Electronics Course were not significantly different.

Keywords: STEM Education, Innovative thinking, Attitude towards science, Mathayom Suksa

กิตติกรรมประกาศ

ขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.ทวีศักดิ์ จินดานุรักษ์ และรองศาสตราจารย์ชำนาญ เชาวกีรติพงศ์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ที่ให้ คำแนะนำ อบรมสั่งสอนความรู้ ชี้แนะแนวทางการแก้ปัญหา ทำให้การทำวิทยานิพนธ์ในครั้งนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี รวมทั้ง อาจารย์ ว่าที่ร้อยตรี ดร.มนัส บุญประกอบ ประธานกรรมการสอบปกป้องวิทยานิพนธ์ ที่ให้ข้อแนะนำในการปรับปรุงรูปเล่มวิทยานิพนธ์ให้สมบูรณ์

ขอขอบพระคุณผู้เชี่ยวชาญทุกท่าน ได้แก่ ดร.พิทธพนธ์ พิทักษ์ นางสาวอาริสา สุปน และนางสาวธิตินันท์ นาจาน ที่เสียสละเวลา และให้คำแนะนำ ในการตรวจประเมินเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยในครั้งนี้

ขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ประสิทธิ์ มณีไสย อาจารย์พิเศษกลุ่มสาระวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี คณะครู-อาจารย์ และบุคลากร โรงเรียนสาธิตมัธยม มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา ที่ให้ความช่วยเหลือ และความอนุเคราะห์ในด้านต่าง ๆ ตลอดการทำวิจัยและเก็บผลการทดลองในครั้งนี้

ขอขอบพระคุณมารดา บิดา ครอบครัว เพื่อน และผู้มีส่วนเกี่ยวข้องทุกท่านที่ให้การสนับสนุนและให้กำลังใจในการทำวิจัยในครั้งนี้

ขอขอบคุณ นายเมทนี แสวงเงิน นักศึกษาฝึกประสบการณ์วิชาชีพครู ชั้นปีที่ 5 วิชาเอกคอมพิวเตอร์ ที่ให้คำแนะนำนักเรียน และช่วยเหลือในการตรวจ ประเมินชิ้นงาน ในส่วนของการเขียนโปรแกรมกับชิ้นงาน (นวัตกรรม) ของนักเรียน

สุดท้ายนี้ ขอขอบคุณ นักเรียนโรงเรียนสาธิตมัธยม โดยเฉพาะนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ตั้งใจเรียนวิชาสนุกับอิเล็กทรอนิกส์ และให้ความร่วมมือในการจัดการเรียนรู้ในชั้นเรียนด้วยดีเสมอมา จนงานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ปัทมพรรณ บุญประคม

กุมภาพันธ์ 2563

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ
กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ
สารบัญตาราง ..... ฌ
สารบัญภาพ ..... ญ
บทที่ 1 บทนำ 1
ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1
วัตถุประสงค์การวิจัย 4
กรอบแนวคิดการวิจัย 5
สมมติฐานการวิจัย 6
ขอบเขตการวิจัย 6
นิยามศัพท์เฉพาะ 6
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 8
บทที่ 2 วรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง 9
การจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษา (STEM Education Activities Management) 9
การคิดเชิงนวัตกรรม (Innovative Thinking) 24
เจตคติต่อวิชาวิทยาศาสตร์ (Attitudes Toward Science) 37
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย 50
ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง 50
เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย 50
การเก็บรวบรวมข้อมูล 55
การวิเคราะห์ข้อมูล 55
บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล 58
ตอนที่ 1 เปรียบเทียบการคิดเชิงนวัตกรรมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3
ระหว่างก่อนและหลังการจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษาวิชาสนุกกับอิเล็กทรอนิกส์ 58
ตอนที่ 2 เปรียบเทียบเจตคติต่อวิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3
ก่อนและหลังได้รับการจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษาวิชาสนุกกับอิเล็กทรอนิกส์ 59

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 5 สรุปการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ 60
สรุปการวิจัย 60
อภิปรายผล 62
ข้อเสนอแนะ 64
บรรณานุกรม 66
ภาคผนวก 73
ก รายชื่อผู้ทรงคุณวุฒิ 74
ข คุณภาพเครื่องมือที่ใช้เก็บรวบรวมข้อมูล 79
ค ตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้ 83
ง เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล 92
จ ภาพการจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษา วิชาสนุกกับอิเล็กทรอนิกส์
และผลงานนักเรียน (นวัตกรรม) 102
ประวัติผู้วิจัย 107

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 3.1 เกณฑ์การประเมินแผนการจัดการเรียนรู้ 52
ตารางที่ 3.2 เกณฑ์การประเมินแบบประเมินการคิดเชิงนวัตกรรม 52
ตารางที่ 3.3 การกำหนดมาตรวัดคำตอบของข้อคำถามที่มีความหมายเชิงบวก 53
ตารางที่ 3.4 การกำหนดมาตรวัดคำตอบของข้อคำถามที่มีความหมายเชิงลบ 54
ตารางที่ 4.1 แสดงผลการวิเคราะห์การคิดเชิงนวัตกรรมระหว่างก่อนและหลังการจัดกิจกรรม สะเต็มศึกษา วิชาสนุกกับอิเล็กทรอนิกส์ 58
ตารางที่ 4.2 แสดงผลการวิเคราะห์เจตคติต่อวิชาวิทยาศาสตร์ก่อนและหลังได้รับการจัดกิจกรรม สะเต็มศึกษาวิชาสนุกกับอิเล็กทรอนิกส์ 59

สารบัญภาพ

หน้า

ภาพที่ 1.1 กรอบแนวคิดในการวิจัย 5
ภาพที่ 2.1 แสดงกระบวนการสร้างนวัตกรรม 28

บทที่ 1
บทนำ

1. ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

การเปลี่ยนแปลงของสังคมโลกในด้านเทคโนโลยี และการปฏิวัติดิจิทัล ทำให้หลายประเทศรวมทั้งประเทศไทยต้องปรับตัว และเตรียมพลเมืองให้มีความพร้อมที่สามารถดำเนินชีวิตได้ในศตวรรษที่ 21 สำหรับประเทศไทยทางรัฐบาลได้ออกยุทธศาสตร์ชาติ 20 ปี เรียกว่า ประเทศไทยยุค 4.0 ที่มีเป้าหมายคือต้องการให้ผู้เรียนมีทักษะในศตวรรษที่ 21 (3Rs+8Cs) และอีกหนึ่งในเป้าหมายนั้นคือ ความต้องการให้ผู้เรียนสร้างนวัตกรรมได้ เพื่อให้ประเทศหลุดจากกับดักการเป็นประเทศกำลังพัฒนา และเพื่อให้สอดคล้องกับบริบทของสังคมและเศรษฐกิจไทยในอนาคต ที่เป็นสังคมแห่งการเรียนรู้และคุณธรรม ประกอบกับการเป็นสังคมผู้สูงอายุ อันเนื่องมาจากอัตราเด็กแรกเกิดลดลง เมื่อเกิดการปฏิวัติอุตสาหกรรม 4.0 การใช้เทคโนโลยีดิจิทัล หรือปัญญาประดิษฐ์ จะเข้ามามีบทบาทอย่างยิ่งในภาคการผลิตของอุตสาหกรรม ความต้องการในด้านทักษะแรงงานจึงเปลี่ยนแปลงไป ตลาดแรงงานจะต้องการคนที่มีทักษะขั้นสูง เช่น ทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ทักษะการแก้ปัญหา การคิดอย่างสร้างสรรค์ รวมไปถึงทักษะทางด้านการสื่อสาร และด้านเทคโนโลยี เป็นต้น เมื่อเป็นดังนั้นในภาคส่วนการศึกษาก็เช่นเดียวกัน สถานศึกษา ครู และบุคลากรทางการศึกษาจึงต้องมีการปรับตัว และปรับเปลี่ยนวิธีคิด การจัดการเรียนรู้ทั้งในชั้นเรียน และนอกชั้นเรียน ให้มีความหลากหลายเพื่อให้ผู้เรียนมีทักษะที่เป็นที่ต้องการ และตอบโจทย์ตลาดแรงงานในอนาคต แต่จากรายงานผลการพัฒนาการศึกษาไทยที่ผ่านมา ในแผนการศึกษา แห่งชาติ พ.ศ. 2560-2579 (น. 2-4) พบว่า ประชากรกลุ่มวัยเรียน มีโอกาสเข้ารับการศึกษาขั้นพื้นฐาน (ระดับอนุบาลถึงมัธยมศึกษาตอนปลาย) เพิ่มสูงขึ้น เด็กด้อยโอกาสและผู้มีความต้องการจำเป็นพิเศษที่ได้เข้าเรียนมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ระดับการศึกษาของประชากรวัยแรงงานที่มีอายุ 15-59 ปี มีจำนวนปีการศึกษาเฉลี่ยเพิ่มขึ้น อัตราการไม่รู้หนังสือของประชากรวัย 15 ปีขึ้นไปมีแนวโน้มลดลง แต่คุณภาพของการศึกษา กลับไม่เป็นที่น่าพอใจ โดยพบว่า พัฒนาการของเด็กแรกเกิดจนถึงอายุ 5 ปี (ช่วงปี พ.ศ. 2553-2557) มีพัฒนาการสมวัยลดลง ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนระดับการศึกษาขั้นพื้นฐานจากคะแนนโอเน็ต (O-Net) ยังไม่เป็นที่น่าพอใจ ความสามารถในการเรียนรู้ของผู้เรียน เมื่อเทียบกับประเทศในแถบอาเซียน และประเทศต่าง ๆ ทั่วโลก เด็กไทยยังอยู่ในลำดับที่ต่ำ ทักษะทางด้านภาษาของแรงงานที่เป็นที่ต้องการของผู้ประกอบการมีแนวโน้มลดลง และทักษะของกำลังแรงงานไม่สอดคล้องกับความต้องการของผู้ประกอบการ

ดังนั้น ในแผนการศึกษา แห่งชาติ พ.ศ. 2560-2579 (น. 8) จึงได้กำหนด 6 ยุทธศาสตร์การศึกษาที่สอดคล้องกับแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติฉบับที่ 12 (พ.ศ. 2560-2564) และยุทธศาสตร์ชาติระยะ 20 ปี คือ ยุทธศาสตร์ที่ 1 การจัดการศึกษาเพื่อความมั่นคงของสังคม และประเทศชาติ ยุทธศาสตร์ที่ 2 การผลิตและพัฒนากำลังคน การวิจัย และนวัตกรรมเพื่อสร้างขีดความสามารถ ในการแข่งขันของประเทศ ยุทธศาสตร์ที่ 3 การพัฒนาศักยภาพ คนทุกช่วงวัย และการสร้างสังคมแห่งการเรียนรู้ ยุทธศาสตร์ที่ 4 การสร้างโอกาส ความเสมอภาค และความเท่าเทียมทางการศึกษา ยุทธศาสตร์ที่ 5 การจัดการศึกษาเพื่อสร้างเสริมคุณภาพชีวิตที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม และยุทธศาสตร์ที่ 6 การพัฒนาประสิทธิภาพของระบบบริหาร จัดการศึกษา และเพื่อให้ยุทธศาสตร์ชาติระยะ 20 ปี บรรลุตามวัตถุประสงค์และเป้าหมายที่วางไว้ ในแผนการศึกษา แห่งชาติ พ.ศ. 2560-2579 (น. 46) จึงได้กำหนดบทบาทของครู อาจารย์ และบุคลากรทางการศึกษา รวมทั้งบทบาทของผู้เรียน (Learner) ไว้ดังนี้

1.1 บทบาทของครู กล่าวคือ ครูเป็นผู้มีทักษะ ความรู้ ความสามารถและสมรรถนะตามมาตรฐานวิชาชีพครู มีจิตวิญญาณความเป็นครู เป็นผู้เรียนรู้สิ่งใหม่และเท่าทันการเปลี่ยนแปลง สามารถประยุกต์ใช้วิธีการและนวัตกรรมการเรียนการสอนเพื่อพัฒนาผู้เรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพ

1.2 บทบาทของผู้เรียน (Learner) มีดังนี้ 1) ผู้เรียนได้เรียนรู้และพัฒนาทักษะ ความรู้ และคุณลักษณะจากการเรียนรู้ในห้องเรียน นอกห้องเรียน โดยเน้นการฝึกปฏิบัติมากขึ้น 2) ผู้เรียนได้ฝึกทักษะการคิด ทักษะการใช้เหตุผล และทักษะกระบวนการกลุ่มมากขึ้น 3) ผู้สำเร็จการศึกษาเป็นบุคคลที่มีความรู้ทักษะการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 (3Rs+8Cs) ตามมาตรฐานหลักสูตรทักษะ การดำรงชีวิต และคุณลักษณะของความเป็นพลเมือง และ4) บัณฑิตมีทักษะ ความรู้และสมรรถนะตามมาตรฐานวิชาชีพและความต้องการความจำเป็นของประเทศตามยุทธศาสตร์ชาติ และยุทธศาสตร์ประเทศไทย 4.0

อาจกล่าวได้ว่า ทักษะในศตวรรษที่ 21 จะเป็นตัวกำหนดความพร้อมของผู้เรียนกับตลาดแรงงาน ทำให้การจัดการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 หรือกรอบแนวคิดของทักษะในศตวรรษที่ 21 ได้รับความสนใจเป็นอย่างยิ่ง การจัดการเรียนรู้สำหรับศตวรรษที่ 21 จึงมีความแตกต่างกันกับการจัดการเรียนรู้ในปัจจุบัน และอดีตที่ผ่านมา เมื่อพิจารณาทักษะในศตวรรษที่ 21 (21^{st} Century Skills) พบว่าประกอบด้วยกลุ่มทักษะหลัก 3 ด้านคือ 1) ทักษะการเรียนรู้ และนวัตกรรม (Learning and innovation skills) 2) ทักษะด้านข้อมูล สื่อ และเทคโนโลยี (Information, media and technology skills) และ 3) ทักษะชีวิตและทักษะในอาชีพ (Life and career skills) ในส่วนของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่สอดคล้องกับศตวรรษที่ 21 มีลักษณะสำคัญคือ การนำทักษะที่สำคัญมาบูรณาการกับเนื้อหาวิชาแกนที่มีการเรียนการสอนอยู่เดิม ซึ่งวิทยาศาสตร์ก็เป็นหนึ่งในวิชาแกนเหล่านั้น (สุทิดา จำรัส, 2560)

เมื่อพิจารณากลุ่มทักษะด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม อันประกอบด้วย 1) ความคิดริเริ่มสร้างสรรค์และนวัตกรรม 2) การคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา และ 3) การสื่อสารและการร่วมมือ (สุทิดา จำรัส, 2560) พบว่า ทักษะกลุ่มนี้มีความน่าสนใจในการศึกษาหรือวิจัย เป็นทักษะที่

ตลาดแรงงานต้องการ และสอดคล้องกับยุทธศาสตร์ชาติ 20 ปีและแผนการศึกษา แห่งชาติ พ.ศ. 2560 - 2579 ที่ต้องการให้ผู้เรียนสร้างนวัตกรรมได้

การจัดการเรียนรู้ที่จะทำให้ผู้เรียนเกิดทักษะดังกล่าว ควรเป็นการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการของสหสาขาวิชาโดยการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาเป็นอีกทางเลือกหนึ่ง เพราะเป็นการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการ ซึ่งการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษามีความน่าสนใจตรงที่สอดคล้องกับบทบาทของผู้เรียนในแผนการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2560 -2579 และสอดคล้องกับศตวรรษที่ 21 โดยสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) และสะเต็มศึกษา ประเทศไทย (2557) ได้กล่าวถึง การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่มีลักษณะ 5 ประการได้แก่ (1) เป็นการสอนที่เน้นการบูรณาการ (2) ช่วยผู้เรียนสร้างความเชื่อมโยงระหว่างเนื้อหาวิชาทั้ง 4 กับชีวิตประจำวันและการทำอาชีพ (3) เน้นการพัฒนาทักษะในศตวรรษที่ 21 (4) ท้าทายความคิดของผู้เรียน และ (5) เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้แสดงความคิดเห็น และความเข้าใจที่สอดคล้องกับเนื้อหาทั้ง 4 วิชา จุดประสงค์ของการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา คือ ส่งเสริมให้ผู้เรียนรักและเห็นคุณค่าของการเรียนวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ และเห็นว่าวิชาเหล่านั้นเป็นเรื่องใกล้ตัวที่สามารถนำมาใช้ได้ทุกวัน

การจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษาเป็นกิจกรรมแบบบูรณาการใน 4 สาขาวิชาด้วยกัน คือ วิทยาศาสตร์ (Science) เทคโนโลยี (Technology) วิศวกรรมศาสตร์ (Engineering) และคณิตศาสตร์ (Mathematics) (วศิณีส์ อิศรเสนา ณ อยุธยา, 2560) ที่สามารถนำมาใช้จัดการเรียนรู้ร่วมกับวิธีการสอนได้อย่างหลากหลายวิธี เช่น การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน การจัดการเรียนรู้โดยให้ผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติกิจกรรม (Hands-on) การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ (5Es) เป็นต้น และสามารถนำมาใช้จัดการเรียนรู้ทั้งในห้องเรียน และนอกห้องเรียนได้ (สสวท., 2560) การจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษาจึงนับเป็นอีกแนวทางหนึ่งที่จะช่วยฝึกฝนให้ผู้เรียนเกิดทักษะในศตวรรษที่ 21 เช่น การคิดสร้างสรรค์และการแก้ปัญหาเพื่อนำไปสู่การต่อยอดให้ผู้เรียนมีความคิดริเริ่มและสามารถสร้างนวัตกรรมได้ ซึ่งเป็นเป้าหมายของประเทศไทยยุค 4.0 ตามยุทธศาสตร์ชาติ 20 ปี

โรงเรียนสาธิตมัธยม มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา เป็นโรงเรียนประเภทสหศึกษา เป็นโรงเรียนขนาดกลาง ภายใต้การกำกับดูแลของคณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา สังกัดกระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม ก่อตั้งขึ้นมาเพื่อให้มหาวิทยาลัยราชภัฏ-พระนครศรีอยุธยา หรือแต่เดิมคือ วิทยาลัยครูพระนครศรีอยุธยาเป็นศูนย์กลางการจัดการศึกษาที่มีคุณภาพของจังหวัด และต้องการให้โรงเรียนสาธิตมัธยม เป็นห้องปฏิบัติการทางการศึกษาของคณาจารย์และนักศึกษาวิชาชีพครู ปัจจุบันโรงเรียนสาธิตมัธยม มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา เป็นโรงเรียนที่เปิดสอนในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1-6 โดยการคัดเลือกนักเรียนจากระบบสอบเข้า นักเรียนส่วนใหญ่ที่สอบคัดเลือกได้และเข้าศึกษาที่โรงเรียนสาธิตมัธยม มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา จึงเป็นนักเรียน

ที่มาจากจังหวัดพระนครศรีอยุธยา และจังหวัดใกล้เคียง อาทิ อ่างทอง สระบุรี และปทุมธานี เป็นต้น ซึ่งเด็ก ๆ เหล่านี้มักจะให้ความสนใจในวิชาวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ และได้รับการปลูกฝังและสนับสนุนด้านวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์จากผู้ปกครองเสมอมา สอดคล้องกับการจัดการเรียนรู้ของโรงเรียนที่ส่วนใหญ่จะเน้นเนื้อหาทางด้านวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ นักเรียนส่วนใหญ่จึงเป็นผู้มีเจตคติต่อวิชาวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ที่ดี และให้ความสนใจในการเรียนวิชาทางด้านวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์

ในการจัดการเรียนรู้รายวิชาวิทยาศาสตร์ทั้งระดับมัธยมศึกษาตอนต้นและตอนปลายของโรงเรียนสาธิตมัธยม มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยานั้น ประกอบด้วยรายวิชาพื้นฐาน และรายวิชาเพิ่มเติม ซึ่งหลักสูตรวิทยาศาสตร์ของโรงเรียนสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นนั้นนักเรียนจะได้เรียนเนื้อหาในรายวิชาพื้นฐาน ส่วนรายวิชาเพิ่มเติมจะเน้นภาคปฏิบัติ หรือเป็นภาคปฏิบัติการของวิทยาศาสตร์พื้นฐาน ในส่วนครูผู้สอนวิชาวิทยาศาสตร์นั้นก็มีความหลากหลายของครูผู้สอน ประกอบด้วย 1) คณาจารย์ผู้ทรงคุณวุฒิที่ทางโรงเรียนเชิญมาสอน 2) อาจารย์มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา 3) ครูประจำการโรงเรียนสาธิตมัธยม และ 4) นักศึกษาฝึกประสบการณ์วิชาชีพครู สาขาวิทยาศาสตร์ ซึ่งทำให้นักเรียนได้รับประสบการณ์การจัดการเรียนรู้ที่แตกต่างกันออกไปในแต่ละภาคการศึกษา

แต่อย่างไรก็ตามแม้นักเรียนจะเรียนภาคปฏิบัติ ได้คิดและลงมือทำ ได้ฝึกทักษะและกระบวนการทางวิทยาศาสตร์แต่หลายครั้งที่ครูผู้สอนพบว่านักเรียนยังขาดการเชื่อมโยงความรู้ และบางครั้งไม่สามารถบูรณาการกับวิชาอื่นได้ และในภาคการศึกษาที่ 2 ของทุกปีการศึกษา นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ของโรงเรียนจะต้องเรียนรายวิชาวิทยาศาสตร์เพิ่มเติม คือ วิชาสนุกกับอิเล็กทรอนิกส์ ที่อยู่ในหลักสูตรของโรงเรียน วิชานี้เป็นวิชาที่มีความยืดหยุ่นสูง เน้นการลงมือปฏิบัติชิ้นงานของนักเรียน โดยใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ร่วมกับเทคนิคการบัดกรี เป็นภาคปฏิบัติการของเรื่อง ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ ที่ผู้วิจัยได้รับมอบหมายการสอนในรายวิชานี้

ดังนั้น งานวิจัยในครั้งนี้ ผู้วิจัยจึงสนใจศึกษาผลการจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษาวิชาสนุกกับอิเล็กทรอนิกส์ที่มีต่อการคิดเชิงนวัตกรรมและเจตคติต่อวิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนสาธิตมัธยม มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา

2. วัตถุประสงค์การวิจัย

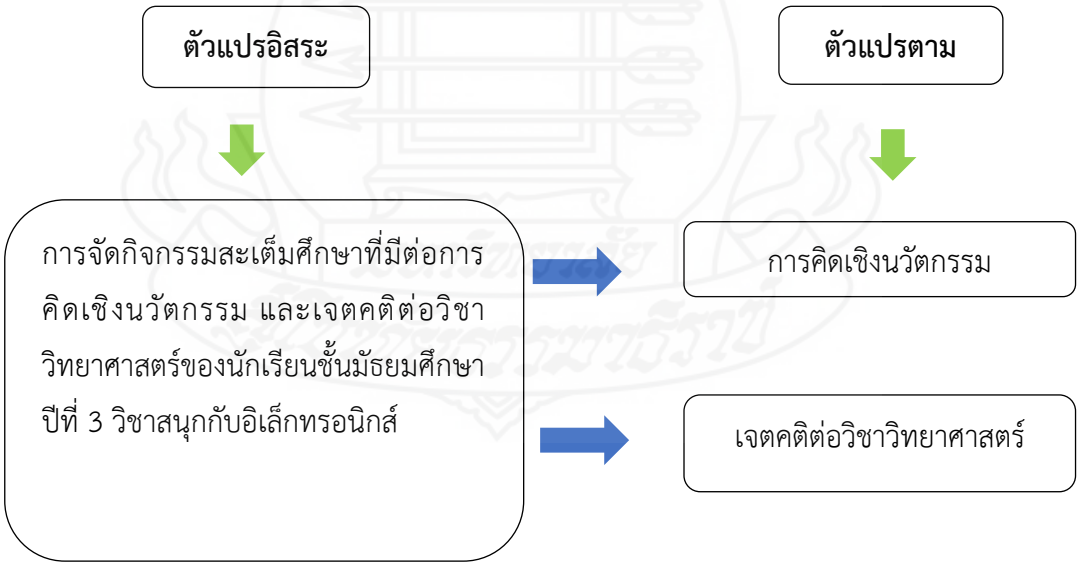
2.1 เพื่อเปรียบเทียบการคิดเชิงนวัตกรรมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ระหว่างก่อนและหลังการจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษาวิชาสนุกกับอิเล็กทรอนิกส์

2.2 เพื่อเปรียบเทียบเจตคติต่อวิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ก่อนและหลังได้รับการจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษาวิชาสนุกกับอิเล็กทรอนิกส์

3. กรอบแนวคิดการวิจัย

กรอบแนวคิดในการวิจัยในครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสารและแนวคิดในการจัดการเรียนรู้ด้วยกิจกรรมสะเต็มศึกษา พบว่า การจัดการเรียนรู้ด้วยกิจกรรมสะเต็มศึกษา เป็นการจัดกิจกรรมที่ต้องใช้การบูรณาการใน 4 สาขาวิชาด้วยกัน คือ วิทยาศาสตร์ (Science) เทคโนโลยี (Technology) วิศวกรรมศาสตร์ (Engineering) และคณิตศาสตร์ (Mathematics) เป็นอีกแนวทางหนึ่งที่ช่วยฝึกผู้เรียนให้เกิดทักษะการคิดสร้างสรรค์และทักษะการปัญหา ซึ่งเป็นทักษะที่สำคัญในการดำเนินชีวิตในศตวรรษที่ 21 อันจะนำไปสู่การคิดเชิงนวัตกรรมและสามารถสร้างนวัตกรรมได้ (วศิณีส์ อิศรเสนา ณ อยุธยา, 2560) อีกทั้งกิจกรรมสะเต็มศึกษาสามารถนำมาใช้ผนวกกับเทคนิควิธีการจัดการเรียนการรู้ได้หลากหลายวิธี เช่น การจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐาน การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน การจัดการเรียนรู้โดยให้ผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติกิจกรรม (Hands-on) และการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ (5Es) เป็นต้น (สสวท., 2560) ซึ่งสอดคล้องกับวิชาสนุกกับอิเล็กทรอนิกส์ ที่เน้นให้ผู้เรียนลงมือปฏิบัติ คิด และสร้างสรรค์ชิ้นงานตามที่ตนเองออกแบบอย่างสนุกสนาน เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตประจำวันได้ โดยอาศัยหลักการความรู้ทางวิทยาศาสตร์เป็นพื้นฐาน

ดังนั้น ผู้วิจัยจึงสนใจศึกษาผลการจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษาวิชาสนุกกับอิเล็กทรอนิกส์ที่มีต่อการคิดเชิงนวัตกรรมและเจตคติต่อวิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนสาธิตมัธยม - มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา ดังภาพที่ 1.1



ภาพที่ 1.1 กรอบแนวคิดในการวิจัย

4. สมมติฐานการวิจัย

4.1 นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 มีการคิดเชิงนวัตกรรมหลังได้รับการจัดกิจกรรมสะเต็ม-ศึกษา วิชาสนุกกับอิเล็กทรอนิกส์สูงกว่าก่อนการจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษา

4.2 นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 มีเจตคติต่อวิชาวิทยาศาสตร์ที่สูงขึ้นหลังได้รับการจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษาวิชาสนุกกับอิเล็กทรอนิกส์

5. ขอบเขตการวิจัย

5.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

5.1.1 ประชากร ที่ใช้ศึกษาครั้งนี้ ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนสาธิต-มัธยม มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2562 จำนวน 4 ห้องเรียน จำนวนนักเรียนทั้งหมด 130 คน

5.1.2 กลุ่มตัวอย่าง ที่ใช้ศึกษาครั้งนี้ ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3/2 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2562 จำนวน 36 คน ซึ่งได้จากการสุ่มแบบกลุ่ม

5.2 ตัวแปรที่ใช้ในการศึกษา

5.2.1 ตัวแปรอิสระ คือ การจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษา

5.2.2 ตัวแปรตาม คือ 1) การคิดเชิงนวัตกรรม และ 2) เจตคติต่อวิชาวิทยาศาสตร์

6. นิยามศัพท์เฉพาะ

6.1 การจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษา (STEM Education Activities Management) คือ การจัดประสบการณ์ให้แก่นักเรียนที่ต้องใช้ความรู้และทักษะทางวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และคณิตศาสตร์ โดยนำมาประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหาตามความต้องการที่เชื่อมโยงกับชีวิตจริงโดยผ่านกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เพื่อให้ได้ผลลัพธ์เป็นชิ้นงาน หรือวิธีการที่สามารถแก้ปัญหาได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยใช้ทรัพยากรที่มีอยู่อย่างคุ้มค่าและเกิดประโยชน์สูงสุด ผ่านการทำงานที่เป็นขั้นตอนพื้นฐาน ดังนี้

6.1.1 การระบุปัญหา เป็นการทำความเข้าใจและวิเคราะห์เงื่อนไข หรือข้อจำกัดของสถานการณ์ปัญหา เพื่อกำหนดขอบเขตของปัญหา

6.1.2 รวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา เป็นการรวบรวมข้อมูลและแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ โดยการใช้เทคโนโลยีสืบค้นข้อมูลเพื่อหาทางแก้ปัญหา

6.1.3 ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา เป็นการนำข้อมูลที่ได้และแนวคิดที่เกี่ยวข้องมาออกแบบชิ้นงาน หรือวิธีการในการแก้ปัญหาตามสถานการณ์ที่กำหนด

6.1.4 วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา เป็นการสร้างชิ้นงาน หรือพัฒนาวิธีการเพื่อใช้ในการแก้ปัญหา

6.1.5 ทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหา หรือชิ้นงาน เป็นการทดสอบ และประเมินการใช้งานของชิ้นงานหรือวิธีการ เพื่อพัฒนาให้มีประสิทธิภาพในการแก้ปัญหาได้อย่างเหมาะสมที่สุด

6.1.6 นำเสนอผลงาน หรือวิธีการแก้ปัญหา หรือผลการแก้ปัญหา เป็นการนำเสนอผลงาน และขั้นตอนการแก้ปัญหาของการสร้างชิ้นงานให้ผู้อื่นเข้าใจและให้ข้อเสนอแนะเพื่อพัฒนาต่อไป

6.2 นวัตกรรม (Innovation) คือ สิ่งใหม่ที่ไม่เคยมีผู้ใดทำมาก่อน หรือ เป็นสิ่งที่เคยทำมาแล้วในอดีต แต่ได้รับการรื้อฟื้นขึ้นมาใหม่ หรือเป็นสิ่งใหม่ที่พัฒนามาจากของเดิมที่มีอยู่ สิ่งใหม่นั้นอาจจะเป็นสิ่งประดิษฐ์ แนวคิด หรือวิธีการใหม่ก็ได้

6.3 การคิดเชิงนวัตกรรม (Innovative Thinking) คือ การคิดเพื่อสร้างสรรค์สิ่งใหม่ที่ใช้สำหรับแก้ปัญหา สิ่งใหม่อาจจะเป็นสิ่งประดิษฐ์ หรือ วิธีการแก้ปัญหาที่ตอบสนองต่อปัญหานั้น ประกอบด้วย 2 ส่วน คือ การคิด และการลงมือทำ

6.3.1 การคิด คือ ความสามารถในการตั้งคำถาม อันมาจากความสงสัยใคร่รู้ จากนั้นจึงเชื่อมโยงสิ่งต่าง ๆ จากประสบการณ์และความรู้เดิมของตนเอง เป็นการคิดอย่างอิสระ ปราศจากเงื่อนไขและกรอบใด ๆ ตามจินตนาการ ซึ่งสามารถสะท้อนความคิดนั้นออกมาในลักษณะ ภาพวาด 2-3 มิติ หรือการออกแบบด้วยโปรแกรม 3 มิติ หรือการทำภาพปะติด เป็นต้น

6.3.2 การลงมือทำ คือ การสร้างสรรค์ชิ้นงาน อาจจะเป็นชิ้นงานจริง หรือแบบจำลองเพื่อใช้ทดสอบความคิดนั้นว่าสามารถแก้ปัญหาได้หรือไม่

การคิดเชิงนวัตกรรมอาจมาจากภายในตัวบุคคลเพียง 1 คน หรือเกิดจากการระดมสมองของคนหลายคนก็ได้

6.4 เจตคติต่อวิชาวิทยาศาสตร์ (Attitudes Toward Science) คือ ความรู้สึกและการแสดงออกหรือที่ท่าทีของนักเรียนที่มีต่อวิชาวิทยาศาสตร์ในเชิงบวกหรือลบ วัดได้จากแบบวัดเจตคติที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น ประกอบด้วยข้อคำถามที่มีลักษณะมาตราส่วน ประมาณค่า 5 ระดับ แบ่งได้ 5 ด้าน ดังนี้

6.4.1 ด้านความรู้สึกต่อวิชาวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความรู้สึกนึกคิด อารมณ์ การเรียนรู้และพฤติกรรมที่นักเรียนแสดงออกมาเกิดจากการสั่งสมประสบการณ์ทางวิทยาศาสตร์

6.4.2 ด้านการเห็นความสำคัญของวิชาวิทยาศาสตร์ หมายถึง การที่นักเรียนเล็งเห็นประโยชน์ ตระหนักในคุณค่าของวิชาวิทยาศาสตร์ที่มีต่อตัวนักเรียน สังคม และประเทศชาติ

6.4.3 ด้านความสนใจวิชาวิทยาศาสตร์ หมายถึง การที่นักเรียนอยากรู้อยากเห็น กระตือรือร้น ใฝ่เรียนรู้วิทยาศาสตร์

6.4.4 ด้านการแสดงออกหรือการมีส่วนร่วมในกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับวิชาวิทยาศาสตร์ หมายถึง การที่นักเรียนแสดงพฤติกรรมออกมา ในขณะที่ทำกิจกรรมทางวิทยาศาสตร์ เช่น การทดลอง การทำแบบฝึกหัด และใบงาน เป็นต้น

6.4.5 ด้านความนิยมชมชอบวิชาวิทยาศาสตร์ หมายถึง การแสดงพฤติกรรมของนักเรียน ที่ชื่นชม ยอมรับ ศรัทธา ชื่นชอบ หรือการแสดงพฤติกรรมอื่น ๆ ที่เป็นไปในทางบวกต่อวิชาวิทยาศาสตร์

7. ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

7.1 ได้แนวทางการจัดการเรียนรู้โดยใช้กิจกรรมสะเต็มศึกษาผนวกกับวิธีการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5Es)

7.2 ได้แนวทางการจัดการเรียนรู้ที่ทำให้ผู้เรียนมีการคิดเชิงนวัตกรรมที่สูงขึ้น

7.3 ผู้เรียนมีทักษะการคิดขั้นสูง ซึ่งเป็นทักษะสำคัญในศตวรรษที่ 21

บทที่ 2
วรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยเรื่องนี้ ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง มีหัวข้อดังต่อไปนี้

1. การจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษา (STEM Education Activities Management)
   1.1 ความหมายและแนวคิดของสะเต็มศึกษา (STEM Education)
   1.2 ความสำคัญของสะเต็มศึกษาในศตวรรษที่ 21
   1.3 รูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่ใช้กิจกรรมสะเต็มศึกษา
   1.4 การจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษา (STEM Education Activities Management)
2. การคิดเชิงนวัตกรรม (Innovative Thinking)
   2.1 ความหมายของการคิดเชิงนวัตกรรม
   2.2 องค์ประกอบของการคิดเชิงนวัตกรรม
   2.3 วิธีการพัฒนาทักษะการคิดเชิงนวัตกรรมและความคิดสร้างสรรค์
   2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องทั้งในประเทศไทยและต่างประเทศ
3. เจตคติต่อวิชาวิทยาศาสตร์ (Attitudes Toward Science)
   3.1 ความหมายของเจตคติต่อวิชาวิทยาศาสตร์
   3.2 องค์ประกอบและคุณลักษณะของเจคติต่อวิทยาศาสตร์
   3.3 การเปลี่ยนแปลงเจตคติ
   3.4 การวัดเจตคติ
   3.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องทั้งในประเทศไทยและต่างประเทศ

1. การจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษา (STEM Education Activities Management)

ผู้วิจัย ได้ศึกษาทฤษฎีและหลักการ รวมทั้งงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษา มีหัวข้อดังต่อไปนี้

1.1 ความหมายและแนวคิดของสะเต็มศึกษา (STEM Education)

ในหัวข้อนี้จะกล่าวถึงความหมาย และแนวคิดของสะเต็มศึกษา (STEM Education) จากการตรวจเอกสารดังนี้

1.1.1 ความหมายของสะเต็มศึกษา

วศิณีส์ อิศรเสนา ณ อยุธยา (2560, น. 13-15) กล่าวว่า สะเต็มศึกษา (STEM Education) เป็นการจัดการเรียนรู้ที่เชื่อมโยงความรู้และบูรณาการความรู้จากศาสตร์ทั้ง 4 คือ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์

1. วิทยาศาสตร์ (Science) หมายถึง ความรู้ และกฎความเป็นจริงที่อยู่ในธรรมชาติรอบตัว ทั้งที่เกี่ยวกับสิ่งมีชีวิตและสิ่งไม่มีชีวิต ได้แก่ คน สัตว์ พืช สิ่งของ เป็นกระบวนการเรียนรู้ที่ใช้การสืบค้น ทดลอง พิสูจน์ และเรียนรู้ เพื่อหาความจริงที่เกิดขึ้นในโลก

2. เทคโนโลยี (Technology) หมายถึง การเปลี่ยนแปลงธรรมชาติและสิ่งต่าง ๆ ที่อยู่รอบตัวมาใช้ประโยชน์ให้ดีขึ้นด้วยการใช้ความรู้ ความคิด และเทคนิคต่าง ๆ หรืออาจเป็นการพัฒนาและนำสิ่งต่าง ๆ มาใช้ในการแก้ไขปัญหาอย่างสร้างสรรค์ในการทำงานและในชีวิตประจำวัน เช่น การหาข้อมูลทางคอมพิวเตอร์ การพิมพ์บนคอมพิวเตอร์แทนการเขียน ทำให้บันทึกข้อความได้รวดเร็วเป็นระเบียบขึ้นและสามารถเก็บข้อมูลได้

3. วิศวกรรมศาสตร์ (Engineering) หมายถึง การออกแบบ แก้ปัญหา และสร้างสรรค์สิ่งใหม่ ๆ ด้วยหลักการทางคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์ เพื่อแก้ปัญหา สร้างสรรค์ และอำนวยความสะดวกให้กับมนุษย์ซึ่งวิศวกรรมศาสตร์มักควบคู่ไปกับเทคโนโลยีที่เป็นผลพวงจากวิศวกรรมศาสตร์

4. คณิตศาสตร์ (Mathematics) หมายถึง หลักการในการใช้สูตรและวิธีต่าง ๆ ในการคำนวณ เพื่อแก้ปัญหา หาผลลัพธ์ และหาข้อเท็จจริงเกี่ยวกับจำนวณ ตัวเลข พื้นผิว เรขาคณิต โครงสร้าง

เมื่อนำอักษรตัวหน้าของ ศาสตร์ทั้ง 4 มารวมกัน จะได้คำว่า STEM (สะเต็ม) ซึ่งการจัดการเรียนรู้ แบบ STEM นั้นต้องนำความรู้ของศาสตร์ทั้ง 4 มาบูรณาการเข้าด้วยกัน และสามารถบูรณาการเข้ากับวิชาอื่น ๆ เช่น สังคม จริยธรรม และศิลปะได้อีกด้วย

นอกจากนี้ยังมีผู้รู้ทั้งประเทศไทยและต่างประเทศได้ให้ความหมายของ สะเต็ม-ศึกษา (STEM Education) ไว้อีกหลายท่านดังต่อไปนี้

สะเต็มศึกษา (STEM Education) ตามความหมายของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) และสะเต็มศึกษาประเทศไทย (2557) หมายถึง แนวทางการจัดการศึกษาที่บูรณาการความรู้ใน 4 สหวิทยาการ ได้แก่ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ โดยเน้นการนำความรู้ไปใช้แก้ปัญหาในชีวิตจริงรวมทั้งการพัฒนากระบวนการ หรือผลผลิตใหม่ที่เป็นประโยชน์ต่อการดำเนินชีวิต และการทำงาน เป็นการจัดการเรียนรู้ที่ไม่เน้นเพียงการท่องจำกฎหรือทฤษฎี แต่เป็นการสร้างความเข้าใจและนำกฎ หรือทฤษฎีเหล่านั้นไปใช้ควบคู่กับทักษะการคิดตั้งคำถาม แก้ปัญหาในชีวิตประจำวันได้ รวมทั้งการนำไปสู่การสร้างนวัตกรรมในอนาคต

สุธีระ ประเสริฐสรรพ์ (2558) กล่าวว่า สะเต็มศึกษา หมายถึง การศึกษาที่นักเรียนได้ใช้ทักษะและกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ โดยมี 3 ศาสตร์หลักเป็นพื้นฐาน คือ วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยีส่วนวิศวกรรมศาสตร์เป็นกระบวนการเพื่อให้ได้นวัตกรรม โดยมีกระบวนการทางวิศกรรมเป็นแกนกลาง

พิทธพนธ์ พิทักษ์ (2560, น. 23) กล่าวว่า สะเต็มศึกษา คือ การจัดการเรียนการสอนโดยการบูรณาการ 4 สาขาวิชา ได้แก่ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ ซึ่งมุ่งเน้นการแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นในชีวิตจริง เพื่อสร้างเสริมประสบการณ์ ทักษะชีวิต และสามารถเชื่อมโยงความรู้กับชีวิตจริง

ลือชา ลดาชาติ และคณะ (2562) ระบุว่า สะเต็มศึกษา คือ การสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ในการสร้างความรู้ที่จำเป็นต่อการออกแบบการแก้ปัญหานั้นโดยใช้กระบวนการทางวิศวรรมศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี เป็นเครื่องมือและความรู้พื้นฐานที่สนับสนุน และส่งเสริมการแก้ปัญหานั้น

กอนซาเลส และเควนซี่ (Gonzalez and Kuenzi, 2012) ได้ให้นิยาม สะเต็มศึกษาไว้ว่าเป็นจัดการเรียนรู้ในสาขาวิชาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ รวมกัน สามารถเป็นกิจกรรมภายในห้องเรียนหรือจัดเป็นโปรแกรมนอกเวลาเรียนก็ได้ ประกอบด้วยกระบวนการที่ใช้ทั้ง 4 สาขาวิชา เพื่อให้เกิดความรู้ หรือการเรียนรู้อย่างใดอย่างหนึ่ง

เคย์เลน และออสดิเลค (Ceylan and Ozdilek, 2015) กล่าวว่า สะเต็มศึกษา เป็นการจัดการศึกษาที่เชื่อมโยง 4 กลุ่มสาขาวิชาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ และทำให้นักเรียนเกิดประสบการณ์เรียนรู้ที่สูงขึ้น เกิดการรู้หนังสือ (Literacy) ที่เพิ่มขึ้นให้กับนักเรียน

พิมพ์ทอง และวิลเลี่ยม (Pimthong and William, 2018) ให้ความหมายของสะเต็มศึกษา ไว้ว่า STEM เป็นคำย่อของอักษรภาษาอังกฤษตัวหน้าของคำว่า Science (วิทยาศาสตร์) Technology (เทคโนโลยี) Engineering (วิศวกรรมศาสตร์) และ Mathematics (คณิตศาสตร์) นำมารวมกัน มีการบูรณาการแนวคิดและกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์มาประยุกต์เข้าด้วยกันอย่างแยกจากกันไม่ได้

ลี และคณะ (Li et al., 2019) กล่าวถึงความหมายของ สะเต็มศึกษา ไว้ว่า เป็นการจัดการเรียนรู้ให้นักเรียนมีการพัฒนาความรู้และความคิดโดยการนำเทคโนโลยี และวิศวกรรมศาสตร์ ผนวกเข้าด้วยกันไปในการจัดการเรียนรู้ในวิชาวิทยาศาสตร์ และคณิตศาสตร์

จากการศึกษางานวิจัยข้างต้นทั้งหมด พบว่า มีผู้ให้ความหมายของสะเต็มศึกษาไปในทิศทางเดียวกัน หรือมีความหมายใกล้เคียงกัน ดังนั้นผู้วิจัยจึงสรุปความหมายของสะเต็มศึกษา ได้ว่าเป็นการบูรณาการองค์ความรู้และกระบวนการทางด้านวิทยาศาสตร์(S) เทคโนโลยี (T) วิศวกรรมศาสตร์ (E) และคณิตศาสตร์ (M) มาใช้ในการจัดการเรียนรู้ในชั้นเรียนหรือนอกชั้นเรียนเพื่อให้ผู้เรียนมีทักษะการคิด

และประสบการณ์ที่สูงขึ้นสามารถสร้างองค์ความรู้จนนำไปประยุกต์ใช้แก้ปัญหาในชีวิตประจำวัน เกิดความคิดสร้างสรรค์และนำไปสู่การต่อยอดเพื่อสร้างนวัตกรรมได้

1.1.2 แนวคิดของสะเต็มศึกษา

วศิณีส์ อิศรเสนา ณ อยุธยา (2560, น. 15-29) กล่าวว่า องค์ประกอบของทฤษฎีสะเต็มศึกษา คือ ความอยากรู้อยากเห็น นวัตกรรมทางการศึกษา การเรียนรู้ด้วยการลงมือกระทำกิจกรรม การเรียนมีทั้งครูเป็นผู้นำในการสอน และเด็กเป็นศูนย์กลางในการเรียน โดยใช้พหุปัญญาการคิดต่าง ๆ ความคิดสร้างสรรค์ ความคิดแก้ปัญหา ระดับขั้นความคิดตามแนวของบลูม (Bloom Texonomy) รวมทั้งการเรียนแบบร่วมมือกัน โดยมีพื้นฐานมาจากทฤษฎีพิพัฒนาการนิยม (Progressive Learning) รวมทั้งแนวคิดของนักการศึกษาหลาย ๆ ท่านที่เชื่อว่า ผู้เรียนจะเรียนรู้ได้ดีจากการลงมือกระทำ (Learning by doing) ทั้งจากการทำโครงงาน การแก้ปัญหา การทำงานคนเดียวหรือการทำงานเป็นกลุ่ม การถามและตอบปัญหา โดยมีความสนใจของผู้เรียนเป็นแรงจูงใจในการเรียน ครูเป็นแรงบันดาลใจในการเรียนและเป็นผู้แนะนำ ประกอบด้วยแนวคิดดังนี้

1. การเรียนที่เน้นเด็ก หรือผู้เรียนเป็นศูนย์กลางการเรียน หรือต่อมาเรียกว่าการเรียนที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญตามแนวคิดของจอห์น ดิวอี (John Dewey) และเวลเมอร์ (Welmer) มีลักษณะ ดังนี้

1.1 การสอนที่เน้นผู้เรียนด้วยการให้ผู้เรียนทำงานหนักและยุ่งในการเรียนเพื่อให้ผู้เรียนเรียนรู้จากการตั้งคำถาม ซึ่งครูจะต้องทำงานหนักมากขึ้น เพื่อเตรียมเนื้อหา ข้อมูลในการสอน

1.2 การสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นศูนย์กลางการเรียน ด้วยทักษะในการเรียนการสอน เป็นการสอนให้ผู้เรียนคิดแก้ปัญหาและประเมินผลจากสิ่งที่เกิดขึ้นด้วยการวิเคราะห์สร้างสมมติฐาน โดยผู้เรียนจะสามารถเรียนรู้ได้เร็วขึ้น ถ้าได้รับวิธีการสอน และเนื้อหาที่ชัดเจน

1.3 การสอนที่เน้นผู้เรียนด้วยการสนับสนุนให้ผู้เรียนแสดงออกในสิ่งที่ได้เรียนรู้และวิธีการในการเรียนรู้ โดยครูต้องมีการตั้งคำถามที่ท้าทายตามสมติฐานของผู้เรียน และสนับสนุนให้ผู้เรียนรู้จักรับผิดชอบตัดสินใจในสิ่งที่เขาเรียนรู้

1.4 การสอนที่เน้นผู้เรียนโดยการกระตุ้นผู้เรียนโดยการควบคุมกระบวนการการเรียนรู้บางส่วน โดยครูเป็นผู้ตัดสินใจเลือกสิ่งที่เด็กควรจะเรียนรู้ แต่ไม่ได้ให้เด็กตัดสินใจทั้งหมด เช่น ครูให้ผู้เรียนเลือกบางส่วนในการเรียน เช่น วิธีการเรียนรู้ หรือการประเมินผล

1.5 การสอนที่เน้นผู้เรียนด้วยการส่งเสริมการทำงานร่วมกัน โดยให้ผู้เรียนทำงานร่วมกันเพื่อพัฒนาการเรียนรู้ของผู้เรียน และคำนึงถึงการเรียนรู้รายบุคคลเป็นเป้าหมายที่สำคัญที่สุดในการจัดประสบการณ์การเรียนรู้

2. การสร้างองค์ความรู้ หรือที่เรียกว่า คอนสตัคติวิส (Constructivist) เป็นการสร้างองค์ความรู้เกี่ยวข้องกับการเรียนการสอนแบบสะเต็มศึกษา โดยใช้ทฤษฎีการพัฒนาทางสติปัญญาและการเรียนรู้ตามแนวทางของจอห์น ดิวอี (John Dewey) ของ เพียเจต์ (Jean Piaget) และเลฟ ไวก็อตสกี (Lev Vygotsky) ที่มีความเชื่อว่าเด็กสามารถสร้างองค์ความรู้จากประสบการณ์หรือสิ่งที่เด็กรู้อยู่แล้ว เด็กเป็นผู้กระตือรือร้นในการสร้างองค์ความรู้ในการแก้ปัญหาและคิดด้วยตนเอง เด็กได้รับประสบการณ์จากผู้คน สถานที่ สิ่งต่าง ๆ ในการสร้างองค์ความรู้ตามที่เด็กสนใจ และการจัดการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ

3. การเรียนรู้ด้วยการลงมือกระทำ หรือการเรียนรู้อย่างกระตือรือร้น (Active Learning) ผ่านทฤษฎีการเรียนรู้ของ เพียเจต์ และบรุนเนอร์ (Brunner) คือ การที่ผู้เรียนสร้างองค์ความรู้จากการลงมือทำกิจกรรมต่าง ๆ โดยใช้ร่างกายโดยประสาทสัมผัสทั้ง 5 รวมทั้งจิตใจ และทำกิจกรรมนั้นอย่างกระตือรือร้น มีการตั้งคำถาม มีความคิด ได้มีปฏิสัมพันธ์กับบุคคล และเหตุการณ์ต่าง ๆ มีหลักการดังนี้ 1) การกระทำโดยตรง 2) การสะท้อนของการกระทำ 3) การเสริมแรงภายในการคิดค้นและกิจกรรมทั่วไป 4) การแก้ปัญหา ผู้เรียนมีบทบาทเป็นนักคิด ในขณะที่ครูทำหน้าที่สร้างสิ่งแวดล้อมให้ผู้เรียนตั้งสมมติฐาน และใช้คำถามที่เหมาะสมกับผู้เรียน จนผู้เรียนสามารถถ่ายทอดความคิดจากประสบการณ์ไปสู่การคิดและจินตนาการ สามารถเปลี่ยนการเรียนรู้แบบรูปธรรมเป็นการคิดเชิงนามธรรมได้

4. การมีปฏิสัมพันธ์ทางสังคม หมายถึง การเรียนรู้ของผู้เรียนจากบริบททางสังคมที่ผู้เรียนได้ทำกิจกรรมต่าง ๆ การมีปฏิสัมพันธ์ทางสังคมเป็นการสนับสนุนผู้เรียนในการเรียนรู้ทางภาษา จิตใจ และสังคม การสนทนาระหว่างผู้ใหญ่กับเด็กเป็นสิ่งสำคัญที่ช่วยให้เด็กพัฒนาความคิดรวบยอดและความคิดในระดับที่สูงขึ้น โดยผู้ใหญ่ในบริบทของการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา คือ บุคคลที่โตกว่า เช่น ผู้ปกครอง ครู เพื่อน หรือพี่ที่โตกว่า มีหน้าที่สนับสนุนให้คำแนะนำ โดยให้โอกาสให้เด็กได้คิด และลองทำก่อน

5. ความคิดสร้างสรรค์ (Creativity) เป็นกระบวนการที่ใช้สร้างสรรค์สิ่งใหม่ ๆ ให้เกิดขึ้น เกี่ยวข้องกับสะเต็มศึกษา เนื่องจากในกระบวนการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็ม จะเน้นออกแบบให้ผู้เรียนคิดเพื่อแก้ปัญหา สร้างสรรค์และพัฒนาสิ่งใหม่อีกทำให้เกิดนวัตกรรม สิ่งประดิษฐ์และแนวคิดใหม่ ๆ อีกทั้งความคิดสร้างสรรค์ยังเป็นอีกหนึ่งทักษะของคนในศตวรรษที่ 21 ตามทฤษฎีของกิลฟอร์ดและทอแรนซ์ (Guilford and Torance) ได้แบ่งความคิดสร้างสรรค์ออกเป็น 4 ประเภท ได้แก่ 1) ความคิดคล่องตัว 2) ความคิดริเริ่ม 3) ความยืดหยุ่น และ 4) ความคิดละเอียดลออ ดังนั้นการเรียนรู้แบบสะเต็ม-ศึกษา ต้องประกอบไปด้วยการใช้ความคิดสร้างสรรค์ในการเรียนเพื่อให้เกิดสิ่งใหม่ ๆ ในการแก้ปัญหาและการเรียนรู้ที่ต้องอาศัยกระบวนการในการสร้างชิ้นงาน

6. การคิดแก้ปัญหา (Problem Solving) เป็นการประมวลผลองค์ความรู้เพื่อใช้ในการแก้ปัญหา โดยมีปัญหาเป็นจุดมุ่งหมาย มีองค์ประกอบคือ มีการตัดสินใจด้วยเหตุผล การคิดอย่างมี

วิจารณญาณ และความคิดสร้างสรรค์ จากแนวคิดของ บีครอฟฟ์ ดิวฟี และมอร์รัน (Beecroff, Duffy & Moran) กล่าวถึงการแก้ปัญหามีพื้นฐาน 4 ประการ คือ 1) การชี้ปัญหาโดยกรวินิจฉัยปัญหา มีเทคนิคคือ การทำแผนภูมิ ในการชี้ปัญหาอย่างเป็นขั้นตอน เป็นกระบวนการที่ชี้เหตุและผลให้นิยามและวิเคราะห์หาสาเหตุที่แท้จริงของปัญหา 2) หาทางแก้ไขหลาย ๆ ทางแล้วค่อยเลือกใช้ทางที่ดีที่สุดเพียงทางเดียว 3) ประเมินผลก่อนเพื่อเลือกทางที่ถูกต้องที่สุดและดีที่สุด 4) สนับสนุนและทำตามแนวทางที่จะแก้ไข ซึ่งการแก้ปัญหาเป็นการคิดที่เกี่ยวข้องกับสติปัญญา การแก้ปัญหาเชื่อมโยงกับการคิดประเภทอื่น และการตัดสินใจ นอกจากนี้ เมเยอร์ และวิทรอค ได้แนะนำว่า เด็กจะประสบความสำเร็จได้ ควรมีความรู้ 5 อย่าง คือ 1) ข้อเท็จจริง (Fact) คือ ความรู้เกี่ยวกับคุณลักษณะ องค์ประกอบ หรือเหตุการณ์ 2) แนวคิด หรือความคิดรวบยอด หรือมโนทัศน์ (Concept) คือ ความรู้เกี่ยวกับหลักการในรูปแบบต่าง ๆ 3) กลยุทธ์ (Strategies) หมายถึง ความรู้ทั่วไปในเรื่องวิธีการ เช่นการแบ่งปัญหาออกเป็นส่วน ๆ 4) ขั้นตอนหรือกระบวนการ (Procedures) คือ ความรู้ในกระบวนการที่เจาะจง 5) ความเชื่อ (Beliefs) คือ ความรู้ความเข้าใจในการแก้ปัญหาของแต่ละคน ดังนั้น การแก้ปัญหา จึงเป็นวิธีการเรียนรู้ที่สำคัญของสะเต็มศึกษา เพราะการสอนแบบสะเต็มศึกษามีจุดมุ่งหมาย คือ การสอนให้ผู้เรียนมีทักษะในการแก้ปัญหา โดยผู้เรียนจะแก้ปัญหาได้ต้องอาศัยกระบวนการทางวิศวกรรมศาสตร์ของสะเต็มศึกษา

7. พหุปัญญา (Multiple Intelligence) เป็นแนวคิดทางสติปัญญาของเฮาเวิร์ด การ์ดเนอร์ (Haward Gardner) นักการศึกษาชาวอเมริกัน ที่พบว่า มนุษย์มีความสามารถทางสติปัญญาที่หลากหลาย ประกอบด้วย 9 ด้าน ดังนี้

7.1 ปัญญาทางภาษา (Linguistic Intelligence) คือ มีความสามารถในการเข้าใจและใช้ภาษาในการเรียนรู้ทั้งภาษาพูดและภาษาเขียนได้ไว สามารถสื่อสารได้คล่องแคล่ว และใช้ภาษาเพื่อสื่อความหมายทางอารมณ์ และความรู้สึกได้

7.2 ปัญญาทางตรรกศาสตร์และคณิตศาสตร์ (Logical – Mathmatical Intelligence) คือความสามารถในการวิเคราะห์ปัญหาทางตรรกะ หรือเหตุผล ทางคณิตศาสตร์ คิดวิเคราะห์ ตรวจสอบ ปัญหาทางวิทยาศาสตร์

7.3 ปัญญาทางดนตรี (Musical Intelligence) คือ ความสามารถในการเข้าใจดนตรี มีทักษะในด้านดนตรี โน้ตเพลง สร้างสรรค์ในด้านดนตรีและมีสุนทรียภาพทางดนตรี

7.4 ปัญญาทางด้านมิติสัมพันธ์ (Spatial Intelligence) คือ การมีศักยภาพในการรับรู้ และการจัดการกับรูปแบบของพื้นที่ สามารถจินตนาการเชื่อมโยงรูปทรงพื้นที่ ระยะทาง และสร้างสรรค์ผลงานด้านออกแบบต่าง ๆ

7.5 ปัญญาทางการเคลื่อนไหวร่างกาย (Bodily – Kinesthetic Intelligence) คือ ความสามารถในการเคลื่อนไหวร่างกาย ใช้ส่วนต่าง ๆ ของร่างกายได้อย่างคล่องแคล่ว ยืดหยุ่น หรือใช้ส่วนต่าง ๆ ของร่างกายได้อย่างสร้างสรรค์

7.6 ปัญญาทางการมีมนุษยสัมพันธ์ (Intrapersonal Intelligence) คือ ความสามารถในการเข้าใจความรู้สึกนึกคิด ความต้องการของผู้อื่น สังเกตอารมณ์ น้ำเสียง สีหน้า การมีปฏิสัมพันธ์ รวมทั้งสามารถโน้มน้าวใจผู้อื่น สามารถจัดการกับสถานการณ์ที่ขัดแย้งได้ และสามารถทำงานร่วมกับผู้อื่นได้อย่างมีประสิทธิภาพ

7.7 ปัญญาในการเข้าใจตนเอง (Interpersonal Intelligence) คือ ความสามารถในการเข้าใจตนเอง รู้ข้อดี-ข้อบกพร่องของตนเอง เท่าทันอารมณ์ ความรู้สึก ความคิด และความต้องการของตนเอง ควบคุมการแสดงออกของตนเองได้เหมาะสมตามสถานการณ์

7.8 ปัญญาทางด้านธรรมชาติ (Naturalist Intelligence) คือ ความสามารถเข้าใจในปรากฏการณ์ กฎเกณฑ์ตามธรรมชาติ สามารถจำแนก แยกแยะ สายพันธุ์ พืช และสัตว์ตามสภาพแวดล้อม

7.9 ปัญญาทางการคิดใคร่ครวญ (Existential Intelligence) คือ ความสามารถที่จะหาตนเองเกี่ยวกับจักรวาลที่ไม่มีที่สิ้นสุด สิ่งที่เกิดขึ้น ความหมายของชีวิต ความหมายของความตาย ร่างกายและจิตใจ

อย่างไรก็ตามเด็กแต่ละคนล้วนมีความสามารถด้านสติปัญญาแตกต่างกันขึ้นอยู่กับพันธุกรรม การเลี้ยงดู การศึกษา สิ่งแวดล้อม รวมทั้งประสบการณ์เดิมของเด็กแต่ละคน ดังนั้นการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาที่เป็นการบูรณาการจึงสามารถนำมาใช้กับเด็กที่มีสติปัญญาที่หลากหลายได้

8. การเรียนรู้ทางสติปัญญาของบลูม หรือพุทธพิสัย (Bloom's Texonomy) เป็นทฤษฎีการเรียนรู้ทางสติปัญญาของเบนจามิน บลูม (Benjamin Bloom) แบ่งพัฒนาการทางสติปัญญาของมนุษย์ออกเป็น 6 ขั้นตามลำดับ คือ 1) ความรู้ 2) ความเข้าใจ 3) การนำไปใช้ 4) การวิเคราะห์ 5) การสังเคราะห์ และ 6) การประเมินผล ต่อมา ครัทวอล (Krathwohl) ได้ปรับปรุงทฤษฎีการเรียนรู้ทางสติปัญญาของบลูมใหม่ เป็น 1) ความจำ 2) ความเข้าใจ 3) การนำไปใช้ 4) การวิเคราะห์ 5) การประเมินผล 6) การสร้างสรรค์ ซึ่งการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาประกอบด้วยขั้นตอนการพัฒนาทางสติปัญญาของบลูม โดยผู้เรียนต้องใช้ความจำเดิมกับความเข้าใจมาสร้างเป็นองค์ความรู้ใหม่ เพื่อนำไปใช้ในการวิเคราะห์ สังเคราะห์ เพื่อแก้ปัญหา และสร้างสรรค์สิ่งใหม่ มีการประเมินเพื่อปรับปรุงผลงานให้ดีขึ้น

9. การเรียนแบบร่วมมือกัน (Coorporative Learning) เป็นการเรียนรู้ที่ผู้เรียนร่วมมือกันทำกิจกรรมในการจัดการเรียนรู้ตามหน้าที่ของตนเอง ตามหัวข้อที่ผู้สอนมอบหมายไว้ เป็นการทำงานกลุ่มตั้งแต่ 2 คนขึ้นไปแต่ไม่ควรเกิน 6 คน สมาชิกทุกคนต้องช่วยเหลือกัน มีปฏิสัมพันธ์ในเชิงบวก แบ่งปันความคิด และยอมรับฟังความคิดเห็นที่แตกต่าง และฝึกให้ผู้เรียนเห็นคุณค่าการทำงานเป็นทีมและมีความรับผิดชอบ ซึ่งสอดคล้องกับการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาที่ให้ผู้เรียนทำงานร่วมกันเป็น

กลุ่ม หรือให้ผู้เรียนทำงานโดยลำพังก็ได้แต่ผู้เรียนต้องแบ่งปันความรู้และกระบวนการกับเพื่อนร่วมชั้นเรียน การจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือนี้สอดคล้องกับทักษะในศตวรรษที่ 21 อีกด้วย

สรุปได้ว่า การจัดกิจกรรมตามแนวสะเต็มศึกษา มีความสอดคล้อง รองรับกับแนวคิดหลากหลายทฤษฎีทางการศึกษา ที่ช่วยพัฒนาทักษะการคิด การเรียนรู้ เสริมสร้างประสบการณ์ที่สูงขึ้นให้กับผู้เรียนที่มีความแตกต่างกันได้ สามารถนำแนวคิดและทฤษฎีการเรียนรู้แบบต่าง ๆ ไปประยุกต์กับการจัดการเรียนรู้โดยใช้กิจกรรมสะเต็มศึกษาได้ เนื่องจากการจัดกิจกรรมตามแนวสะเต็มศึกษาจะช่วยให้ผู้เรียนสร้างองค์ความรู้ได้ด้วยตนเอง เกิดความคิดสร้างสรรค์ สร้างทักษะในศตวรรษที่ 21 ให้กับผู้เรียนได้เป็นอย่างดี

1.2 ความสำคัญของสะเต็มศึกษาในศตวรรษที่ 21

1.2.1 ความสำคัญของสะเต็มศึกษาในศตวรรษที่ 21

ศตวรรษที่ 21 ถูกกล่าวถึงอย่างมากในหลายปีที่ผ่านมา โดยเฉพาะเรื่องทักษะในศตวรรษที่ 21 ที่พลเมืองหลาย ๆ ประเทศควรมีทักษะเหล่านี้ ทักษะในศตวรรษที่ 21 จึงเป็นที่ทักษะที่ประเทศไทยและต่างประเทศให้ความสำคัญ และให้ความสนใจ

ในปี 2556 วิจารณ์ พานิช กล่าวถึง ทักษะในศตวรรษที่ 21 ไว้ว่า เป็นทักษะที่ซับซ้อน จำแนกได้เป็น 3 กลุ่ม ได้แก่ 1) ทักษะชีวิตและการทำงาน 2) ทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม และ 3) ทักษะด้านสารสนเทศ สื่อ และเทคโนโลยี ทักษะเหล่านี้จะเกิดขึ้นได้จากการลงมือทำ ร่วมกับการคิด (Learning by Doing and Thinking) ซึ่งทักษะ 3 กลุ่มนี้ สามารถแจกแจงออกได้เป็น 3Rs + 8Cs

1) 3R คือ 1) Reading -อ่านออก เป็นการอ่านแล้วเกิดสุนทรียะ จับใจความสำคัญเป็น มีทักษะการอ่านหลาย ๆ แบบ 2) Riting (W) – เขียนได้ เป็นการเขียนแบบสื่อความได้ ย่อความเป็น รู้วิธีการเขียนหลาย ๆ แบบตามวัตถุประสงค์ที่แตกต่างกัน และ3) Rithmetics (A) – คิดเลขเป็น แต่ไม่ใช่แค่คิดเลขแต่ต้องเรียนให้ได้ทักษะการคิดแบบนามธรรม

2) 8Cs เป็นกลุ่มทักษะที่จำเป็นและสำคัญ ที่แจกแจงมาจากทักษะ 3 กลุ่มใหญ่ แต่ละ C เป็นทักษะเชิงซ้อน และสัมพันธ์หรือซ้อนทับกับ C ตัวอื่นด้วย ดังนี้

(1) Critical Thinking and Problem Solving คือ มีทักษะด้านการคิดอย่างมีวิจารณญาณ และทักษะในการแก้ปัญหา

(2) Creativity and Innovation คือ การคิดอย่างสร้างสรรค์ และนวัตกรรม

(3) Collaboration Teamwork and Leadership คือ ทักษะด้านความร่วมมือการทำงานเป็นทีม และภาวะผู้นำ

(4) Cross-cultural Understanding คือ ทักษะด้านความเข้าใจความแตกต่างทางวัฒนธรรม ต่างกระบวนทัศน์

(5) Communication, Information and Media Literacy คือ ทักษะในการสื่อสาร และการรู้เท่าทันสื่อ

(6) Computing and Media Literacy คือ ทักษะด้านคอมพิวเตอร์ เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร

(7) Career and Learning Self-reliance คือ ทักษะด้านอาชีพ และการเรียนรู้

(8) Change คือ ทักษะการเปลี่ยนแปลง

การฝึกทักษะเหล่านี้จะเกิดขึ้นได้ต้องผ่านการเรียนโดยการลงมือปฏิบัติ (Learning by Doing) และคิดทบทวน หรือเรียนแบบ Active Learning โดยมีครู หรืออาจารย์ทำหน้าที่ออกแบบกิจกรรม สามารถจัดการเรียนรู้หรือกิจกรรมให้นักเรียนได้เรียนรู้ ซึมซับทักษะเหล่านั้นหลาย ๆ ทักษะในกิจกรรมเดียวกัน

สุทิดา จำรัส (2560) กล่าวว่า ทักษะในศตวรรษที่ 21 หมายถึงความสามารถของบุคคลในการดารงชีวิตปัจจุบันและอนาคตโดยเฉพาะในศตวรรษที่ 21 (ปีคริสตศักราช 2000 - 2099) ประกอบด้วยกลุ่มทักษะหลัก 3 ด้านคือ 1) ทักษะการเรียนรู้ และนวัตกรรม (Learning and innovation skills) 2) ทักษะด้านข้อมูล สื่อ และเทคโนโลยี (Information, media and technology skills) และ 3) ทักษะชีวิตและทักษะในอาชีพ (Life and career skills) มาบูรณาการในการจัดการเรียนรู้วิชาแกนที่มีการเรียนการสอนอยู่เดิม ซึ่งวิทยาศาสตร์ก็เป็นหนึ่งในวิชาแกนเหล่านั้นหากผู้สอนให้ความสำคัญกับทักษะที่สำคัญและจำเป็นในศตวรรษที่ 21 การกำหนดเป้าหมายหรือผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนจะต้องนำทักษะสำหรับศตวรรษที่ 21 เข้าไปประกอบด้วย เนื่องจากผู้เรียนจำเป็นต้องใช้ในการแก้ปัญหาในชีวิตจริงที่มีความซับซ้อน ดังนั้นแนวการจัดการศึกษาจำเป็นต้องปรับให้สอดคล้องกับความต้องการและจำเป็นในโลกปัจจุบันและอนาคตที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว การเรียนรู้จึงต้องเปลี่ยนจากแบบเดิมที่เรียนในมิติเดียว ที่เน้นแต่เนื้อหา เปลี่ยนเป็นลักษณะของวัฏจักรมีการประยุกต์ใช้และเชื่อมโยงสู่โลก สังคม ชีวิตจริงให้มากขึ้น จุดเน้นนี้จึงสอดคล้องและเป็นไปในแนวทางเดียวกับแนวคิดสะเต็มศึกษา จึงเป็นลักษณะสำคัญอีกประการหนึ่งของกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา

วศิณีส์ อิศรเสนา ณ อยุธยา (2560, น. 7) ได้กล่าวถึง ความสำคัญของสะเต็ม-ศึกษากับการศึกษาไทย ไว้ว่า การศึกษาแบบเดิมของไทยที่เน้นให้ท่องจำควรเปลี่ยนเป็นให้นักเรียนทดลองและคิดมากขึ้น เน้นกระบวนการเรียนรู้และการบูรณาที่เหมาะสม ความรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ควรจัดให้เน้นเนื้อหาและสาระฝึกทักษะกระบวนการคิด การจัดกิจกรรมให้ผู้เรียนได้เรียนรู้จากประสบการณ์จริง กระบวนการจัดการเรียนรู้ต้องเป็นการพัฒนาผู้เรียนอย่างรอบด้าน โดยบูรณาการการเรียนรู้ให้หลากหลาย ทั้งทางด้านวิชาการ ทักษะชีวิต นันทนาการที่ครอบคลุมทั้งศิลปะ ให้ความสำคัญกับการเรียนรู้ทั้งในและนอกห้องเรียน โดยการสร้างนิสัยใฝ่รู้ ทักษะในการคิดวิเคราะห์ แก้ปัญหาเฉพาะหน้า

รับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น และการต่อยอดสู่ความคิดสร้างสรรค์ ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาแบบสะเต็มที่เน้นการคิดทดลองและลงมือปฏิบัติ

สะเต็มศึกษาในประเทศไทยได้รับการสนับสนุนจากรัฐบาล และเข้ามามีบทบาทในการใช้จัดการเรียนรู้ในชั้นเรียนมากขึ้น โดยเฉพาะวิชาวิทยาศาสตร์ตั้งแต่การศึกษาขั้นพื้นฐานไปจนถึงระดับมหาวิทยาลัย อันเนื่องมาจากคะแนนในการทดสอบระดับนานาชาติวิชาวิทยาศาสตร์ และคณิตศาสตร์มีคะแนนต่ำกว่ามาตรฐาน ซึ่งสอดคลองกับนโยบายประเทศไทย ยุค 4.0 ของรัฐบาล ที่ต้องการให้ประเทศพ้นจากประเทศกำลังพัฒนา โดยการให้พลเมืองของประเทศ มีความคิดสร้างสรรค์ สามารถสร้างนวัตกรรมและเทคโนโลยีที่ทันสมัย ในภาคธรุกิจ โดยคาดหวังว่า สะเต็มศึกษาจะช่วยให้บุคคลมีทักษะทางสังคม การร่วมมือกันในหลายสาขา และทักษะที่จำเป็นในการทำงาน (Pimthong and William, 2018)

ในต่างประเทศ สะเต็มศึกษา มีการนำมาใช้เป็นกระบวนการจัดการเรียนรู้ครั้งแรกในสหรัฐอเมริกา ตั้งแต่สงครามโลกครั้งที่ 2 จนถึงทุกวันนี้ แต่เดิมสะเต็ม (STEM) เป็นทักษะขั้นสูงในการทำงาน ด้วยความต้องการของสหรัฐอเมริกาที่ต้องการเป็นผู้นำของโลก รวมไปถึงผู้นำทางนวัตกรรมและเทคโนโลยีใหม่ ๆ และสหรัฐอเมริกาเล็งเห็นประโยชน์แล้วว่าการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มจะเป็นประโยชน์ต่อพลเมืองในศตวรรษที่ 21 จึงนำสะเต็มมาจัดการเรียนรู้ในห้องเรียนการศึกษาขั้นพื้นฐานของสหรัฐอมริกา เรียกว่า สะเต็มศึกษา (STEM Education) (Gonzalez and Kuenzi, 2012) รวมไปถึงการนำสะเต็มศึกษามาใช้กับการแก้ไขปัญหาในชีวิตประจำวัน และการสร้างความคิดสร้างสรรค์ ให้กับพลเมืองของประเทศ มีการผสมผสานกับวิชาศิลปะ (ART) เรียกว่า STEAM (Boakes, 2019) นอกจากนี้สะเต็มศึกษายังช่วยแก้ปัญหาทางการศึกษาของสหรัฐอเมริกา ได้แก่ การที่นักเรียนมีคะแนนต่ำในการทดสอบระดับนานาชาติ เช่น PISA ปัญหานักเรียนมัธยมเลิกเรียนกลางคัน ช่วยลดอัตราการขาดแคลนแรงงานในด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ วิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี ของประเทศ และช่วยแก้ปัญหาความเลื่อมล้ำของประชากรผิวสี และผู้หญิงในการเรียนต่อสาย STEM ให้มากขึ้น เพื่อลดปัญหาการขาดแคลนแรงงานในสายนี้ (วศิณีส์ อิศรเสนา ณ อยุธยา, 2560)

จากเอกสารข้างต้น ผู้วิจัยจึงสรุปความสำคัญของสะเต็มศึกษาในศตวรรษที่ 21 ได้ว่า กระบวนการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาจะช่วยพัฒนาทักษะขั้นสูงที่มีความซับซ้อนเพื่อแก้ปัญหาในชีวิตประจำวัน และเป็นทักษะที่จำเป็นที่บุคคลควรมีเพื่อการดำรงชีวิตอยู่ในศตวรรษ 21ซึ่งทักษะเหล่านี้จะเกิดขึ้นได้ต้องอาศัยการคิดอย่างรอบด้าน และการลงมือปฏิบัติจนมีความเชี่ยวชาญ จนนำไปสู่การสร้างสรรค์เทคโนโลยีใหม่ ๆ หรือนวัตกรรม รวมถึงการประกอบอาชีพต่าง ๆ อีกทั้งยังช่วยแก้ปัญหาผลคะแนนที่ต่ำในการทดสอบระดับนานาชาติของผู้เรียนได้อีกด้วย

1.3 รูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่ใช้กิจกรรมสะเต็มศึกษา

การจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษาสามารถนำมาใช้จัดการเรียนรู้ร่วมกับวิธีการจัดการเรียนรู้ได้อย่างหลากหลายวิธี เช่น การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน การจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐาน

การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ (5Es) การจัดการเรียนรู้แบบคอนสตรัคติวิส และการจัดการเรียนรู้แบบ STEAM โดยจะใช้วิธีการจัดการเรียนรู้แบบใดนั้นขึ้นอยู่กับครูผู้สอนพิจารณาจาก วัย เนื้อหา จุดประสงค์ในการเรียนรู้ ของผู้เรียน รวมทั้งความเหมาะสมและความสามารถของครู (วศิณีส์ อิศรเสนา ณ อยุธยา, 2560, น. 38)

การจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานและการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐาน ส่วนใหญ่เป็นการจัดการเรียนการสอนที่ครูผู้สอนส่วนใหญ่นำมาใช้ร่วมกับการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็ม-ศึกษา (พิทธพนธ์ พิทักษ์, 2560) แต่เมื่อผู้วิจัยได้ศึกษาและพิจารณาวัยของผู้เรียน เนื้อหา ผลการเรียนรู้ตามรายวิชา คำอธิบายรายวิชา การวิเคราะห์ผู้เรียนเป็นรายบุคคล ความถนัด และความสามารถของผู้วิจัยซึ่งเป็นครูผู้สอนแล้ว พบว่า การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ (5Es) มีความเหมาะสมกับบริบทของโรงเรียนสาธิตมัธยม บริบทของผู้เรียนและครู มากกว่าวิธีการจัดการเรียนรู้แบบอื่น ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยจึงเลือกนำการจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษา มาผนวกการจัดการเรียนรู้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ (5Es) ได้มีการศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ (5Es) ดังนี้

1.3.1 ความหมายของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ (5Es)

มีผู้ให้ความหมายของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ(5Es) ไว้ดังนี้

ทิศนา แขมมณี (2551 อ้างถึงใน ประภัทสร บุญทวีกุลสวัสดิ์, 2553, น. 32) ให้นิยามว่า เป็นการจัดการเรียนการสอน โดยผู้สอนกระตุ้นให้ผู้เรียน เกิดคำถาม ความคิด แล้วลงมือค้นหาความรู้ เพื่อนำมาตอบคำถามหรือหาข้อสรุปด้วยตนเองซึ่งผู้สอนจะทำหน้าที่เป็นผู้อำนวยความสะดวกในด้านต่าง ๆ ให้แก่ผู้เรียน

ณฐกรณ์ ดำชะอม (2553) กล่าวว่า การจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบ 5Es เป็นการจัดกิจกรรมที่จะทำให้ผู้เรียนพยายามสร้างความรู้ใหม่ โดยอาศัยฐานความรู้เดิมเป็นการฝึกให้นักเรียนเรียนรู้โดยการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองเพราะการที่ผู้เรียนสร้างความรู้ด้วยตนเอง จะทำให้ผู้เรียนเห็นความสำคัญและเข้าใจความรู้นั้นดียิ่งขึ้นมากกว่าที่ครูจะเป็นเพียงผู้บอกและบรรยาย เพราะผู้เรียนไม่ได้ลงมือปฏิบัติเอง

วีณา ประชากูล และประสาท เนืองเฉลิม (2553) ได้ให้ความหมายว่า การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ คือ กระบวนการเรียนรู้ที่เน้นการพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาด้วยวิธีการฝึกให้ผู้เรียนรู้จักศึกษาหาความรู้ โดยผู้สอนมีบทบาทในการตั้งคำถามเพื่อกระตุ้นให้ผู้เรียนได้ใช้กระบวนการทางความคิด หาเหตุผลจนค้นพบความรู้ หรือแนวทางในการแก้ไขปัญหาที่ถูกต้องด้วยตนเอง แล้วสรุปออกมาเป็นหลักการ หรือวิธีการในการแก้ปัญหาและสามารถนำไปประยุกต์ใช้ประโยชน์

วศิณีส์ อิศรเสนา ณ อยุธยา (2560, น. 42) ได้ให้ความหมายไว้ว่า กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ หรือคำว่า Inquiry หรือการสืบค้น หมายถึง กิจกรรมหรือสิ่งที่มนุษย์ทำหรือกระบวนการการเรียนรู้ด้วยประสบการณ์ การทดลองหรือการทดสอบในภาวะต่าง ๆ เพื่อสาธิตในสิ่งที่รู้ หรือการค้นหา

สิ่งที่ไม่รู้ การสืบค้นหรือการศึกษาจากการใช้คำถามทางวิทยาศาสตร์อย่างเป็นขั้นตอน กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ซึ่ง 5Es เป็นคำย่อของคำทั้ง 5 ขั้นตอนในกระบวนการสืบเสาะหาความรู้

อดิสร บรรหาร (2560) กล่าวว่า การสืบเสาะหาความรู้เป็นกระบวนการที่นักวิทยาศาสตร์ใช้ศึกษาอธิบายปรากฏการณ์ทางธรรมชาติซึ่งวางอยู่บนพื้นฐานของหลักการหรือเหตุผลต่างๆ และอีกความหมายหนึ่ง คือ เป็นกระบวนการที่ผู้เรียนใช้ในการค้นคว้าหาคำตอบอย่างมีระบบเพื่ออธิบายเหตุการณ์ต่าง ๆ ที่ต้องการศึกษา

กล่าวโดยสรุป คือ การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ (5Es) เป็นกระบวนการจัดการเรียนรู้ 5 ขั้นตอนโดยเน้นให้ผู้เรียนค้นคว้าหาความรู้ได้ด้วยตนแอง ผู้เรียนจะเกิดการเรียนรู้ได้จากการลงมือกระทำ หรือทดลอง แก้ปัญหา จนค้นพบความรู้ใหม่โดยใช้กระบวนการและหลักการทางวิทยาศาสตร์

1.3.2 ประเภทของของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ (5Es)

พิมพ์พรรณ เดชะคุปต์ (2550 อ้างถึงใน ประภัทสร บุญทวีกุลสวัสดิ์, 2553, น. 34) แบ่งประเภทการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ ตามบทบาทครูและผู้เรียนเป็นเกณฑ์ได้ 3 ประเภทดังนี้

1. Guided-Inquiry เป็นวิธีการจัดการเรียนรู้ที่ครูเป็นผู้กำหนดปัญหา วางแผนการทดลอง เก็บรวบรวมข้อมูล และเตรียมอุปกรณ์ต่าง ๆ โดยผู้เรียนทำหน้าที่ทำการทดลองตามกิจกรรมตามแนวทางที่กำหนดไว้

2. Less Guided-Inquiry เป็นวิธีการจัดการเรียนรู้ที่ครูเป็นผู้กำหนดปัญหา หรือร่วมกันกำหนดปัญหาพร้อมกับผู้เรียน แต่ผู้เรียนจะเป็นผู้วางแผนหาวิธีการแก้ปัญหาด้วยตนเองโดยเริ่มตั้งแต่การตั้งสมมติฐาน วางแผนการทดลอง ทำการทดลอง จนถึงวิเคราะห์และสรุปผลการทดลอง ซึ่งครูเป็นผู้อำนวยความสะดวก

3. Unguided-Inquiry เป็นวิธีการจัดการเรียนรู้ที่ผู้เรียนเป็นผู้กำหนดปัญหาด้วยตัวเอง ตลอดจนถึงการวางแผนการทดลอง ดำเนินการทดลองเก็บข้อมูล จนถึงวิเคราะห์และสรุปผลการทดลองด้วยตนเอง ซึ่งวิธีนี้ผู้เรียนจะมีอิสระเต็มที่ในการศึกษาตามความสนใจ ครูเป็นเพียงผู้กระตุ้นเท่านั้น โดยอาจจะใช้คำถามเพื่อกระตุ้นให้ผู้เรียนกำหนดปัญหาได้ ซึ่งเรียกวิธีการนี้ว่า วิธีการสืบเสาะแบบอิสระ (Free Inquiry)

นอกจากนี้ Bell et al.(2005 อ้างถึงใน ประภัทสร บุญทวีกุลสวัสดิ์, 2553, น. 34-35) ยังแบ่งการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ออกเป็น 4 ระดับตามกิจกรรมที่ครูหรือนักเรียนเป็นผู้ดำเนินการ ได้แก่

1. การสืบเสาะหาความรู้แบบยืนยัน (Comfirmed Inquiry) เป็นการตรวจสอบหาความรู้ที่ให้ผู้เรียนเป็นผู้ตรวจสอบความรู้หรือแนวคิดเพื่อยืนยันความรู้หรือแนวคิดที่ถูกค้นพบมาแล้ว โดยครูเป็นผู้กำหนดปัญหา และคำตอบหรือองค์ความรู้ที่คาดหวังให้ผู้เรียนค้นพบและให้ผู้เรียนทำกิจกรรมที่กำหนดในหนังสือเรียนหรือใบงาน หรือตามที่ครูบรรยายบอกกล่าว

2. การสืบเสาะหาความรู้แบบนำทาง (Directed Inquiry) เป็นการสืบเสาะหาความรู้ที่ให้ผู้เรียน ค้นพบองค์ความรู้ใหม่ด้วยตนเองโดยครูเป็นผู้กำหนดปัญหาและสาธิตหรืออธิบายการสำรวจตรวจสอบ แล้วให้ผู้เรียนปฏิบัติการสำรวจตรวจสอบตามวิธีการที่กำหนด

3. การสืบเสาะหาความรู้แบบชี้แนะแนวทาง (Guided Inquiry) เป็นการสืบเสาะหาความรู้ที่ให้ผู้เรียน ค้นพบองค์ความรู้ใหม่ด้วยตนเอง โดยผู้เรียนเป็นผู้กำหนดปัญหา และครูเป็นผู้ชี้แนะตรวจสอบแนวทางการสำรวจ ตรวจสอบ รวมทั้งให้คำปรึกษาหรือแนะนำให้ผู้เรียนปฏิบัติการสำรวจตรวจสอบ

4. การสืบเสาะหาความรู้แบบเปิด (Open Inquiry)) เป็นการสืบเสาะหาความรู้ที่ให้ผู้เรียนค้นพบองค์ความรู้ใหม่ด้วยตนเอง โดยให้ผู้เรียนมีอิสระในการคิด เป้นผู้กำหนดปัญหา ออกแบบและปฏิบัติการสำรวจตรวจสอบ ค้นหาคำตอบด้วยตนเอง

จากการแบ่งประเภทของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ จะสรุปได้ว่า การสืบเสาะหาความรู้แบบเปิด และการสืบเสาะแบบอิสระมีลักษณะที่เหมือนกัน คือให้ผู้เรียนได้คิด และออกแบบวิธีการหาคำตอบด้วยตนเอง ซึ่งเป็นแนวทางเดียวกับการจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษา และการคิดอย่างอิสระที่ปราศจากเงื่อนไขนี้จะช่วยพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ จนนำไปสู่การสร้างนวัตกรรมได้รวมทั้งทักษะการคิดขั้นสูงด้านอื่น ๆ ในศตวรรษที่ 21 ได้

1.3.3 กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ (5Es)

กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท., 2556) ประกอบด้วยขั้นตอนที่สำคัญดังนี้

1. ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement) เป็นการนำเข้าสู่บทเรียนหรือเรื่องที่สนใจซึ่งเกิดขึ้นจากความสงสัย หรืออาจเริ่มจากความสนใจของตัวนักเรียนเองหรือเกิดจากการอภิปรายภายในกลุ่ม เรื่องที่น่าสนใจอาจมาจากเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นอยู่ในช่วงเวลานั้น หรือเป็นเรื่องที่เชื่อมโยงกับความรู้เดิมที่เพิ่งเรียนรู้มาแล้ว เป็นตัวกระตุ้นให้นักเรียนสร้างคำถาม กำหนดประเด็นที่จะศึกษา ในกรณีที่ไม่มีประเด็นใดที่น่าสนใจ ครูอาจให้ศึกษาจากสื่อต่าง ๆ หรือเป็นผู้กระตุ้นด้วยการเสนอด้วยประเด็นขึ้นมาก่อน แต่ไม่ควรบังคับให้นักเรียนยอมรับประเด็นหรือคำถามที่ครูกำลังสนใจเป็นเรื่องที่จะใช้ศึกษา เมื่อมีคำถามที่น่าสนใจและนักเรียนส่วนใหญ่ยอมรับให้เป็นประเด็นที่ต้องการศึกษา จึงร่วมกันกำหนดขอบเขตและแจกแจงรายละเอียดของเรื่องที่จะศึกษาให้มีความชัดเจนยิ่งขึ้น อาจรวมทั้งการรวบรวมความรู้จากประสบการณ์เดิม หรือความรู้จากแหล่งต่าง ๆ ที่จะช่วยให้นำไปสู่ความเข้าใจเรื่องหรือประเด็นที่จะศึกษามากขึ้น และมีแนวทางที่ใช้ในการสำรวจตรวจสอบอย่างหลากหลาย

2. ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration) เมื่อทำความเข้าใจในประเด็นหรือคำถามที่สนใจจะศึกษาอย่างถ่องแท้แล้ว ก็มีการวางแผนกำหนดแนวทางการสำรวจตรวจสอบ ตั้งสมมติฐานกำหนดทางเลือกที่เป็นไปได้ ลงมือปฏิบัติเพื่อเก็บรวบรวมข้อมูล ข้อสนเทศ หรือปรากฏการณ์ต่าง ๆ วิธีการ

ตรวจสอบอาจทำได้หลายวิธี เช่น ทำการทดลอง ทำกิจกรรมภาคสนาม การใช้คอมพิวเตอร์เพื่อช่วยสร้างสถานการณ์จำลอง (Simulation) การศึกษาหาข้อมูลจากเอกสารอ้างอิงหรือจากแหล่งข้อมูลต่าง ๆ เพื่อให้ได้มาซึ่งข้อมูลอย่างเพียงพอที่จะใช้ในขั้นต่อไป

3. ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation) เมื่อได้ข้อมูลอย่างเพียงพอจากการสำรวจตรวจสอบแล้ว จึงนำข้อมูล ข้อสนเทศ ที่ได้มาวิเคราะห์ แปลผล สรุปผล และนำเสนอผลที่ได้ในรูปต่าง ๆ เช่น บรรยายสรุป สร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ หรือรูปวาด สร้างตาราง ฯลฯ การค้นพบในขั้นนี้อาจเป็นไปได้หลายทาง เช่น สนับสนุนสมมติฐานที่ตั้งไว้ โต้แย้งกับสมมติฐานที่ตั้งไว้ หรือไม่เกี่ยวข้องกับประเด็นที่ได้กำหนดไว้ แต่ผลที่ได้จะอยู่ในรูปใดก็สามารถสร้างความรู้และช่วยให้เกิดการเรียนรู้ได้

4. ขั้นขยายความรู้ (Elaboration) เป็นการนำความรู้ที่สร้างขึ้นไปเชื่อมโยงกับความรู้เดิมหรือความคิดที่ได้ค้นคว้าเพิ่มเติม หรือนำแบบจำลองหรือข้อสรุปที่ได้ไปใช้อธิบายสถานการณ์หรือเหตุการณ์อื่น ๆ ถ้าใช้อธิบายเรื่องต่าง ๆ ได้มากก็แสดงว่าข้อจำกัดน้อย ซึ่งก็จะช่วยให้เชื่อมโยงกับเรื่องต่าง ๆ และทำให้เกิดความรู้กว้างขวางขึ้น

5. ขั้นประเมิน (Evaluation) เป็นการประเมินการเรียนรู้ด้วยกระบวนการต่าง ๆ ว่านักเรียนมีความรู้อะไรบ้าง อย่างไร และมากน้อยเพียงใด จากขั้นนี้จะนำไปสู่การนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในเรื่องอื่น ๆ

การนำความรู้หรือแบบจำลองไปใช้อธิบายหรือประยุกต์ใช้กับเหตุการณ์หรือเรื่องอื่น ๆ จะนำไปสู่ข้อโต้แย้งหรือข้อจำกัดซึ่งจะก่อให้เกิดประเด็นหรือคำถาม หรือปัญหาที่จะต้องสำรวจตรวจสอบต่อไป ทำให้เกิดเป็นกระบวนการที่ต่อเนื่องกันไปเรื่อย ๆ จึงเรียกว่า Inquiry cycle กระบวนการสืบเสาะหาความรู้จึงช่วยให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ทั้งเนื้อหาหลักและหลักการ ทฤษฎี ตลอดจนลงมือปฏิบัติเพื่อให้ได้ความรู้ซึ่งจะเป็นพื้นฐานในการเรียนรู้ต่อไป

สรุปได้ว่า การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ (5Es) เป็นกระบวนการที่สามารถนำไปประยุกต์ใช้กับการจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษาได้ และสอดคล้องกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ มีขั้นตอนและกระบวนการที่การกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดทักษะการคิด และได้ลงมือปฏิบัติ เพื่อค้นพบองค์ความรู้ได้ด้วยตนเอง จึงสามารถนำไปผนวกกับกิจกรรมสะเต็มศึกษาได้เป็นอย่างดี

1.4 การจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษา (STEM Education Activities Management)

สุทิดา จำรัส (2560, น.29) ได้เสนอแนวทางการจัดการเรียนรู้ และลักษณะสำคัญในการจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษา ไว้ 6 ด้าน ดังต่อไปนี้

1. มีการบูรณาการความรู้ และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ได้อย่างชัดเจน

2. ยึดกรอบแนวคิดความก้าวหน้าในการเรียนรู้ (Learning Progression) เน้นพัฒนาการของผู้เรียนตามลำดับขั้นจากง่ายไปหายาก หรือสร้างสรรค์ชิ้นงานจากความเรียบง่ายไปสู่ความซับซ้อน หรือพัฒนาแนวคิดทางวิทยาศาสตร์จากรูปธรรมไปสู่นามธรรม

3. กิจกรรมที่เชื่อมโยงไปยังบริบทโดยใช้แนวคิดการเรียนรู้โดยที่ใช้บริบทเป็นฐาน

4. เน้นการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21

5. มีกรอบกิจกรรมที่ใช้การจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานที่นำไปสู่การเป็นผู้สร้างหรือนักประดิษฐ์ และการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน ที่นำไปสู่การเป็นผู้แก้ปัญหา

6. เน้นการวัดและประเมินผลตามสภาพจริงโดยกิจกรรมต้องออกแบบให้ผู้เรียนได้ออกแบบ และแก้ปัญหา

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) และสะเต็มศึกษาประเทศไทย (2557) กล่าวถึง จุดเด่นการจัดกิจกรรมแบบสะเต็มศึกษา ว่าเป็นการผนวกแนวคิดการออกแบบเชิงวิศวกรรมเข้ากับการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี ของผู้เรียน กล่าวคือ ในขณะที่นักเรียนทำกิจกรรมเพื่อพัฒนาความรู้ ความเข้าใจ และฝึกทักษะด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี ผู้เรียนต้องมีโอกาสนำความรู้มาออกแบบวิธีการหรือกระบวนการเพื่อตอบสนองความต้องการหรือแก้ปัญหาที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวัน เพื่อให้ได้เทคโนโลยีซึ่งเป็นผลผลิตจากกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ซึ่งกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมประกอบด้วยองค์ประกอบ 6 ขั้นตอน ได้แก่

1. ระบุปัญหา (Problem Identification) เป็นการทำความเข้าใจปัญหาหรือความท้าทาย วิเคราะห์เงื่อนไขหรือข้อจำกัดของสถานการณ์ปัญหา เพื่อกำหนดขอบเขตของปัญหา ซึ่งจะนำไปสู่การสร้างชิ้นงานหรือวิธีการในการแก้ปัญหา

2. รวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา (Related Information Search) เป็นการรวบรวมข้อมูลและแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับแนวทางการแก้ปัญหาและประเมินความเป็นไปได้ ข้อดีและข้อจำกัด

3. ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา (Solution Design) เป็นการประยุกต์ใช้ข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องเพื่อการออกแบบชิ้นงานหรือวิธีการในการแก้ปัญหา โดยคำนึงถึงทรัพยากร ข้อจำกัดและเงื่อนไขตามสถานการณ์ที่กำหนด

4. วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา (Planning and Development) เป็นการกำหนดลำดับขั้นตอนของการสร้างชิ้นงานหรือวิธีการ แล้วลงมือสร้างชิ้นงานหรือพัฒนาวิธีการเพื่อใช้ในการแก้ปัญหา

5. ทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน (Testing, Evaluation and Design Improvement) เป็นการทดสอบและประเมินการใช้งานของชิ้นงานหรือวิธีการโดยผลที่ได้อาจนำมาใช้ในการปรับปรุงและพัฒนาให้มีประสิทธิภาพในการแก้ปัญหาได้อย่างเหมาะสมที่สุด

6. นำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน (Presentation) เป็นการนำเสนอแนวคิดและขั้นตอนการแก้ปัญหาของการสร้างชิ้นงานหรือการพัฒนาวิธีการ ให้ผู้อื่นเข้าใจและได้ข้อเสนอแนะเพื่อการพัฒนาต่อไป

นอกจากนี้สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท., 2557 อ้างถึงในพิทธพนธ์ พิทักษ์, 2560) กล่าวถึง การนำกิจกรรมสะเต็มศึกษาไปใช้ในการจัดการเรียนการเรียนรู้ 3 ลักษณะ ได้แก่

1. การจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษาสอดแทรกไปตามเนื้อหาที่เกี่ยวข้องของแต่ละรายวิชาภายในคาบเรียน

2. การจัดกิจกรรมไว้ในรายวิชาเลือก หรือวิชาเพิ่มเติม

3. การจัดกิจกรรมไว้ในกลุ่มนอกห้องเรียน

สรุปได้ว่า การจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษาตามแนวทางของผู้วิจัยนั้น คือ การนำกิจกรรมสะเต็มศึกษา ที่ใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม 6 ขั้นตอน ผนวกเข้าไปในในการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ (5Es) ในขั้นตอนใดขั้นตอนหนึ่ง โดยเลือกใช้การจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษากับรายวิชาเพิ่มเติมและจัดการเรียนรู้ตามลักษณะสำคัญทั้ง 6 ด้านของกิจกรรมสะเต็มศึกษา โดยใช้สถานการณ์ปัญหาในชีวิตจริงให้นักเรียนระบุปัญหาตามขั้นตอนกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดการคิด โดยมีเป้าหมาย คือ ผู้เรียนสร้างนวัตกรรมที่สามารถแก้ปัญหานั้นได้ และผู้เรียนมีทักษะในศตวรรษที่ 21

2. การคิดเชิงนวัตกรรม (Innovative Thinking)

ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสารทั้งในประเทศและต่างประเทศเกี่ยวกับการคิดเชิงนวัตกรรม ตามหัวข้อดังต่อไปนี้

2.1 ความหมายของการคิดเชิงนวัตกรรม

การคิดเชิงนวัตกรรม เป็นทักษะที่อยู่ในศตวรรษที่ 21 ในกลุ่มทักษะการเรียนรู้ และนวัตกรรม ประกอบด้วย ความคิดสร้างสรรค์และ นวัตกรรม การคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา การสื่อสารและทำงานร่วมกับผู้อื่น (สุทิดา จำรัส, 2560, น. 25) แต่ถ้าจำแนกย่อยไปอีก จะอยู่ในส่วนของ 8Cs คือ Creativity and Innovation คือ การคิดอย่างสร้างสรรค์ และนวัตกรรม (วิจารณ์ พานิช, 2556) โดยการคิดเชิงนวัตกรรมเป็นคำรวมที่มาจาก คำว่า การคิด (Thinking) รวมกับ นวัตกรรม (Innovation)

ความคิด หรือ การคิด ตามพจนานุกรม ฉบับราชบัณฑิตสถาน พ.ศ.2554 ได้ให้ความหมายไว้หลายความหมาย ได้แก่

1. ความคิด หมายถึง สิ่งที่นึกรู้ขึ้นในใจ

2. ความคิด หมายถึง ความรู้ที่เกิดขึ้นภายในใจ ก่อให้เกิดการแสวงหาความรู้ต่อไป เช่น เครื่องบินเกิดขึ้นได้ เพราะ ความคิดของมนุษย์

3. ความคิด หมายถึง สติปัญญาที่จะทำสิ่งใดสิ่งหนึ่งอย่างถูกต้องและสมควร เช่น คนทำลายของสาธารณะ เป็นพวกไม่มีความคิด

ส่วนนวัตกรรม (Innovation) นั้นพจนานุกรม ฉบับราชบัณฑิตสถาน พ.ศ. 2554 ได้ให้ความหมายไว้ว่า การกระทำ หรือสิ่งที่ทำขึ้นใหม่ หรือแปลกจากเดิมซึ่งอาจจะเป็นความคิด วิธีการ หรืออุปกรณ์ เป็นต้น

เมื่อนำ 2 คำมารวมกันแล้ว ผู้วิจัยคิดว่าการคิดเชิงนวัตกรรม หมายถึง การใช้ความรู้และสติปัญญาของบุคคลในการการสร้างสรรค์สิ่งใหม่

นอกจากนี้ยังมีผู้รู้ให้ความหมายของการคิดเชิงนวัตกรรมไว้ดังต่อไปนี้

สุกัญญา แช่มช้อย (2555, น. 119) กล่าวถึง ทักษะการคิดเชิงนวัตกรรม ว่าเป็นทักษะความคิดพื้นฐานในการทำให้เกิดนวัตกรรมในองค์กร เป็นทักษะการคิดที่แตกต่างอย่างสร้างสรรค์เพื่อให้ได้สิ่งใหม่ ๆ ที่เป็นประโยชน์ต่อการพัฒนาองค์กร

ชาญณรงค์ วิเศษสัตย์ และประสาท เนืองเฉลิม (2561, น. 130) ได้ให้ความหมายของการคิดเชิงนวัตกรรมไว้ว่า เป็นการสร้างสรรค์สิ่งใหม่เพื่อแก้ปัญหาหรือพัฒนาความเจริญให้แก่สังคม โดยสิ่งใหม่นี้อาจไม่เคยมีผู้ใดทำมาก่อน หรือเคยทำมาแล้วในอดีตแต่ได้รับการรื้อฟื้นขึ้นมาใหม่ หรือสิ่งนี้มีการพัฒนาต่อยอดมาจากของเก่าที่มีอยู่เดิม โดยที่ผู้คิดมองเห็นผลผลิตที่ จะสำเร็จแตกต่างไปจากบุคคลอื่นและคาดว่าจะได้รับการยอมรับที่ดีจากสังคม จากนั้นผู้คิดจะดำเนินการกระทำจนความคิดนั้นสำเร็จเกิดเป็นผลผลิตใหม่ ๆ

เบิร์นส์ (Berns, 2008) ได้กล่าวถึงการคิดเชิงนวัตกรรมไว้ว่า เป็นการคิดที่แปลกใหม่หลุดออกจากประสบการณ์เดิม เป็นการคิดนอกกรอบอย่างสร้างสรรค์ และไม่เคยมีผู้ใดทำมาก่อน

ออร์เลนดิ (Orlandi, 2010) ได้เสนอเกี่ยวกับการคิดเชิงนวัตกรรมว่า หมายถึง จุดเริ่มต้นของแนวคิดสำหรับการสร้างนวัตกรรม เป็นความคิดเชื่อมโยงที่ทำให้เกิดวิสัยทัศน์ใหม่ ๆ

วีชและเลแกนต์ (Weiss and Legrand, 2011 อ้างถึงใน สุกัญญา แช่มช้อย, 2555) กล่าวว่า การคิดเชิงนวัตกรรม คือ กระบวนการแก้ไขปัญหาโดยการค้นหา การผสมผสาน และจัดเรียงข้อมูล เพื่อให้ได้แนวคิดหรือวิธีการใหม่ ๆ

วากเนอร์ (Wagner, 2012) กล่าวถึงการคิดเชิงนวัตกรรมไว้ว่า เป็นการคิดเชิงบูรณาการ คือ สามารถมองเห็นทุกมิติของปัญหา แล้วหาวิธีแก้ที่ทะลุกรอบและเป็นไปได้ และแก้ปัญหาด้วยวิธีใหม่และสร้างสรรค์

สรุปได้ว่า การคิดเชิงนวัตกรรม (Innovative Thinking) ในความหมายของผู้วิจัยจึงหมายถึง การคิดนอกกรอบโดยใช้ความรู้ที่มีเพื่อสร้างสรรค์สิ่งใหม่ที่ใช้สำหรับแก้ปัญหาในชีวิตประจำวัน

สิ่งใหม่นี้อาจจะเป็นสิ่งประดิษฐ์ หรือ วิธีการแก้ปัญหาที่ไม่เคยมีผู้ใดทำมาก่อน หรือพัฒนาจากของเดิมที่มีอยู่จนเกิดเป็นนวัตกรรมได้

2.2 องค์ประกอบของการคิดเชิงนวัตกรรม

ฮอร์ท และบัคเนอร์ (Horth & Buchner, 2009, pp. 10-13 อ้างถึงใน สุกัญญา แช่มช้อย, 2555) ได้กล่าวถึง ทักษะการคิดเชิงนวัตกรรมว่าประกอบด้วย 6 ทักษะดังนี้

1. การใส่ใจหรือการเอาใจใส่ (Paying attention) คือ ความสามารถในการรับรู้รายละเอียดอย่างถี่ถ้วน การเกาะติดสถานการณ์ต่าง ๆ จนสังเกตเห็นความเป็นไปที่ผิดสังเกต สามารถวิเคราะห์สถานการณ์ต่าง ๆ ได้อย่างลึกซึ้ง ด้วยสายตาที่เฉียบคม การพิจารณาในมุมมองที่แตกต่างและใช้ข้อมูลจากหลาย ๆ แหล่ง ซึ่งจะทำให้เห็นมุมมองใหม่ ๆ ได้ชัดเจนขึ้น

2. การเห็นคุณค่าของคุณลักษณะส่วนบุคคล (Personalizing) การให้ความสำคัญกับคุณค่าและทำความเข้าใจประสบการณ์ของแต่ละบุคคลโดยจำแนกลักษณะส่วนบุคคลเป็นกระบวนการสองด้าน คือ 1) การเข้าถึงความรู้และประสบการณ์ของบุคลากร ทำให้เกิดมุมมองและความท้าทายใหม่ ๆ แล้วนำมาประยุกต์ใช้ในการทำงาน และ 2) ความเข้าใจลูกค้าหรือผู้รับบริการอย่างลึกซึ้งในแบบฉบับของแต่ละบุคคล คือ ความสามารถที่จะเข้าถึงลูกค้าหรือผู้รับบริการ โดยทำความเข้าใจว่าลูกค้าหรือผู้รับบริการคือใคร มีความเป็นอยู่อย่างไร อะไรเป็นสิ่งสำคัญสำหรับพวกเขา ในองค์การทางการศึกษาก็คือ ผู้เรียน ผู้ปกครอง ชุมชน และผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องต่าง ๆ ซึ่งความรู้ที่ลึกซึ้งเกี่ยวกับบุคคลเหล่านี้จะนำ ไปสู่ความคิดใหม่ ๆ ในการขับเคลื่อนนวัตกรรมขององค์การ

3. การถ่ายทอดจินตนาการ (Imaging) คือ เป็นความสามารถในการคิดให้เป็นรูปธรรมหรือคิดเป็นภาพ โดยการแสดงข้อมูลด้วยภาพ เรื่องราวความประทับใจ และคำอุปมาอุปไมยให้เข้าใจได้ง่าย การคิดในลักษณะนี้เป็นเครื่องมือที่ทรงพลังในการอธิบายถึงสถานการณ์ รวบรวมความคิด และการสื่อสารอย่างมีประสิทธิภาพ ใช้จินตนาการในการตอบคำถาม

4. การเล่นอย่างจริงจัง (Serious Play) กล่าวคือในการพัฒนานวัตกรรมต้องการแนวคิดที่แหกกฎบางข้อ การดำเนินการที่แตกต่าง และสร้างด้วยความสนุกสนาน ผ่านหนทางที่ไม่เป็นไปตามแบบแผนทั้งจากการสำรวจอย่างอิสระ การผสมผสาน การทดลอง ความตลกคะนอง และทำงานให้เหมือนเล่นแต่ผลที่ได้เป็นประโยชน์ที่จริงจัง

5. การร่วมมือในการสืบค้น (Collaborative-Inquiry) กล่าวคือ นวัตกรรมส่วนมากไม่ได้สร้างโดยอัจฉริยะผู้โดดเดี่ยว ความเข้าใจได้มาจากการแบ่งปันความคิดที่กว้างขวางโดยไม่มีอคติ ความร่วมมือด้านการสืบค้น คือ กระบวนการที่มีประสิทธิภาพและยั่งยืน

6. การปั้นแต่ง (Crafting) เป็นความสามารถในการรับมือกับความคิดที่ขัดแย้งในใจในขณะที่ต้องปฏิบัติการเพื่อให้เกิดนวัตกรรม เป็นการคิดและการพิจารณาภาพรวม รวมถึงความคิดเห็นแย้งเพื่อที่จะเปิดโอกาสให้กับทางเลือกอื่น สำหรับความแตกต่างระหว่างการคิดวิเคราะห์แบบดั้งเดิมและการคิด

ปั้นแต่ง คือ การคิดวิเคราะห์เป็นการคิดโดยแยกปัญหาเป็นส่วน ๆ ทั้งข้อเท็จจริงและสมมติฐาน แต่การคิดการปั้นแต่งเป็นการสังเคราะห์ การบูรณาการพิจารณาความเป็นไปได้และการตัดทอนอย่างมีเหตุผล

อรชร ปราจันทร์ และสุกัญญา แช่มช้อย (2561) กล่าวว่า ทักษะการคิดเชิงนวัตกรรม ประกอบด้วย การตั้งคำถาม การสังเกต การสร้างเครือข่าย การทดลอง และการเชื่อมโยง เพื่อช่วยให้บุคคลสามารถพัฒนาทักษะการคิดเชิงนวัตกรรมได้ ต้องอาศัย 3 ปัจจัยได้แก่ การเก็บสะสมข้อมูล การคำนวณ การสื่อความคิดออกมาเป็นรูปของนวัตกรรม

ไดเยอร์, เกรเกอร์เซน และ คริสเตนเซน (Dyer, Gregersen & Christensen, 2011) กล่าวว่า ผู้ที่นวัตกรจะมีทักษะในการค้นพบอันประกอบด้วย 1) ทักษะเชิงการรับรู้ ได้แก่ ทักษะในการเชื่อมโยงความคิด และ2) ทักษะเชิงพฤติกรรม อันได้แก่ การตั้งคำถาม การสังเกต การปฏิสัมพันธ์ และการทดลอง

วากเนอร์ (Wagner, 2012) ได้กล่าวว่า คนที่มีทักษะการคิดเชิงนวัตกรรม ต้องมีทักษะ 5 ประการเหล่านี้ เป็นองค์ประกอบ ได้แก่ 1. การตั้งคำถาม 2. การสังเกต 3. การสร้างเครือข่าย 4. การทดลอง และ 5. การเชื่อมโยง ซึ่งสามารถจัดทักษะทั้ง 5 ได้เป็น 2 กลุ่มใหญ่ คือ 1) การลงมือทำ และ 2) การคิด

1. การลงมือทำ เริ่มจาก การตั้งคำถาม เพื่อเปิดโอกาสให้นวัตกรก้าวออกจากสภาพการณ์ที่เป็นอยู่ และพิจารณาความเป็นไปได้ใหม่ ๆ นวัตกรจะจับรายละเอียดพฤติกรรมเล็ก ๆ น้อยๆ ในกิจกรรมของลูกค้า ผู้ผลิต บริษัทอื่น และสิ่งที่เขาสนใจ ด้วยการสังเกต ซึ่งช่วยแนะวิธีใหม่ในการทำสิ่งต่าง ๆ พวกเขาได้เปิดประสบการณ์ใหม่ และสำรวจโลกอย่างไม่ลดละผ่านการทดลอง ส่วนการสร้างเครือข่ายกับคนที่มีภูมิหลังแตกต่างกันจะทำให้พวกเขาได้รับมุมมองที่ต่างไปโดยสิ้นเชิง

2. การคิด เมื่อเกิดทักษะ 4 ด้าน รวมกันช่วยให้นวัตกรเกิดการเชื่อมโยง เพื่อบ่มเพาะความรู้ความเข้าใจใหม่ ๆ เป็นเช่นนี้เป็นวัฏจักรต่อเนื่องกันไป

ผู้วิจัยจึงสรุปว่าองค์ประกอบของการคิดเชิงนวัตกรรม ประกอบด้วย การคิด และการลงมือทำ

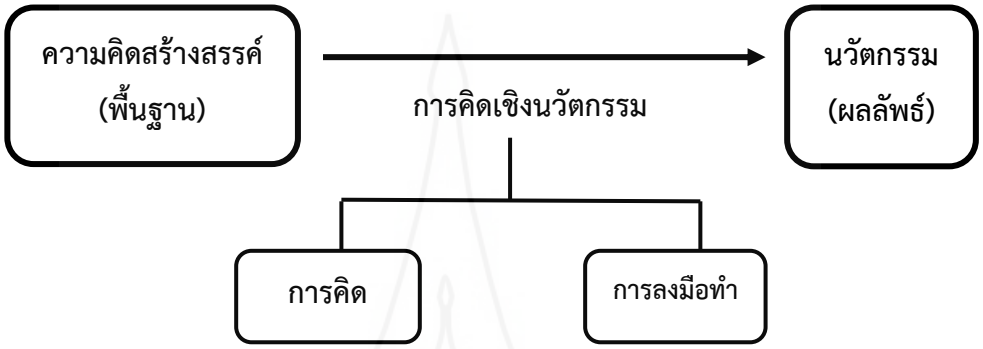
1. การคิด คือ ความสามารถในการตั้งคำถาม อันมาจากความสงสัยใคร่รู้ จากนั้นจึงเชื่อมโยงสิ่งต่าง ๆ จากประสบการณ์และความรู้เดิมของตนเอง เป็นการคิดอย่างอิสระ ปราศจากเงื่อนไขและกรอบใด ๆ ตามจินตนาการ ซึ่งสามารถสะท้อนความคิดนั้นออกมาในลักษณะ ภาพวาด 2-3 มิติ หรือการออกแบบด้วยโปรแกรม 3 มิติ หรือการทำภาพปะติด เป็นต้น

2. การลงมือทำ คือ การสร้างสรรค์ชิ้นงาน อาจจะเป็นชิ้นงานจริง หรือแบบจำลอง เพื่อใช้ทดสอบความคิดนั้นว่าสามารถแก้ปัญหาได้หรือไม่

การคิดเชิงนวัตกรรมอาจมาจากภายในตัวบุคคลเพียง 1 คน หรือเกิดจากการระดมสมองของคนหลายคนก็ได้

2.3 วิธีการพัฒนาทักษะการคิดเชิงนวัตกรรมและความคิดสร้างสรรค์

จากการศึกษาความหมายของการคิดเชิงนวัตกรรมและองค์ประกอบของการคิดเชิงนวัตกรรม พบว่า การคิดเชิงนวัตกรรมจะเกิดขึ้นได้ต้องอาศัยความคิดสร้างสรรค์เป็นพื้นฐาน ซึ่งผู้วิจัยจึงได้สังเคราะห์ออกมาเป็นแผนภาพ ดังภาพที่ 2.1



ภาพที่ 2.1 แสดงกระบวนการสร้างนวัตกรรม

ดังนั้นการจะทำให้ผู้เรียนสร้างนวัตกรรมได้ต้องอาศัยการพัฒนาทักษะการคิดเชิงนวัตกรรมและความคิดสร้างสรรค์ไปพร้อม ๆ กัน โดย

ลีนช์ (Lynch, 2018) ได้เขียนบทความลงในเว็ปไซด์กล่าวถึง 10 วิธี ที่ครูผู้สอนจะสอนให้ผู้เรียนเป็นผู้มีการคิดเชิงนวัตกรรมและความคิดสร้างสรรค์ ดังนี้

1. ให้นักเรียนถามคำถาม (Let Students Ask Questions) โดยครูผู้สอนจะต้องให้ผู้เรียนถามคำถาม แต่อย่าเร่งรัดเอาคำตอบจากผู้เรียน ต้องให้เวลาผู้เรียนได้คิด ครูต้องให้ความสำคัญกับการถามของผู้เรียน ให้ผู้เรียนกล้าที่จะถามและค้นคว้าคำตอบด้วยตนเองให้บ่อยที่สุด

2. จัดกิจกรรมการเรียนรู้ให้ผู้เรียนลงมือปฏิบัติด้วยตนเองอย่างสม่ำเสมอ (Make Hands-On Learning a Regular Event) เมื่อผู้เรียนได้รับการกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยการลงมือปฏิบัติอย่างสม่ำเสมอ ผู้เรียนจะมีโอกาสในการเรียนรู้ผ่านประสบการณ์ของตนเองแทนที่จะเป็นตำราเรียนทำให้ผู้เรียนเกิดทักษะการคิดเชิงนวัตกรรมได้มากขึ้น

3. แนะนำให้ผู้เรียนรู้จักนวัตกรที่มีชื่อเสียง (Introduce Students to Famous Innovators) โดยครูผู้สอนต้องแสดงให้นักเรียนเห็นว่าเหตุใดนวัตกรรมจึงมีความสำคัญ และแนะนำผู้เรียนรู้จักกับนวัตกรหรือนักประดิษฐ์ที่มีชื่อเสียง ด้วยสื่อสารสนเทศ เช่น บทสัมภาษณ์ของนวัตกรที่เป็นที่รู้จักผ่าน รายการโทรทัศน์ หรือวิดีทัศน์ผ่านสังคมออนไลน์ เช่น Youtube หรือ Facebook เป็นต้น ผู้เรียนได้ได้รับฟังบทสัมภาษณ์หรือสุนทรพจน์ ที่เป็นแรงบันดาลใจ วิธีคิด และการนำไปใช้จริง

4. สร้างสภาพแวดล้อมในห้องเรียนอย่างสร้างสรรค์ (Create a Creative Classroom Environment) โดยการจัดสภาพแวดล้อมภายในห้องเรียนให้ผู้เรียนเกิดความคิดสร้างสรรค์ เช่น การสร้างห้องเรียนแบบ STEM ที่มีเทคโนโลยีและอุปกรณ์เพื่อเปิดโอกาสในการเรียนรู้ที่สูงขึ้นของผู้เรียน มีสร้างมุมในการเรียนรู้ที่ทำให้ผู้เรียนเกิดความคิดสร้างสรรค์ ผู้เรียนจะสามารถคิดและสร้างนวัตกรรมได้

5. ให้เวลาผู้เรียนสร้างสรรค์นวัตกรรม (Allow Time for Innovation and Creativity) นอกเหนือจาก การจัดสภาพแวดล้อมในห้องเรียนแล้ว การเรียนรู้ของผู้เรียนมักถูกจำกัดเวลาด้วยตารางเรียน ซึ่งไม่เพียงพอสำหรับการสร้างนวัตกรรม ดังนั้น ผู้สอนต้องให้เวลาแก่ผู้เรียนได้คิดอย่างสร้างสรรค์ในช่วงนอกเวลาเรียนด้วย

6. ให้อิสระแก่ผู้เรียนในการเลือก (Give Students Freedom of Choice) ให้ผู้เรียนมีอิสระในการเลือกตามความเป็นไปได้ เช่น เมื่อผู้สอนสั่งให้ผู้เรียนทำโครงงาน มีผู้เรียนคนหนึ่งชอบเทคโนโลยีหรือคอมพิวเตอร์ ก็ควรให้ผู้เรียนได้สร้างชิ้นงานตามความถนัดหรือความสนใจของผู้เรียน ไม่ควรไปบังคับผู้เรียน

7. ส่งเสริมความร่วมมือ (Encourage Collaboration) โดยให้ผู้เรียนปรึกษาและแสดงความคิดเห็นภายในกลุ่ม เมื่อมีปัญหาก็ให้ร่วมมือกันแก้ไข ซึ่งการทำงานเป็นทีมจะทำให้ผู้เรียนมีแนวโน้มที่จะเกิดความคิดสร้างสรรค์และการคิดเชิงนวัตกรรม ซึ่งเป็นทักษะสำคัญในการสร้างนวัตกรรม

8. เสริมสร้างแรงบันดาลใจหรือแรงจูงใจให้กับผู้เรียน (Feed Students an Inspirational Diet) ความคิดสร้างสรรค์อันเป็นพื้นฐานของการคิดเชิงนวัตกรรมจะเกิดขึ้นได้ต้องอาศัยการเสริมแรงทางบวก การสร้างแรงบันดาลใจที่จะกระตุ้นให้เกิดความคิดสร้างสรรค์ สามารถทำได้หลายวิธี เช่น การเปิดเพลงในห้องเรียน การให้ผู้เรียนทำงานที่เกี่ยวข้องกับศิลปะ การพาผู้เรียนไปทำงานนอกห้องเรียน

9. การแกล้งทำซ้ำ ๆ (Pretend, Pretend, Pretend) ระหว่างทางที่ครูจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ผู้สอนและผู้เรียนจะต้องไม่เรียนอย่างจริงจังมากเกินไป ต้องจัดกิจกรรมให้เหมือนการเล่น

10. ผู้สอนต้องรู้วิธีการประเมินผล (Reassess How You Assess) เพื่อให้ผู้เรียนตระหนักถึงคุณค่า และความสำคัญของนวักตกรรม ผู้สอนต้องมีวิธีการประเมินผลที่มีประสิทธิภาพ อาจจะเป็นการประเมินชิ้นงานตามสภาพจริง โดยใช้วิธีประเมินค่า (Rubrics) สำหรับการสร้างชิ้นงานที่เป็นนวัตกรรม

สรุปได้ว่า การสร้างผู้เรียนให้มีทักษะการคิดเชิงนวัตกรรมเพื่อพัฒนาผู้เรียนให้เป็นนวัตกรนั้น ผู้สอนจะต้องจัดการเรียนรู้ที่สร้างบันดาลใจให้ผู้เรียนสนใจที่จะเป็นนวัตกร ทั้งสภาพแวดล้อม บรรยากาศ ภายในชั้นเรียนและนอกชั้นเรียนที่กระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดทักษะความคิดสร้างสรรค์ เน้นการลงมือปฏิบัติ ให้อิสระและเวลาในการคิดและสร้างชิ้นงานแก่ผู้เรียน รวมทั้งมีวิธีการประเมินผลชิ้นงานที่มีประสิทธิภาพ เพื่อให้ผู้เรียนสารมารถสร้างนวัตกรรมได้

2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องในประเทศไทยและต่างประเทศ

2.4.1 งานวิจัยในประเทศไทย

เนื่องจากการคิดเชิงนวัตกรรมที่เป็นทักษะในศตวรรษที่ 21 และการจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษาที่เกี่ยวข้องกับการคิดเชิงนวัตกรรม ยังไม่มีงานวิจัยของประเทศไทยในด้านนี้ ดังนั้นผู้วิจัยจึงศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่พัฒนาทักษะการคิดขั้นสูงด้านอื่น เช่น ทักษะการแก้ปัญหา ความคิดสร้างสรรค์ การคิดวิเคราะห์ เป็นต้น ซึ่งเป็นทักษะในศตวรรษที่ 21 ดังต่อไปนี้

กมลทิพย์ สำราญจักร (2557) ศึกษาการพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาเพื่อส่งเสริมความสามารถในการคิดวิเคราะห์ เรื่อง โมเมนตัมและการชน สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 มีจุดมุ่งหมายคือ 1) เพื่อสร้างและหาค่าดัชนีประสิทธิผลของกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาเพื่อส่งเสริมความสามารถในการคิดวิเคราะห์ และเปรียบเทียบความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ใช้ระเบียบวิธีวิจัยแบบการวิจัยและพัฒนา มี 2 ขั้นตอน ดังนี้ ขั้นตอนที่ 1 การสร้างและหาค่าดัชนีประสิทธิผลของกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาเพื่อส่งเสริมความสามารถในการคิดวิเคราะห์ ดำเนินการสร้างกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาซึ่งใช้หลักการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5Es) เป็นหลักแล้วบูรณาการการใช้เทคโนโลยีในการสืบค้นหาข้อมูลมาออกแบบหรือจำลอง การใช้หลักการวิศวกรรมในการออกแบบการทดลองเพื่อให้ได้ชิ้นงาน และการใช้คณิตศาสตร์ในการวัดและคำนวณหาความสัมพันธ์ของตัวแปรต่าง ๆ แล้วนำไปพิจารณาความเหมาะสมของกิจกรรมการเรียนเรียนรู้และแผนการจัดการเรียนรู้จากผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน และนำไปให้นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 3 คน ตรวจสอบความเหมาะสมของเนื้อหา ภาษา และเวลา หลังจากนั้นนำกิจกรรมการเรียนรู้ไปทดลองใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/1 โรงเรียนเทศบาลวัดไทยชุมพล (ดำรงประชาสรรค์) สาธิตมหาวิทยาลัยรามคำแหง จำนวน 36 คน เพื่อหาดัชนีประสิทธิผลของกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เครื่องมือที่ใช้ประกอบด้วย กิจกรรมการเรียนรู้ 4 กิจกรรม แบบประเมินกิจกรรมการเรียนรู้ และแผนการจัดการเรียนรู้ สถิติที่ใช้ ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าดัชนีประสิทธิผล (E.I) ขั้นตอนที่ 2 การเปรียบเทียบความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/2 จำนวน 36 คน ซึ่งได้มาจากการเลือกแบบเจาะจง แบบแผนที่ใช้ในการทดลอง คือ One-Group Pretest-Posttest Design เครื่องมือที่ใช้ประกอบด้วย แบบวัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์ สถิติที่ใช้ ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และการทดสอบค่าที (t-test dependent) ผลการศึกษาค้นคว้าพบว่า 1) กิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาเพื่อส่งเสริมความสามารถในการคิดวิเคราะห์ เรื่อง โมเมนตัมและการชน สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 มีขั้นตอนการเรียนรู้เป็น 5 ขั้น ดังนี้ ขั้นที่ 1 ขั้นสร้างความสนใจ เป็นการนำเข้าสู่บทเรียนซึ่งอาจใช้การ

อภิปรายภายในกลุ่มเรื่องที่น่าสนใจ และกระตุ้นให้นักเรียนสร้างคำถาม กำหนดประเด็นที่จะศึกษา ขั้นที่ 2 ขั้นสำรวจและค้นหา เป็นการวางแผนกำหนดแนวทางการสำรวจตรวจสอบ ตั้งสมมติฐานกำหนดทางเลือกที่เป็นไปได้ลงมือปฏิบัติเพื่อเก็บข้อมูลสนเทศหรือปรากฏการณ์ต่าง ๆ วิธีการตรวจสอบอาจใช้ได้หลายวิธี เช่น ทำการทดลอง ทำกิจกรรมภาคสนาม การใช้คอมพิวเตอร์ จากเอกสารหรือแหล่งข้อมูลอื่น ๆ เพื่อให้ได้ข้อมูลเพียงพอที่จะใช้ในขั้นต่อไป ขั้นที่ 3 ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป เมื่อได้ข้อมูลที่เพียงพอจากการสำรวจตรวจสอบแล้วจึงนำข้อมูลสนเทศที่ได้มาวิเคราะห์ แปลผล สรุปผล และนำเสนอในรูปแบบต่าง ๆ เช่น การบรรยายสรุป การสร้างตาราง การวาดภาพ เป็นต้น ขั้นที่ 4 ขั้นขยายความรู้ เป็นการนำความรู้ที่สร้างขึ้นไปเชื่อมโยงกับความรู้เดิมหรือแนวคิดที่ได้ค้นคว้าเพิ่มเติมหรือข้อสรุปที่ได้ไปใช้อธิบายสถานการณ์ หรือเหตุการณ์อื่น ๆ ถ้าใช้อธิบายเรื่องต่าง ๆ ได้มากก็แสดงว่าข้อจำกัดน้อยซึ่งจะช่วยให้เชื่อมโยงกับเรื่องต่าง ๆ และทำให้เกิดความรู้กว้างขวางขึ้น ขั้นที่ 5 ขั้นประเมิน เป็นการประเมินการเรียนรู้ด้วยกระบวนการต่าง ๆ ว่านักเรียนมีความรู้อะไร อย่างไร และมากน้อยเพียงใด ซึ่งในแต่ละขั้นตอนมีการใช้เทคโนโลยีในการสืบค้นหาข้อมูลมาออกแบบหรือจำลอง ออกแบบการทดลอง และสร้างชิ้นงานโดยใช้หลักการทางวิศวกรรม และวัดระยะทาง ความสูง คำนวณหาความสัมพันธ์ของตัวแปรต่าง ๆ โดยใช้คณิตศาสตร์ ผลการพิจารณาความเหมาะสม พบว่า ความเหมาะสมอยู่ในระดับมาก มีค่าเฉลี่ย 4.22 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เป็น 0.50 และมีดัชนีประสิทธิผลเท่ากับ 0.5604 และ2) ความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนโดยใช้กิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาเพื่อส่งเสริมความสามารถในการคิดวิเคราะห์ เรื่อง โมเมนตัมและการชน สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .01

นัสรินทร์ บือซา (2557) ศึกษาผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา (STEM Education) ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา ความสามารถในการแก้ปัญหา และความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 มีกลุ่มตัวอย่างในการวิจัยเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/1 กำลังศึกษาในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2557 โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ อำเภอเมือง จังหวัดปัตตานี จำนวน 1 ห้องเรียน นักเรียน 39 คน ซึ่งได้จากวิธีสุ่มอย่างง่ายด้วยการจับสลาก (Simple Random Sampling) โดยใช้เวลาในการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา 18 ชั่วโมง เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ประกอบด้วย แผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาที่มีขั้นตอนการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ เรื่อง การสืบพันธุ์ของพืชดอกและการเจริญเติบโต แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา แบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหา แบบวัดความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้แบบบันทึกภาคสนามและแบบสัมภาษณ์ ซึ่งดำเนินการทดลองแบบกลุ่มทดลองหนึ่งกลุ่ม วัดผลก่อนและหลังการทดลอง (One group Pretest-Posttest Design) วิเคราะห์ข้อมูลโดยหาค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และการทดสอบค่าทีชนิดกลุ่มตัวอย่างไม่เป็นอิสระต่อกัน(t-test dependent group) ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษามีคะแนนพัฒนาการ ร้อยละ 41.03 อยู่ในระดับต้น ร้อยละ 30.77 อยู่ในระดับปานกลาง ร้อยละ20.51 อยู่ในระดับสูง และร้อยละ 7.69

อยู่ในระดับสูงมาก นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยาความสามารถในการแก้ปัญหา หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระดับ .01 และนักเรียนมีความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา (STEM Education) อยู่ในระดับมาก

ราวรรณ์ ทิลานันท์ (2558) ศึกษาการจัดการเรียนรู้แบบโครงงานสะเต็มศึกษาที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์และความสามารถด้านความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 มีจุดมุ่งหมายเพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบโครงงานสะเต็มศึกษาระหว่างก่อนเรียนกับหลัง เรียน และศึกษาความสามารถด้านความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบโครงงานสะเต็มศึกษา กลุ่มตัวอย่างได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปี ที่ 6 โรงเรียนสรรเพชญอัฏฐมา-พิทยาคม สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 41 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2558 จำนวน 22 คน ซึ่งได้มาจาก การสุ่มตัวอย่างอย่างง่าย ใช้เวลาในการทดลองจำนวน 18 ชั่วโมง เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วย แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบโครงงาน สะเต็มศึกษา จำนวน 6 แผน ที่มีคุณภาพเหมาะสมมากที่สุด แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์เป็นแบบปรนัย 40 ข้อ ซึ่งมีความตรงเชิงเนื้อหา มีค่าอำนาจจำแนกระหว่าง 0.35-0.77 ค่าความยากง่ายระหว่าง 0.23-0.46 และค่าความเที่ยง 0.69 และแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ จำนวน 3 กิจกรรม มีค่าอำนาจจำแนก 16.9, 11.10 และ 20.79 ตามลำดับ ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.74 ผลการวิจัยพบว่า 1) นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบโครงงานสะเต็มศึกษามีคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญ ทางสถิติที่ .05 และ 2) นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบโครงงานสะเต็มศึกษามีความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ โดยมีคะแนนเฉลี่ย 33.77 คะแนน ด้านความคิดคล่อง มีคะแนนเฉลี่ย 13.77 คะแนน ด้านความคิดยืดหยุ่น มีคะแนนเฉลี่ย 10.77 คะแนน และด้านความคิดริเริ่ม มีคะแนนเฉลี่ย 9.23 คะแนน ตามลำดับ

ฐิติลักษณ์ วัฒนศิริ (2559) ศึกษาการสร้างชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์โดยใช้การเรียนการสอนตามแนว STEM ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนชลกันยานุกูล จังหวัดชลบุรี มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โดยใช้การเรียนการสอนตามแนว STEM เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ และเจตคติทางวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนและหลังเรียน เรื่อง พลังงานความร้อนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ประชากรที่ใช้ในการวิจัย คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ภาคเรียนที่ 2 โรงเรียนชลกันยานุกูล จังหวัดชลบุรี กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนชลกันยานุกูล จังหวัดชลบุรี จำนวน 42 คน ได้มาจากการสุ่มตัวอย่างแบบกลุ่ม (Cluster random sampling) เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ ชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โดยใช้การเรียนการสอนตามแนว STEM แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง

พลังงานความร้อน แบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ และแบบวัดเจตคติทางวิทยาศาสตร์ วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติ t-test แบบกลุ่มตัวอย่างไม่เป็นอิสระต่อกัน ผลการวิจัยพบว่า 1) ชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โดยใช้การเรียนการสอนตามแนว STEM ของนักเรียนชั้น มัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่สร้างขึ้น จำนวน 4 ชุดกิจกรรม คือ ชุดที่ 1 เรื่อง อุณหภูมิกับการวัดอุณหภูมิ ชุดที่ 2 เรื่อง การถ่ายโอนความร้อน ชุดที่ 3 เรื่อง การดูดกลืนและคายความร้อนของวัตถุ ชุดที่ 4 เรื่อง สมดุลความร้อนและผลของความร้อนต่อการขยายตัวของวัตถุ มีความเหมาะสมในระดับมาก (ค่าเฉลยี่ 4.24) 2) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรายวิชาวิทยาศาสตร์ เรื่อง พลังงานความร้อน หลังเรียนด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์สูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 3) ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 หลังเรียนด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์สูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และ 4) เจตคติทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 หลังเรียนด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์สูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

อับดุลยามีน หะยีขาเดร์ (2559) ศึกษาผลของการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็ม ศึกษาที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ และความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยกลุ่มตัวอย่างในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/3 ที่กำลังศึกษาในรายวิชาชีววิทยา ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2559 โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ อ.เมือง จ.ปัตตานี จำนวน 48 คน ซึ่งได้จากการสุ่มตัวอย่างอย่างง่าย (Sample Random Sampling) โดยกำหนดให้ห้องเรียนเป็นหน่วยในการสุ่มสำหรับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาใช้ระยะเวลาในการวิจัย 18 ชั่วโมง เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วย แผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เรื่อง โครงสร้างและหน้าที่ของพืชดอก แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา แบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ แบบวัดความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ และแบบบันทึกภาคสนามของผู้วิจัยสำหรับแบบแผนในการทดลองครั้งนี้ ได้ใช้การทดลองแบบกลุ่มทดลองกลุ่มเดียววัดผลก่อนและหลังการทดลอง (One group Pretest-Posttest Design) วิเคราะห์ข้อมูลโดยหาค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และการทดสอบค่าทีชนิดกลุ่มตัวอย่างไม่เป็นอิสระต่อกัน (t-test dependent group) ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษามีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระดับ .01 และมีความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ในระดับมาก

อาทิตย์ ฉิมกุล (2559) ศึกษาผลของการจัดการเรียนรู้ชีววิทยาตามแนวคิดสะเต็มศึกษาที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหา และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยาของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) วิเคราะห์ความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนหลังเรียนรู้ชีววิทยาตามแนวคิดสะเต็มศึกษา 2) เปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนก่อนและหลังเรียนรู้ชีววิทยา และ 3) วิเคราะห์ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยาของนักเรียน

หลังเรียนหลังเรียนรู้ชีววิทยาตามแนวคิดสะเต็มศึกษา กลุ่มที่ศึกษา คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนมัธยมศึกษาขนาดใหญ่พิเศษแห่งหนึ่ง เขตวังทองหลาง จังหวัดกรุงเทพมหานคร จำนวน 42 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ 1) แบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาก่อนเรียน 2) แบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาหลังเรียน และ 3) แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา วิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติค่าเฉลี่ยเลขคณิต ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และการทดสอบทีแบบกลุ่มที่ศึกษาไม่เป็นอิสระต่อกัน ผลการวิจัยสรุปได้ดังนี้ 1) นักเรียนที่เรียนรู้ชีววิทยาตามแนวคิดสะเต็มศึกษาที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาหลังเรียนเท่ากับ 76.35 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ คือ ร้อยละ 75 จัดอยู่ในระดับดีมาก 2) นักเรียนที่เรียนรู้ชีววิทยาตามแนวคิดสะเต็มศึกษามีคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการแก้ปัญหาหลังเรียนสูงกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และ 3) นักเรียนที่เรียนรู้ชีววิทยาตามแนวคิดสะเต็มศึกษามีร้อยละคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยาหลังเรียนเท่ากับ 75.65 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ คือ ร้อยละ 70 จัดอยู่ในระดับดี

อาทิตยา พูนเรือง และคณะ (2559) ศึกษาการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง เคมีที่เป็นพื้นฐานของสิ่งมีชีวิต โดยการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 มีจุดประสงค์เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน เรื่อง เคมีที่เป็นพื้นฐานของสิ่งมีชีวิต ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา กลุ่มที่ศึกษาเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 30 คน ที่ชักตัวอย่างแบบเจาะจงจากโรงเรียนขนาดใหญ่แห่งหนึ่งในกรุงเทพมหานคร เครื่องมือที่ใช้ได้แก่ บทปฏิบัติการ (รวมทั้งเรื่อง กรดโฟลิก) แผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และสถิติทีแบบกลุ่มที่ศึกษาที่ไม่เป็นอิสระต่อกัน ผลการวิจัย พบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน ($p < .05$)

ธิรดา ถาวรทัศนกิจ (2560) ศึกษาการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาเพื่อสร้างสรรค์ชิ้นงานสิ่งประดิษฐ์ด้วยวงจรไฟฟ้าเบื้องต้นของนักเรียนระดับชั้น ปวช.2 มีวัตถุประสงค์ 1) เพื่อเปรียบเทียบความคิดสร้างสรรค์ก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนปวช. 2 ที่เรียนโดยการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เรื่อง การต่อวงจรไฟฟ้า และ 2) เพื่อศึกษาความคิดเห็นของนักเรียนที่มีผลต่อการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา ประชากรที่ใช้ในการวิจัยในครั้งนี้เป็นนักเรียนประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นปีที่ 2 สาขาการบัญชี วิทยาลัยเทคโนโลยีพณิชยการราชดำเนิน ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2560 จำนวน 78 คน กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นปีที่ 2 สาขาการบัญชี วิทยาลัยเทคโนโลยีพณิชยการราชดำเนิน ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2560 จำนวน 12 คน โดยวิธีเลือกแบบเจาะจง เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยคือ 1) แผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เรื่อง การ

ต่อวงจรไฟฟ้า มีการบูรณาการ STEM ดังนี้ 1. S : การเรียนเนื้อหา เรื่องการต่อวงจรไฟฟ้า 2. T : ใช้หลอดไดโอดเปล่งแสง (LED) 3. E : การออกแบบสร้างชิ้นงาน 4. M : คำนวณการใช้ไฟฟ้าของหลอดไดโอดเปล่งแสง โดยในแต่ละแผนจะใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน (Schacher, 2012, p. 45) ดังนี้ 1. ขั้นตั้งคำถาม (Ask) นักเรียนศึกษาข้อมูล หาคำตอบ 2. ขั้นจินตนาการ (Imagine) ร่างออกแบบ รูปร่าง ของแบบหลายๆ แบบ เพื่อช่วยกันตัดสินใจเลือกแบบที่สวยงามเหมาะสม และใช้งบสร้างถูกที่สุด 3. ขั้นวางแผน (Plan) ระดมสมอง แบ่งงานในกลุ่ม เลือกซื้อวัสดุ 4. ขั้นสร้าง (Create) ลงมือสร้างสิ่งประดิษฐ์ 5. ขั้นปรับปรุง (Improve) ปรับปรุงชิ้นงานให้สมบูรณ์ขึ้น 2) แบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ จำนวน 3 ข้อ เป็นข้อสอบแบบอัตนัย ใช้แบบทดสอบชุดเดียวกัน วัดก่อนและหลังเรียน 3) แบบประเมินความคิดสร้างสรรค์ของชิ้นงานนักเรียน โดยใช้สถิติค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ยเลขคณิต ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าสถิติแบบ t-test for Dependent Samples ผลการวิจัยพบว่า 1) นักเรียนที่เรียนโดยการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ตามแนวคิดสะเต็มศึกษามีคะแนนความคิดสร้างสรรค์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 โดยมีคะแนนเฉลี่ย 7.92 คิดเป็นร้อยละ 79.17 แสดงว่าการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาส่งผลให้นักเรียนมีความคิดสร้างสรรค์ และได้นำแนวคิดและการออกแบบสร้างสิ่งประดิษฐ์ได้รับรางวัล ชนะเลิศเหรียญทองแดง ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ การประกวดโครงงานวิทยาศาสตร์สมาคมวิทยาศาสตร์ฯ-อาชีวศึกษา-เอสโซ่ ระดับภาคตะวันออกและกรุงเทพมหานคร ครั้งที่ 27 (วันที่ 12-14 ก.ค.2560) 2) ความพึงพอใจในการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา มีค่าเฉลี่ยรวม = 4.66 และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานรวม = 0.46 อยู่ในเกณฑ์ มากที่สุด จากการพิจารณาเป็นรายข้อพบว่านักเรียนมีความพึงพอใจมากที่สุด คือ ประโยชน์ที่ได้รับโดยมีค่าเฉลี่ย 4.71 และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.44

ฐายิกา ชูสุวรรณ และทวีศักดิ์ จินดานุรักษ์ (2561) ศึกษาการสอนวิชาฟิสิกส์โดยใช้แนวการจัดการศึกษาแบบสะเต็ม เรื่อง แสง ที่มีผลต่อทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และเจตคติทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนมัธยมขนาดกลาง จังหวัดพระนครศรีอยุธยา การศึกษา เปรียบเทียบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนบางไทรวิทยา อำเภอบางไทร จังหวัดพระนครศรีอยุธยา ก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยกิจกรรมการเรียนการสอนวิชาฟิสิกส์โดยใช้แนวทางการจัดการศึกษาแบบสะเต็ม เรื่อง แสง และการศึกษาเปรียบเทียบเจตคติทางวิทยาศาสตร์ ด้วยกิจกรรมการเรียนการสอนวิชาฟิสิกส์ โดยใช้แนวทางการจัดการศึกษาแบบสะเต็ม เรื่อง แสง ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนบางไทรวิทยาอำเภอบางไทร จังหวัดพระนครศรีอยุธยา ก่อนเรียนและหลังเรียน โดยใช้เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล ได้แก่ แบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ แบบวัดเจตคติทางวิทยาศาสตร์ สถิติที่ใช้ในการหาข้อมูล ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และการทดสอบค่าที กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนบางไทรวิทยา จังหวัดพระนครศรีอยุธยา จำนวน 38 คน ได้มาจากการสุ่มแบบกลุ่ม จากโรงเรียนขนาดกลาง ในจังหวัดพระนครศรีอยุธยา เครื่องมือที่ในการวิจัย ได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้วิชาฟิสิกส์โดยใช้แนวการจัด

การศึกษาแบบสะเต็ม ผลการวิจัยพบว่า ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนมัธยมขนาดกลาง ที่เรียนภายใต้การจัดการเรียนรู้โดยใช้แนวทางการจัดการศึกษาแบบสะเต็ม หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ.05 และ เจตคติทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนดังกล่าว ที่เรียนภายใต้การจัดการเรียนรู้โดยใช้แนวทางการจัดการศึกษาแบบสะเต็ม หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ .05

ธนวรรธณ์ ศรีวิบูลย์รัตน์ และอังคณา อ่อนธานี (2562) ศึกษาการพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาเพื่อพัฒนาความสามารถในการคิดแก้ปัญหา เรื่อง งานและพลังงาน รายวิชาฟิสิกส์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา และเพื่อพัฒนาความสามารถในการคิดแก้ปัญหา เรื่อง งานและพลังงาน กลุ่มตัวอย่าง คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนเพชรพิทยาคม จำนวน 36 คน เครื่องมือวิจัย คือ แบบประเมินความเหมาะสมของกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา แบบวัดความสามารถในการคิดแก้ปัญหา และแบบประเมินผลงานนักเรียน วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่า E1/E2 และเปรียบเทียบความสามารถในการคิดแก้ปัญหา เรื่อง งานและ พลังงาน ระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ผลการวิจัยพบว่า กิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษามีประสิทธิภาพ 79.03/78.47 ซึ่งผ่านเกณฑ์ 75/75 ความสามารถในการคิดแก้ปัญหาของนักเรียนกลุ่มตัวอย่างหลังเรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาสูงกว่าก่อนเรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 คุณภาพผลงานของนักเรียนอยู่ในระดับดี

จากเอกสารงานวิจัยดังกล่าวสามารถสรุปได้ว่า การจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษาที่ผนวกเข้าไปในการจัดการเรียนรู้รูปแบบต่าง ๆ เช่น แบบโครงงาน หรือแบบการสืบเสาะหาความรู้ (5Es) หรือการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา มีผลต่อการพัฒนาทักษะการคิดขั้นสูงของผู้เรียน ได้แก่ ทักษะการวิเคราะห์ ทักษะการแก้ปัญหา ทักษะความคิดสร้างสรรค์ รวมทั้งพัฒนากระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งทักษะเหล่านี้เป็นทักษะที่จำเป็นต้องใช้ในการคิดเชิงนวัตกรรม ดังจะเห็นได้จากผลคะแนนการเปรียบเทียบทักษะต่าง ๆ ของการจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษาหลังเรียนจะสูงกว่าก่อนเรียน และสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานเสมอ

2.4.1 งานวิจัยในต่างประเทศ

เนื่องจากงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับกับการคิดเชิงนวัตกรรม มีหลากหลายรูปแบบโดยส่วนใหญ่เป็นงานวิจัยในระดับอุดมศึกษา ผู้วิจัยจึงได้เลือกศึกษางานวิจัยที่มีบริบทใกล้เคียงและสามารถประยุกต์ใช้กับนักเรียนไทย ได้ดังต่อไปนี้

ออร์เลนดิ (Orlandi, 2010) ได้ศึกษาการออกแบบการจัดการเรียนรู้สำหรับการคิดเชิงนวัตกรรมผ่านกรณีตัวอย่างของบรูโน มูนาริ ศิลปิน นักออกแบบ และนักการศึกษาชาวญี่ปุ่น ที่พัฒนาทักษะการคิดเชิงนวัตกรรมของนักเรียนชาวญี่ปุ่น โดยกล่าวว่า การที่ผู้เรียนจะสร้างนวัตกรรมได้ ต้องมี

ความคิดสร้างสรรค์เป็นพื้นฐาน การจัดการศึกษาต้องเน้นการเรียนรู้ผ่านประสบการณ์ของผู้เรียนจึงจะดีที่สุด เช่น การทดลอง การเล่นเกม และผสมผสานกับศิลปะ ที่เรียกว่า “Play with Art” โดยเสนอวิธีการจัดการเรียนรู้ ดังนี้ (a) ให้ผู้เรียนรู้จักวิธีวิเคราะห์ในการรับรู้และตีความโลก (b) ให้ผู้เรียนทำความเข้าใจความสัมพันธ์ระหว่างธรรมชาติกับสิ่งประดิษฐ์ (c) ต้องทำการวิจัยอย่างต่อเนื่องมุ่งเน้นไปที่กระบวนการที่ไม่ได้อยู่ในการแก้ปัญหาขั้นสุดท้าย (d) ใช้ความอยากรู้อยากเห็นอันเป็นธรรมชาติของการเล่นเป็นวิธีการสอน และI การประชุมเชิงปฏิบัติอย่างสร้างสรรค์ มีการทดลอง หาข้อผิดพลาด และปรับแก้ไขวิธีสอน

เมดเวเดวา (Medvedeva, 2011) ได้ศึกษาการพัฒนารูปแบบการคิดและพฤติกรรมเชิงนวัตกรรมของนักเรียนชาวรัสเซีย มีวัตถุประสงค์เพื่ออธิบายลักษณะต่าง ๆ ของการเปลี่ยนแปลงทางสังคมเศรษฐกิจ องค์กรเกิดขึ้นในรัสเซียและสถานการณ์ปัจจุบันโดยใช้ทฤษฎีคอนตรัคติวิสต์ให้เด็กรัสเซียสามารถสร้างองค์ความรู้ได้ผ่านประสบการณ์การเรียนรู้ด้วยตนเอง เป็นแนวทางการศึกษาเพื่อพัฒนาความสามารถเชิงนวัตกรรมของคน เพื่อสร้างสังคมแห่งนวัตกรรม

แอมลิงค์ (Amelink, 2014) ได้ศึกษาการวัดความคิดเชิงนวัตกรรมในกิจกรรมท้าดวลนวัตกรรม (Innovation Challenge Activity) ของนักศึกษาปริญญาตรีในสหรัฐอเมริกาโดยการแบ่งผู้เล่นออกเป็น 2 ทีม ให้สร้างผลิตภัณฑ์ที่เป็นนวัตกรรมอย่างง่ายที่อำนวยความสะดวกและแก้ปัญหาตามสถานการณ์ที่กำหนด ภายในเวลา 4 ชั่วโมง และให้นำเสนอวิธีการแก้ปัญหา และนวัตกรรมที่สร้างขึ้น โดยมีผู้สังเกตการณ์ภายนอกมาประเมินทักษะการคิดเชิงนวัตกรรมผ่านการสังเกตระหว่างกิจกรรมการออกแบบการรับรู้ การสาธิต ทักษะหลังกิจกรรม และให้ข้อข้อสังเกต ร่วมกับการประเมินตนเองของนักศึกษา

สรุปได้ว่า ในต่างประเทศการคิดเชิงนวัตกรรมจัดอยู่ในทักษะการคิดขั้นสูงในระดับปริญญาตรี แต่สามารถนำมาจัดการเรียนรู้ได้ในการศึกษาขั้นพื้นฐานในรูปแบบของการเรียนแบบเล่น ผ่านประสบการณ์และการเรียนรู้ได้ด้วยตนเอง เน้นการเรียนรู้ที่ลงมือปฏิบัติอย่าง Active learning, Hand-on เพื่อกระตุ้นทักษะการคิดอันจะนำไปสู่การสร้างนวัตกรรม การวัดและประเมินผลทักษะจึงต้องใช้การประเมินตามสภาพจริง หรือตามชิ้นงาน

3. เจตคติต่อวิชาวิทยาศาสตร์ (Attitudes Toward Science)

ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสารเกี่ยวกับเจตคติต่อวิชาวิทยาศาสตร์ ดังหัวข้อต่อไปนี้

3.1 ความหมายของเจตคติต่อวิชาวิทยาศาสตร์ (Attitudes Toward Science)

มรีจิ คงทรัตน์ (2553) ระบุว่า เจตคติต่อวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความรู้สึก หรือแนวโน้มพฤติกรรม หรือการกระทำของบุคคลที่มีต่อการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ประกอบด้วยลักษณะของเจตคติ 4 ประการคือ 1) ความสนใจเกี่ยวกับกิจกรรมทางวิทยาศาสตร์ 2) การเห็นความสำคัญและคุณค่าของ

วิทยาศาสตร์ 3) การตระหนักในคุณและโทษของการใช้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี และ4) การเลือกใช้แนวทางหรือวิธีการทางวิทยาศาสตร์ในการคิดและปฏิบัติ

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท., 2556) ได้นิยาม เจตคติต่อวิทยาศาสตร์ ไว้ว่า เป็นความรู้สึกของบุคคลต่อวิทยาศาสตร์ ซึ่งเป็นผลจากการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โดยผ่านกิจกรรมที่หลากหลาย ความรู้สึกดังกล่าว ได้แก่ ความพอใจ ความศรัทธาและซาบซึ้ง เห็นคุณค่าและประโยชน์ ตระหนักในคุณและโทษ ความตั้งใจเรียนและเข้าร่วมกิจกรรมทางวิทยาศาสตร์ การเลือกใช้วิธีทางวิทยาศาสตร์ในการคิดและปฏิบัติ การใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์อย่างมีคุณภาพโดยใคร่ครวญ ไตร่ตรองถึงผลดีและผลเสีย

พิชญานิน ลายเจียร (2557, น. 52) กล่าวว่า เจคติต่อวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความรู้สึกนึกคิด ความคิดเห็น ความรู้เชิงประมาณค่าและแนวโน้มที่นักเรียนจะตอบสนองในทิศทางใดทิศทางหนึ่งของนักเรียนที่มีต่อวิทยาศาสตร์

ปุญญพัฒน์ โคตรบุตร (2560, น.40-41) กล่าวถึง เจตคติต่อการเรียนวิทยาศาสตร์เป็นความรู้สึกนึกคิด พฤติกรรม ค่านิยม ความชอบ ความพึงพอใจ รวมถึงลักษณะหรือนิสัยของบุคคลทางวิทยาศาสตร์ อันเป็นผลมาจากประสบการณ์ และการเรียนรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์ ซึ่งมีอิทธิพลต่อการคิดและการตัดสินใจ โดยพฤติกรรมที่แสดงออกมามีทั้งทางบวกและทางลบ ซึ่งพฤติกรรมเหล่านั้นล้วนเกิดจากการใช้ กระบวนการทางด้านวิทยาศาสตร์

ชนัฎดา ภูโปร่ง (2560) เจตคติต่อวิทยาศาสตร์ หมายถึง อุปนิสัยของบุคคลหรือความรู้สึกนึกคิดมีอิทธิพลทาให้แต่ละคนสนองตอบต่อสิ่งเร้าแตกต่างกันไป โดยมีความรู้สึกด้านอารมณ์ สติปัญญา ความรู้สึก ตลอดทั้งด้านพฤติกรรมเข้ามาเกี่ยวข้อง

จากความหมายข้างต้น ผู้วิจัยจึงสรุปความหมายของเจตคติต่อวิชาวิทยาศาสตร์ ได้ว่าเป็นความรู้สึกและท่าทีของนักเรียนที่มีต่อวิชาวิทยาศาสตร์ในเชิงบวกหรือลบ อันเป็นผลมาจากการเรียนรู้และประสบการณ์ทางวิทยาศาสตร์ที่แตกต่างกัน ส่งผลให้ผู้เรียนแสดงพฤติกรรมในวิชาวิทยาศาสตร์แตกต่างกัน

3.2 องค์ประกอบและคุณลักษณะของเจคติต่อวิทยาศาสตร์

3.2.1 องค์ประกอบของเจตคติ

พลศักดิ์ แสงพรมศรี (2558) กล่าวถึง องค์ประกอบที่ทำให้เกิดเจตคติ มีอยู่ 3 องค์ประกอบ ดังนี้

1. องค์ประกอบด้านพุทธปัญญา หรือ ด้านความรู้เชิงประเมินค่าได้ (Cognitive Component) เกิดขึ้นเมื่อแต่ละบุคคลมีปฏิสัมพันธ์ (Interaction) ต่อสิ่งต่าง ๆ หรือสถานการณ์ต่าง ๆ บุคคลจะเกิดความคิดเห็นต่อสิ่งเหล่านั้นและเกิดการรับรู้ (Perception) และก่อให้เกิดเป็นความรู้และตอบสนองต่อสิ่งต่าง ๆ เหล่านั้น ถูกต้องหรือไม่ถูกต้อง เหมาะสมหรือไม่เหมาะสม ดีหรือไม่ดี เป็นต้น

2. องค์ประกอบด้านความรู้สึก (Effective Component) เกิดจากอารมณ์ของบุคคล ที่มีผลสืบเนื่องจากแนวความคิดต่าง ๆ ถ้าบุคคลมีความคิดที่ดีต่อสิ่งใด ก็จะมีความรู้สึกที่ดีต่อสิ่งนั้น เช่น ความรัก ความโกรธ ความเกลียด ความพอใจ ความไม่พอใจ ชอบหรือไม่ชอบ เป็นต้น

3. องค์ประกอบด้านพฤติกรรม (Behavioral Component) คือ แนวโน้มของบุคคลที่กระทำสิ่งต่าง ๆ อันเป็นผลเนื่องมาจากความคิดและความรู้สึก ซึ่งแสดงออกมาในรูปของการประพฤติปฏิบัติ โดยการยอมรับหรือการปฏิเสธ หรือเฉยๆ เป็นต้น แต่เป็นการกระทำที่สามารถสังเกตเห็นได้

องค์ประกอบเหล่านี้ล้วนมีความสัมพันธ์กันและมีผลต่อการพัฒนาเจตคติเมื่อบุคคลนั้นเกิดการเรียนรู้มีประสบการณ์ มีการติดต่อสัมพันธ์กับบุคคลอื่น การเลียนแบบในสังคม และการปรับตัวให้เข้ากับสังคมสิ่งเหล่านี้รวมอยู่ในรูปแบบเจตคติของแต่ละบุคคล เจตคติจะเกี่ยวข้องกับกระบวนการทางจิตวิทยาสังคมที่สำคัญได้แก่ การจูงใจ การเรียนรู้ การรับรู้

3.2.2 คุณลักษณะของเจตคติต่อวิทยาศาสตร์

Haney (1969 อ้างถึงใน พลศักดิ์ แสงพรมศรี, 2558) กล่าวถึงคุณลักษณะของเจตคติต่อการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ไว้ 3 ลักษณะดังนี้

1. เจตคติที่ทำให้เกิดพฤติกรรมเยี่ยงนักวิทยาศาสตร์ ได้แก่

1.1 ความอยากรู้อยากเห็น หมายถึง ความพอใจที่จะเผชิญกับปัญหาใหม่ ๆ เป็นคนที่มีลักษณะชอบซักถาม ชอบคิด และริเริ่มสิ่งใหม่ๆ

1.2 ความมีเหตุผล หมายถึง การใช้เหตุผลในการอธิบายปรากฏการณ์ทางธรรมชาติ โดยไม่เชื่อสิ่งศักดิ์สิทธิ์ต่าง ๆ

1.3 มีความรอบครอบในการลงข้อสรุป หรือตัดสินใจ หรือความรอบครอบหมายถึง การไม่รีบตัดสินใจหรือลงข้อสรุปโดยปราศจากข้อมูลสนับสนุนเพียงพอ

2. เจตคติเกี่ยวกับการยอมรับความคิดเห็นใหม่ๆ ได้แก่

2.1 ความมีใจกว้าง หมายถึง ความเต็มใจที่เปลี่ยนแปลงความคิดเห็นของตัวเอง

2.2 การใช้ความคิดเชิงวิพากษ์วิจารณ์ หมายถึง ความพยายามที่จะหาข้อมูลสนับสนุนหลักฐานอ้างอิงต่าง ๆ ก่อนที่จะยอมรับความคิดเห็นใด ๆ รู้จักโต้แย้งและหลักฐานสนับสนุนความคิดเห็นของตนเอง

2.3 มีความเป็นปรนัย หมายถึง การเป็นปรนัย หรือความถูกต้อง เที่ยงตรงในการรวบรวมข้อมูล การจัดกระทำข้อมูล การตีความหมายโดยไม่ใช้ความคิดเห็นส่วนตัวเข้าไปเกี่ยวข้อง

3. เจตคติที่เกี่ยวกับโลกทัศน์ของแต่ละบุคคล ได้แก่ การยอมรับในข้อจำกัด หมายถึง การยอมรับในข้อจำกัดของการแสวงหาความรู้ ความจริง ที่ค้นพบวันนี้อาจเปลี่ยนแปลงได้ในวันหน้า

บัญชา แสนทวี และคณะ (2551 อ้างถึงใน พลศักดิ์ แสงพรมศรี, 2558) ได้กล่าวถึงคุณลักษณะของเจตคติต่อวิทยาศาสตร์ว่าประกอบด้วย

1. พอใจในประสบการณ์การเรียนรู้ที่เกี่ยวกับวิทยาศาสตร์
2. ศรัทธาและซาบซึ้งในผลงานทางวิทยาศาสตร์
3. เห็นคุณค่าและประโยชน์ของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
4. ตระหนักในคุณและโทษของการใช้เทคโนโลยี
5. เรียนหรือเข้าร่วมกิจกรรมทางวิทยาศาสตร์อย่างสนุกสนาน
6. เลือกใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ในการคิดและปฏิบัติ
7. ตั้งใจเรียนวิชาวิทยาศาสตร์
8. ใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอย่างมีคุณธรรม
9. ใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีโดยใคร่ครวญ ไตร่ตรองถึงผลดีและผลเสีย

ผู้วิจัยสามารถสรุปองค์ประกอบ และคุณลักษณะของเจตคติ ได้ว่า เจตคติประกอบด้วย 3 องค์ประกอบใหญ่ ได้แก่ 1) ด้านความรู้ 2) ด้านความรู้สึก และ3) ด้านพฤติกรรม ที่รวมอยู่ในตัวบุคคลและมีความสัมพันธ์กัน เมื่อรวมกับคุณลักษณะของเจตคติต่อวิทยาศาสตร์ แล้ว ผู้วิจัยจึงแบ่งองค์ประกอบออกเป็น 5 ด้าน ดังนี้ 1) ด้านความรู้สึกต่อวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความรู้สึกนึกคิด อารมณ์การเรียนรู้และพฤติกรรมที่นักเรียนแสดงออกมาซึ่งเกิดจากการสั่งสมประสบการณ์ทางวิทยาศาสตร์ 2) ด้านการเห็นความสำคัญของวิทยาศาสตร์ หมายถึง การที่นักเรียนเล็งเห็นประโยชน์ ตระหนักในคุณค่าของวิทยาศาสตร์ที่มีต่อตัวนักเรียน สังคม และประเทศชาติ 3) ด้านความสนใจวิทยาศาสตร์ หมายถึง การที่นักเรียนอยากรู้อยากเห็น กระตือรือร้น ใฝ่เรียนรู้วิทยาศาสตร์ 4) ด้านการแสดงออกหรือการมีส่วนร่วมในกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ หมายถึง การที่นักเรียนแสดงพฤติกรรมออกมาในขณะที่ทำกิจกรรมทางวิทยาศาสตร์ เช่น การทดลอง การทำแบบฝึกหัด และใบงาน เป็นต้น 5) ด้านความนิยมชมชอบวิทยาศาสตร์ หมายถึง การแสดงพฤติกรรมของนักเรียน ที่ชื่นชม ยอมรับ ศรัทธา ชื่นชอบ หรือการแสดงพฤติกรรมอื่น ๆ ที่เป็นไปในทางบวกต่อวิทยาศาสตร์

3.3 การเปลี่ยนแปลงเจตคติ

บุญรักษา ประเสริฐ (2552) กล่าวถึง การเปลี่ยนแปลงเจตคติไว้ว่า เจตคติเกิดจากการมีประสบการณ์ทั้งทางตรงและทางอ้อม หากประสบการณ์ที่ได้รับเพิ่มเติมแตกต่างจากประสบการณ์เดิมจะสามารถทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงเจตคติได้ 2 ทาง คือ

1. การเปลี่ยนแปลงในทางเดียวกัน (Congruent change) หมายถึง เจตคติเดิมของบุคคลที่เป็นไปในทางบวกจะเพิ่มมากขึ้นในทางบวก แต่ถ้าเจตคติเป็นไปทางลบก็เพิ่มมากขึ้นในทางลบ

2. การเปลี่ยนแปลงไปคนละทาง (Incongruent change) หมายถึง การเปลี่ยนแปลงเจตคติเดิมของบุคคลที่เป็นไปในทางบวกจะลดลง แต่จะไปเพิ่มในทางลบ หรือ เจตคติเดิมของบุคคลที่เป็นไปในทางบวกจะเพิ่มขึ้น แต่เจตคติทางลบจะลดลง

การเปลี่ยนแปลงเจตคติเกี่ยวข้องกับปัจจัยต่อไปนี้

1. ความสุดขีด (Extremeness) คือ เจตคติที่อยู่ปลายสุดเปลี่ยนแปลงได้ยากกว่าเจตคติที่ไม่รุนแรงนัก เช่น ความรักที่สุดและความเกลียดที่สุดเปลี่ยนแปลงยากกว่าความรักและความเกลียดที่ไม่มากนัก

2. ความซับซ้อน (Multicomplexity) คือ เจตคติที่เกิดจากสาเหตุเดียวกันเปลี่ยนได้ง่ายกว่าเกิดจากหลาย ๆ สาเหตุ

3. ความคงที่ (Consistency) คือ เจตคติที่มีลักษณะคงที่มาก หมายถึงเจตคติที่เป็นความเชื่อฝังใจ เปลี่ยนแปลงยากกว่าเจตคติทั่วไป

4. ความสัมพันธ์เกี่ยวเนื่อง (Interconnectedness) คือ เจตคติที่มีความสัมพันธ์ซึ่งกันและกัน โดยเฉพาะที่เป็นไปในทางเดียวกันเปลี่ยนแปลงได้ยากกว่าเจตคติที่มีความสัมพันธ์ไปในทางตรงกันข้าม

5. ความแข็งแกร่งและจำนวนความต้องการ (Strong and Number of Wants Served) หมายถึง เจตคติที่มีความจำเป็นและความต้องการในระดับสูง เปลี่ยนแปลงได้ยากกว่าเจตคติที่ไม่แข็งแกร่งและไม่อยู่ในความต้องการ

6. ความเกี่ยวเนื่องกับค่านิยม (Centrality of Related Values) คือ เจตคติหลายเรื่องเกี่ยวเนื่องจากค่านิยมความเชื่อว่าค่านิยมนั้นดีน่าปรารถนา และเจตคติสืบเนื่องจากค่านิยมขนบธรรมเนียมประเพณี และวัฒนธรรมนั้นเป็นสิ่งที่เปลี่ยนแปลงได้ยาก

กล่าวโดยสรุปคือ เจตคติของบุคคลในเรื่องใด ๆ สามารถเปลี่ยนแปลงได้ตลอดเวลาทั้งเชิงบวก และเชิงลบ ทั้งเพิ่มขึ้น และลดลง บางอย่างเปลี่ยนแปลงได้ง่าย บางอย่างเปลี่ยนแปลงได้ยาก ขึ้นอยู่กับเวลา และประสบการณ์ที่ผู้เรียนรับรู้มา ดังนั้น เจตคติต่อวิชาวิทยาศาสตร์จึงสามารถเปลี่ยนแปลงได้เช่นเดียวกัน

3.4 การวัดเจตคติ

เนื่องจากเจตคติไม่สามารถวัดได้โดยตรง แต่สามารถสังเกตได้จากพฤติกรรม การแสดงออกของบุคคลต่อสิ่งนั้น ๆ ทำให้การวัดเจตคติมีได้หลายวิธี กล่าวคือ การสังเกต การให้รายงานตนเอง แต่วิธีการวัดที่ดีที่สุด และนิยมใช้กันมากที่สุด คือ การให้รายงานตนเอง เพราะมีความตรงและความเที่ยงมากกว่าการสังเกต (กัญจนา ลินทรัตนศิริกุล, 2559)

ดังนั้น การวัดเจตคติ แบบให้รายงานตนเองจึงต้องมีเครื่องมือที่ใช้ในการวัด เรียกว่า แบบวัดเจตคติ ซึ่งแบบวัดที่นิยมใช้กันมากที่สุด ได้แก่ มาตรวัดแบบลิเคิร์ท และมาตรวัดแบบนัยจำแนก ในงานวิจัยนี้ได้เลือกใช้มาตรวัดแบบลิเคิร์ท เพราะสามารถกำหนดคะแนน เป็นจำนวนเต็ม และวัดเป็นระดับ

ได้อย่างต่อเนื่อง สามารถสร้างข้อคำถาม ได้หลากหลายข้อ และสะดวกในการเก็บข้อมูล และแปลผลข้อมูล มาตรวัดแบบลิเคิร์ท มีลักษณะและมีวิธีการสร้างดังนี้

1. ลักษณะของแบบวัดเจตคติของ Likert แบบวัดเจตคติของ Likert มีชื่อเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า The Method of Summated Rating ได้นำเอาวิธีการของมาตราส่วนประมาณค่ามาใช้ โดยมีข้อตกลงว่าการตอบสนองต่อข้อคำถาม หรือรายการแต่ละข้อในเรื่องที่จะวัดมีลักษณะคงที่ และผลรวมของลักษณะคงที่ของการตอบสนองในข้อคำถามทั้งหมดของแต่ละบุคคลจะมีลักษณะเป็นเส้นตรงหรือเกือบเส้นตรง ผลรวมนี้จะแทนค่าลักษณะนิสัยที่จะวัดได้อย่างเดียว จากข้อตกลงนี้ Likert ได้นำมาใช้เป็นหลักในการสร้างแบบวัด (พลศักดิ์ แสงพรมศรี, 2558) โดยใช้ตัวเลข 5 ระดับ คือ 5 4 3 2 1 ตามลำดับ แทนคะแนนส่วนข้อความที่เป็นเชิงลบ การให้คะแนนก็จะตรงข้ามกัน เมื่อนำค่าคะแนน ที่เป็นตัวเลขตั้งแต่ 1 ถึง 5 ในแต่ละข้อมารวมกัน ก็จะเป็นเจตคติของผู้ตอบในเรื่องนั้น ๆ (กัญจนา ลินทรัตนศิริกุล, 2559)

กัญจนา ลินทรัตนศิริกุล (2559) เสนอแนวทางในการสร้างมาตรวัดเจตคติแบบลิเคิร์ท ดังนี้

1. ควรเขียนข้อความที่เป็นปัจจุบัน
2. ควรเขียนข้อความให้ชัดเจน ใช้ภาษาง่าย ๆ และควรใช้ประโยคธรรมดามากกว่าประโยค ที่มีความซับซ้อน
3. หลีกเลี่ยงที่เป็นข้อเท็จจริง หรือแปลความหมายได้ข้อเท็จจริง
4. หลีกเลี่ยงข้อความ หรือการใช้คำที่มีลักษณะคลุมเครือ เช่น ไม่เคยเลยหรือไม่ เป็นต้น
5. ควรใช้คำว่า “เท่านั้น” ให้มีน้อยที่สุด
6. ข้อความที่เขียนควรสั้น กระชับ ไม่ควรเกิน 20 คำ
7. หลีกเลี่ยงข้อความที่มีลักษระกำกวมแปลความหมายได้หลายอย่าง
8. หลีกเลี่ยงข้อความที่มีการแนะนำคำตอบ
9. ข้อความแต่ละข้อความควรถามประเด็นเดียว
10. หลีกเลี่ยงข้อความที่จะทำให้ผู้ตอบตอบปฏิเสธหรือข้อความที่คาดว่าผู้ตอบครึ่งหนึ่งจะตอบเห็นด้วย หรือไม่เห็นด้วย
11. ควรมีจำนวนข้อความที่เป็นเชิงบวกและเชิงลบอย่างละเท่ากัน ๆ
12. ควรกระจายข้อความที่เป็นบวกและลบโดยการสุ่มเพื่อแน่ใจว่า ไม่มีข้อความที่เป็นบวก หรือลบ 4-5 ข้อ เรียงลำดับอยู่ด้วยกัน
13. ข้อคำถามที่มีลักษณะไวต่อความรู้สึก ควรจะอยู่ตรงกลางระหว่างข้อคำถามที่ไม่ไวต่อความรู้สึก
14. ควรใช้มาตรวัดประมาณ 3-7 ระดับ

15. ไม่ควรใช้คำตอบในมาตราประเมินค่า โดยจำกัดเฉพาะเห็นด้วย - ไม่เห็นด้วย แต่ควรขึ้นอยู่กับคุณลักษณะที่วัด

สรุปได้ว่า การวัดเจตคติต่อวิทยาศาสตร์ที่ผู้วิจัยเลือกใช้ คือ มาตรวัดเจตคติแบบลิเคิร์ท โดยกำหนดระดับคะแนนเป็นเลขจำนวนเต็ม 5 ระดับ เรียงจากมากไปน้อย คือ มากที่สุด มาก ปานกลาง น้อย และน้อยที่สุด ประกอบด้วยข้อคำถามที่เป็นองค์ประกอบของเจตคติต่อวิชาวิทยาศาสตร์ตามที่ผู้วิจัยกำหนดนิยามศัพท์เฉพาะไว้มีทั้งข้อคำถามเชิงบวกและข้อคำถามเชิงลบ

3.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องทั้งในประเทศไทยและต่างประเทศ

มีงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับเจตคติต่อวิทยาศาสตร์ (Attitudes Toward Science) ทั้งในประเทศไทย และต่างประเทศที่ผู้วิจัยศึกษาดังเอกสารต่อไปนี้

3.5.1 งานวิจัยในประเทศไทย

นพคุณ แดงบุญ (2552) ศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ และเจตคติต่อวิทยาศาสตร์ มีจุดมุ่งหมายเพื่อศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ และเจตคติต่อวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยชุดกิจกรรมวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยชุดกิจกรรมวิทยาศาสตร์ กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่เรียนในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2552 โรงเรียนสาธิต-มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี ถนนนารายณ์มหาราช ตำบลทะเลชุบศร อำเภอเมืองลพบุรี จังหวัดลพบุรี สังกัด สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษาจำนวน 1 ห้องเรียน 50 คน ซึ่งได้รับการเลือกอย่างเจาะจง (Purposive sampling) ระยะเวลาที่ใช้ในการวิจัย 12 ชั่วโมง เป็นการวิจัยเชิงทดลอง โดยใช้แบบแผนการวิจัย One Group Pretest-Posttest Design เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยคือ ชุดกิจกรรมวิทยาศาสตร์ เรื่อง ร่างกายมนุษย์มีประสิทธิภาพ E1/E2 เป็น 80.33 81.66/80.88 แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์มีค่าความเชื่อมั่น .91 และแบบประเมินเจตคติต่อวิทยาศาสตร์มีค่าความเชื่อมั่น .77 และวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้ t – test Dependent Sample ผลการวิจัยสรุปได้ดังนี้ 1) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่เรียนด้วยชุดกิจกิจกรรมวิทยาศาสตร์ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และ 2) เจตคติต่อวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่เรียนด้วยชุดกิจกรรมวิทยาศาสตร์ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

มารียะห์ มะเซ็ง, ณัฐวิทย์ พจนตันติ และวิรัตน์ ธรรมาภรณ์ (2556) ศึกษาผลการจัดการเรียนรู้แบบโครงงานที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และเจตคติต่อวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 กลุ่มตัวอย่างในการวิจัยครั้งนี้คือนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2553 และครูวิทยาศาสตร์จำนวน 1 คน โรงเรียน-เรียงราษฎร์อุปถัมภ์ ตำบลเรียง อำเภอรือเสาะ จังหวัดนราธิวาส โดยจัดการเรียนรู้แบบโครงงาน ใช้เวลาในการจัดการเรียนรู้ 16 ชั่วโมง เครื่องมือในการวิจัยประกอบด้วยแผนการจัดการเรียนรู้แบบโครงงาน

แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน แบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ แบบวัดเจตคติต่อวิทยาศาสตร์ของนักเรียน แบบบันทึกภาคสนามของผู้วิจัย แบบสัมภาษณ์ผู้เรียน และแบบสัมภาษณ์ความรู้ความเข้าใจในการจัดการเรียนรู้แบบโครงงานของครูวิทยาศาสตร์ ดำเนินการทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียนกับกลุ่มเดียว วิเคราะห์ข้อมูลโดยหาค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน และทดสอบค่าที ผลการวิจัยพบว่า 1) จากการทดสอบเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนกับเกณฑ์ร้อยละ 60 พบว่าคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนได้มากกว่าเกณฑ์ร้อยละ 60 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 2) นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบโครงงานมีคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 3) นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบโครงงานมีคะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 4) นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบโครงงานมีเจตคติต่อวิทยาศาสตร์ทั้ง 5 ด้าน อยู่ในระดับสูง 5) นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบโครงงานเกิดพฤติกรรมการเรียนรู้ในด้านการสืบค้นความรู้ด้วยตนเอง การคิดสร้างสรรค์ กระบวนการกลุ่ม กล้าคิดกล้าแสดงออก และการนำความรู้ไปใช้ในชีวิตประจำวัน ทำให้นักเรียนได้เรียนรู้อย่างมีความสุข 6) ครูวิทยาศาสตร์มีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้แบบโครงงานเพิ่มขึ้น

พิชญานิน ลายเจียร (2557) ศึกษาการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและเจตคติต่อการเรียนวิทยาศาสตร์ ระหว่างการสอนโดยใช้ชุดกิจกรรมวิทยาศาสตร์กับวิธีสอนแบบปกติ การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ก่อนและหลังเรียนของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยชุดกิจกรรมวิทยาศาสตร์ เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ก่อนและหลังเรียนของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีสอนแบบปกติ เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์หลังเรียนของนักเรียนระหว่างการจัดการเรียนรู้ด้วยชุดกิจกรรมวิทยาศาสตร์กับวิธีสอนแบบปกติ และเพื่อเปรียบเทียบเจตคติต่อวิทยาศาสตร์หลังเรียนของนักเรียนระหว่างการจัดการเรียนรู้ด้วยชุดกิจกรรมวิทยาศาสตร์กับวิธีสอนแบบปกติ กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ คือ นักเรียนที่กำลังศึกษาอยู่ในชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนหาดใหญ่เจริญราษฎร์พิทยา อำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 255 ซึ่งได้มาโดยการสุ่มแบบกลุ่ม (Cluster Random Sampling) ที่มีห้องเรียนเป็นหน่วยการสุ่ม จากนั้นจับฉลาก จำนวน 2 ห้องเรียน จาก 3 ห้องเรียน ได้แก่ ห้องเรียนที่ 1 มีจำนวนผู้เรียน 30 คน และห้องเรียนที่ 2 มีจำนวนผู้เรียน 30 คน จากนั้นจับฉลากโดยการสุ่มกลุ่ม (Cluster Random Sampling) ที่มีห้องเรียนเป็นหน่วยการสุมอีครั้งหนึ่งเป็นกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม แบ่งเป็นดังนี้ กลุ่มที่ 1 คือกลุ่มทดลอง จำนวน 1 ห้องเรียน ได้แก่ ห้องเรียนที่ 1 มีจำนวนผู้เรียน 30 คน เรียนโดยใช้ชุดกิจกรรมวิทยาศาสตร์ กลุ่ม 2 คือกลุ่มควบคุม จำนวน 1 ห้องเรียน ได้แก่ ห้องเรียนที่ 2 มีจำนวนผู้เรียน 30 คน เรียนโดยใช้วิธีสอนแบบปกติ เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล คือ ชุดกิจกรรมวิทยาศาสตร์

แผนการจัดการเรียนรู้วิชาวิทยาศาสตร์ จำนวน 2 ชุด ได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้วิธีสอนโดยใช้ชุดกิจกรรมวิทยาศาสตร์และแผนการจัดการเรียนรู้วิธีสอนแบบปกติ แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ แบบวัดเจตคติต่อวิทยาศาสตร์ วิเคราะห์ข้อมูลโดยหาค่าเฉลี่ย ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน และเปรียบเทียบความแตกต่างของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเฉลี่ยก่อนเรียนกับหลังเรียนของทั้ง 2 กลุ่ม ใช้การทดสอบค่า t (t-test Dependent) และเปรียบเทียบความแตกต่างของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและเจตคติต่อวิทยาศาสตร์หลังเรียนระหว่าง 2 กลุ่ม ใช้การทดสอบ (t-test Independent) ผลการวิจัยปรากฏดังนี้ 1) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยชุดกิจกรรมวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .001 2) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีสอนแบบปกติหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน 3) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยชุดกิจกรรมวิทยาศาสตร์สูงกว่าวิธีสอนแบบปกติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .001 และ 4) เจตคติต่อวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยชุดกิจกรรมวิทยาศาสตร์กับวิธีสอนแบบปกติไม่แตกต่างกัน โดยการจัดการเรียนรู้ด้วยชุดกิจกรรมวิทยาศาสตร์มีคะแนนเฉลี่ย 4.50 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ .56 และวิธีสอนแบบปกติมีคะแนนเฉลี่ย 4.16 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ .50

บุษราคัม บุญกลาง, ประสาท เนืองเฉลิม และ กมลหทัย แวงวาสิต (2558) ศึกษาการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน การคิดวิเคราะห์ และเจตคติต่อการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ระหว่างการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น กับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐาน มีความมุ่งหมาย คือ 1) เพื่อพัฒนาแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบวัฏจักร การเรียนรู้7 ขั้น และแบบใช้ปัญหาเป็นฐานที่มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 80/80 2) เพื่อศึกษาดัชนีประสิทธิผลของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้นและแบบใช้ปัญหาเป็นฐาน 3) เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน การคิดวิเคราะห์ และเจตคติต่อการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ที่เรียนด้วยการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น และแบบใช้ปัญหาเป็นฐาน ระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียน และ4) เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน การคิดวิเคราะห์ และเจตคติต่อการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ ที่เรียนด้วยการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น และแบบใช้ปัญหาเป็นฐาน กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/1 จำนวน 39 คน และนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/2 จำนวน 42 คน โรงเรียนเมืองคง อำเภอคง จังหวัดนครราชสีมา ปีการศึกษา 2556 ได้มาโดยการสุ่มแบบกลุ่ม (Cluster Random Sampling) เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น และแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐาน จำนวนรูปแบบละ 13 แผน แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน แบบปรนัยชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 40 ข้อ แบบทดสอบวัดการคิดวิเคราะห์ แบบปรนัยชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 30 ข้อ และแบบวัดเจตคติต่อการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ แบบมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ จำนวน

30 ข้อ สถิติพื้นฐานที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลได้แก่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานและสถิติที่ใช้ในการทดสอบสมมติฐาน ได้แก่ t-test (Dependent Samples) และ t-test (Independent Samples) ผลการวิจัยปรากฏดังนี้ 1) แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้นและแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐาน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 มีประสิทธิภาพเท่ากับ 85.78/81.67 และ 80.39/81.67 ตามลำดับ 2) การจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้นและการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐาน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 มีค่าดัชนีประสิทธิผลเท่ากับ 0.7700 และ 0.7100 ตามลำดับ 3) นักเรียนที่เรียนด้วยการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้นและนักเรียนที่เรียนด้วยการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐาน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน การคิดวิเคราะห์และเจตคติต่อการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 4) นักเรียนที่เรียนด้วยการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน การคิดวิเคราะห์และเจตคติต่อการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ ไม่แตกต่างจากนักเรียนที่เรียนด้วยการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐาน

พลศักดิ์ แสงพรมศรี (2558) ศึกษาการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ และเจตคติต่อการเรียนวิชาเคมี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษากับแบบปกติการวิจัย มีความมุ่งหมายเพื่อ 1) เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ และเจตคติต่อการเรียนวิชาเคมีของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียน 2) เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ และเจตคติต่อการเรียนวิชาเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 หลังจากที่ได้รับการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษากับแบบปกติ กลุ่มตัวอย่างในการวิจัยในครั้งนี้ คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2557 โรงเรียนพยัคฆภูมิ-วิทยาคาร อำเภอ พยัคฆภูมิพิสัย จังหวัดมหาสารคาม จำนวน 2 ห้องเรียน 102 คน ได้มาโดยการสุ่มตัวอย่างแบบกลุ่ม (Cluster random sampling) เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ 1) แผนการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษา เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี จำนวน 7 แผน 2) แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี 3) แบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ และ 4) แบบวัดเจตคติต่อการเรียนวิชาเคมี สถิติพื้นฐานที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบน-มาตรฐาน และทดสอบสมมติฐานโดยใช้ Paired Samples t-test, Hotelling's T^2 และUnivariate Test ผลการวิจัยปรากฏดังนี้ 1) นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษา มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ และเจตคติต่อการเรียนวิชาเคมี หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 2) นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษา มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ และเจตคติต่อการเรียนวิชาเคมี สูงกว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 โดยสรุป นักเรียนที่ได้รับการจัดการ

เรียนรู้สะเต็มศึกษา มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ และเจตคติต่อการเรียนวิชาเคมี สูงกว่าการเรียนรู้แบบปกติ

ชนัฎดา ภูโปร่ง, ต้นสกุล ศานติบูรณ์ และนุกูลกุดแถลง (2560) ศึกษาการจัดการเรียนรู้แบบสะตีมศึกษาเพื่อส่งเสริมทักษะความคิดสร้างสรรค์ และเจตคติต่อวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ในชั้นเรียนวิทยาศาสตร์การจัดการเรียนรู้แบบสะตีมศึกษา พัฒนาจากรูปแบบการเรียนการสอนแบบสะเต็มศึกษา ตามพื้นฐานแนวคิดการบรูนาการทางวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ ศิลปะศาสตร์และคณิตศาสตร์ เพื่อส่งเสริมทักษะความคิดสร้างสรรค์และเจตคติต่อวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 จำนวน 1 ห้องเรียน โรงเรียนสารคามพิทยาคม ด้วยกิจกรรมการเรียนรู้ 15 ชั่วโมง ในภาคเรียนที่ 2/2559 เรื่อง อาหารกับการดำรงชีวิต การวิจัยในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ของเพื่อพัฒนาแผนการจัดการเรียนรู้แบบสะตีมศึกษาให้มีประสิทธิภาพ (E1/E2) ตามเกณฑ์ 75/75 เพื่อเปรียบเทียบทักษะความคิดสร้างสรรค์ และเปรียบเทียบเจตคติต่อวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระหว่างก่อนและหลังเรียน เพื่อวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ระหว่างทักษะความคิดสร้างสรรค์และเจตคติต่อวิทยาศาสตร์ เครื่องมือวิจัยได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้แบบสะตีมศึกษา แบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์และแบบประเมินวัดเจตคติต่อวิทยาศาสตร์ วิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติพื้นฐานและสถิติขั้นสูง ผลการวิจัยพบว่า 1) ค่าประสิทธิภาพของกระบวนการและประสิทธิภาพของผลลัพธ์ของแผนการจัดการเรียนรู้แบบสะตีมศึกษา พบว่า ค่า E1/E2 มีค่าเท่ากับ 79.89/77.06 ซึ่งมีค่าสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานที่ตั้งไว้ 75/75 2) ทักษะความคิดสร้างสรรค์จากแบบทดสอบก่อนและหลังได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ พบว่า ค่าเฉลี่ยคะแนนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนและมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 3) เจตคติต่อวิทยาศาสตร์ พบว่า คะแนนเฉลี่ยหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน จากการประเมินด้วยแบบวัดเจตคติต่อวิทยาศาสตร์และมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 4) ความสัมพันธ์หลังเรียนระหว่างทักษะความคิดสร้างสรรค์และเจตคติต่อวิทยาศาสตร์หลังเรียนมีค่า R2 เท่ากับ 0.3915 และมีค่า r เท่ากับ 0.3884 หมายความว่าตัวแปรทั้ง 2 มีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกันและมีความสัมพันธ์ทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05

สมโชค เมืองเมฆ, สุพัฒน์ มูลสิน และวุฒิกร จันทร์มาก (2561) ศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและเจตคติต่อการเรียนวิชาเคมี เรื่อง กรด-เบสของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยการจัดการเรียนรู้แบบค้นพบร่วมกับเทคนิคแบบร่วมมือ มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนและเจตคติต่อการเรียนวิชาเคมี เรื่อง กรด-เบส โดยใช้วิธีการจัดการเรียนรู้แบบค้นพบร่วมกับเทคนิคแบบร่วมมือของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 71 คน ของโรงเรียนแห่งหนึ่งในจังหวัดปทุมธานี โดยใช้เครื่องมือในการวิจัย คือ แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการสอนแบบค้นพบร่วมกับเทคนิคแบบร่วมมือ แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และแบบสำรวจเจตคติต่อการเรียนวิชาเคมี วิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณโดยใช้ค่าเฉลี่ย และร้อยละ ผลการวิจัยพบว่า ก่อนการจัดการเรียนรู้ นักเรียนส่วนใหญ่

มีเจตคติต่อการเรียนวิชาเคมีในระดับปานกลาง โดยคิดเป็นค่าเฉลี่ยรวมได้ 3.79 จากคะแนนเต็ม 5.00 หลังการจัดการเรียนรู้พบว่า นักเรียนมีเจตคติต่อการเรียนวิชาเคมีที่ดีขึ้น โดยนักเรียนที่เลือกคะแนน 5 คะแนนจะมีจำนวนเพิ่มขึ้นคิดเป็นร้อยละ 11.35 และจากคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนพบว่า นักเรียนห้องเก่งมีคะแนนเฉลี่ยสูงที่สุดที่ 13.54 รองลงมาคือห้องอ่อนที่มีผลคะแนนเฉลี่ยสูงถึง 13.04 ซึ่งใกล้เคียงกับห้องเก่ง แสดงให้เห็นว่าการจัดการเรียนรู้แบบค้นพบร่วมกับเทคนิคแบบร่วมมือมีความเหมาะสมกับนักเรียนที่ค่อนข้างจะมีความสามารถไปทางด้านอ่อน และสามารถเพิ่มเจตคติต่อการเรียนวิชาเคมีให้ดียิ่งขึ้นได้

3.5.2 งานวิจัยต่างประเทศ

แซงเตอร์ และชูว์แมน (Sangster & Shulman, 1998, p. 71 อ้างถึงใน นพคุณ แดงบุญ, 2552) ได้ทำการวิจัยเกี่ยวกับการใช้แผนการสอน 4MAT กับแผนการสอนตามแนวการสอนของกรมวิชาการ ผลการวิจัยซึ่งได้จากการตอบแบบสอบถามและการสัมภาษณ์ พบว่าระบบการสอนแบบ 4MAT ได้รับการยอมรับอย่างดีจากนักเรียนด้วยเหตุผลดังกล่าวทำให้นักเรียนที่ได้รับการสอนโดยการใช้แผนการสอนแบบ 4MAT มีคะแนนเจตคติต่อการเรียนหลังเรียนสูงกว่านักเรียนที่ได้รับการสอนโดยการใช้แผนการสอนตามแนวการสอนของกรมวิชาการ

ดาว์วี่ (Dowey, 2013 อ้างถึงใน พลศักดิ์ แสงพรมศรี, 2558) ได้ศึกษาเจตคติความสนใจและการรับรู้ความสามารถของตนเองต่อวิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนหญิงโรงเรียนมัธยมศึกษาที่เป็นชนกลุ่มน้อยในประเทศสหรัฐอเมริกา : ศึกษาเฉพาะในกลุ่มนักเรียนที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนต่ำและเรียนในหลักสูตรสะเต็ม (STEM Disciplines)โดยมีจุดประสงค์ของการวิจัย คือ 1) เพื่อศึกษาอิทธิพลของความแตกต่างทางเชื้อชาติและความสามารถทางวิชาการที่มีต่อเจตคติและความสนใจต่อวิชาวิทยาศาสตร์ และ 2) เพื่อศึกษาปัจจัยภายนอก (พื้นฐานครอบครัว โรงเรียน เพื่อน และชุมชน) และปัจจัยภายในที่มีต่อการรับรู้ความสามารถของตนเองทางด้านวิทยาศาสตร์ และทำการวัดเจตคติต่อวิทยาศาสตร์โดยใช้แบบสำรวจที่สร้างตามวิธีของ Likert ผลการศึกษาพบว่า นักเรียนชนกลุ่มน้อยที่มีชาติพันธุ์ Asian/Filipino มีเจตคติและความสนใจต่อวิชาวิทยาศาสตร์สูงกว่ากลุ่มชาติพันธุ์อื่น ๆ ตามมาด้วยชาวลาตินอเมริกัน และยังชี้ให้เห็นว่านักเรียนที่ได้รับการให้กำลังใจและสนับสนุนส่งเสริมจากครอบครัวจะมีการรับรู้ความสามารถของตนเองทางด้านวิทยาศาสตร์ได้ดีด้วย

เซเซน และทาฮาน (Sesen & Tarhan, 2013) ได้ศึกษาผลสัมฤทธิ์ และเจตคติต่อวิชาเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายจากการจัดกิจกรรมไฟฟ้าเคมีในห้องปฏิบัติการด้วยวิธีการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายจำนวน 62 คน (อายุเฉลี่ย 17 ปี) ของโรงเรียนมัธยมเอกชนในเมืองในตุรกี แบ่งเป็น กลุ่มทดลอง 30 คน และกลุ่มควบคุม 32 คน กลุ่มทดลองได้รับการสอนโดยใช้วิธีแบบสืบเสาะ ส่วนกลุ่มควบคุมให้ใช้วิธีการสอนแบบดั้งเดิม พบว่า กลุ่มที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะ นักเรียนมีความคิดรวบยอดเกี่ยวกับไฟฟ้าเคมีดีขึ้น และมีเจตคติเชิงบวกต่อวิชาเคมีสูงขึ้น อย่างมีนัยสำคัญ

จากงานวิจัยทั้งในประเทศไทยและต่างประเทศ ผู้วิจัยสารมารถสรุปได้ว่า การเปลี่ยนแปลงเจตคติต่อวิชาวิทยาศาสตร์ขึ้นอยู่กับวิธีการจัดการเรียนรู้ เพศ รวมทั้งประสบการณ์การเรียนรู้ของผู้เรียนเอง เป็นต้น จะสังเกตได้ว่าการที่ผู้เรียนมีเจตคติต่อวิทยาศาสตร์ที่สูงขึ้น ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนจะสูงขึ้นตามไปด้วย แสดงว่าเจตคติต่อวิชาวิทยาศาสตร์มีความสัมพันธ์กับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ของผู้เรียน นอกจากนี้ เจตคติต่อวิชาวิทยาศาสตร์ มีการเปลี่ยนแปลงได้ทั้งก่อนเรียนและหลังเรียน โดยพบว่าส่วนใหญ่เมื่อใช้การจัดเรียนรู้แบบลงมือปฏิบัติ ผู้เรียนจะมีเจตคติหลังเรียนสูงขึ้นกว่าก่อนเรียน

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยเรื่องนี้ เป็นการวิจัยแบบวัดก่อนและหลังการทดลอง มีขั้นตอนการวิจัยดังต่อไปนี้

1. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

การกำหนดประชากรและกลุ่มตัวอย่าง ได้ดังนี้

1.1 ประชากร

ประชากรที่ใช้ศึกษาครั้งนี้ ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนสาธิตมัธยม - มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2562 จำนวน 4 ห้องเรียน จำนวนนักเรียนทั้งหมด 130 คน แบ่งเป็น

1.1.1 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3/1 มีจำนวนนักเรียน 26 คน

1.1.2 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3/2 มีจำนวนนักเรียน 36 คน

1.1.3 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3/3 มีจำนวนนักเรียน 37 คน

1.1.4 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3/4 มีจำนวนนักเรียน 31 คน

1.2 กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ศึกษาครั้งนี้ ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3/2 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2562 จำนวน 36 คน ซึ่งได้จากการสุ่มแบบกลุ่ม โดยใช้ห้องเรียนเป็นหน่วยการสุ่มทั้งหมด 4 ห้องเรียน แล้วจับฉลากมา 1 ห้องเรียน ได้ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3/2

2. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยในครั้งนี้ ประกอบด้วย เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง (ข้อ 3.1) และเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล (ข้อ 3.2 และ 3.3)

3.1 แผนการจัดการเรียนรู้การจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษา รายวิชาสนุกกับอิเล็กทรอนิกส์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 จำนวน 3 แผน ใช้เวลาทั้งหมด 18 ชั่วโมง

3.2 แบบประเมินการคิดเชิงนวัตกรรม ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นเองจากการศึกษาเอกสาร และการกำหนดนิยามศัพท์เฉพาะที่ทางผู้วิจัยกำหนดขึ้นมา

3.3 แบบวัดเจตคติต่อวิชาวิทยาศาสตร์ ซึ่งผู้วิจัยได้ปรับปรุง และดัดแปลงจากแบบวัดเจตคติต่อวิชาวิทยาศาสตร์ของนพคุณ แดงบุญ (2552) และพิชญานิน ลายเจียร (2556)

การสร้างเครื่องมือวิจัย มีขั้นตอนดังต่อไปนี้

เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง ได้แก่

3.1 แผนการจัดการเรียนรู้การจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษา รายวิชาสนุกกับอิเล็กทรอนิกส์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 จำนวน 3 แผน ใช้เวลาทั้งหมด 18 ชั่วโมง มีขั้นตอนการดำเนินงานดังต่อไปนี้

3.1.1 ศึกษาหลักสูตรกลุ่มสาระวิทยาศาสตร์ของโรงเรียน รายวิชาสนุกกับอิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งเป็นรายวิชาเพิ่มเติม คำอธิบายรายวิชา แล้วเลือกผลการเรียนรู้ที่เกี่ยวข้องที่สามารถนำมาจัดการเรียนรู้ด้วยกิจกรรมสะเต็มศึกษาได้ และค้นคว้าเกี่ยวกับการจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษาจากงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

3.1.2 เลือกรูปแบบการจัดการเรียนรู้และวิธีการสอนที่สามารถนำกิจกรรมสะเต็มศึกษาเข้าไปประยุกต์ใช้ได้ โดยเลือกให้สอดคล้องกับผลการเรียนรู้ และนิยามศัพท์เฉพาะที่กำหนดไว้ โดยการจัดการเรียนรู้ในรายวิชานี้ ได้เลือกวิธีการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะแบบ 5Es (Inquiry Method, 5Es) แล้วออกแบบกิจกรรมสะเต็มศึกษาผนวกเข้าไปในขั้นตอนใด ขั้นตอนหนึ่งของ 5Es

3.1.3 จัดทำแผนการจัดการเรียนรู้ วิชาสนุกกับอิเล็กทรอนิกส์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 จำนวน 3 แผน ใช้เวลาทั้งหมด 18 ชั่วโมง ดังนี้

1) แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง รู้จักเทคนิคการบัดกรีและสร้างเกมทดสอบสมาธิ เวลา 6 ชั่วโมง โดยออกแบบกิจกรรมสะเต็มศึกษา 6 ขั้นตอน ผนวกเข้าไปในขั้นขยายความรู้ของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะแบบ 5Es

2) แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง การสร้างวงจร LED เตือนกันขโมย บนแผ่นโปรโตบอร์ด เวลา 4 ชั่วโมง โดยออกแบบกิจกรรมสะเต็มศึกษา 6 ขั้นตอน ผนวกเข้าไปในขั้นสำรวจและค้นหาของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะแบบ 5Es

3) แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 เรื่อง การสร้างนวัตกรรมเครื่องบอกระดับน้ำอย่างง่าย เวลา 8 ชั่วโมง โดยออกแบบกิจกรรมสะเต็มศึกษา 6 ขั้นตอน ผนวกเข้าไปในขั้นสำรวจและค้นหา การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะแบบ 5Es

3.1.4 นำแผนการจัดการเรียนรู้ส่งให้อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ตรวจสอบ เมื่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์พิจารณาเห็นสมควรแล้ว จึงนำไปให้ผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 คน ดังรายชื่อในภาคผนวกดำเนินการตรวจสอบความถูกต้องและความตรงเชิงเนื้อหา โดยให้ผู้เชี่ยวชาญพิจารณาความสอดคล้องกับจุดประสงค์ของเนื้อหา การจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา และการวัดและประเมินผล โดยมีเกณฑ์การประเมินดังนี้

ตารางที่ 3.1 เกณฑ์การประเมินแผนการจัดการเรียนรู้

ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ	ความหมาย
สอดคล้อง	ถ้าพิจารณารายการข้อคำถามแล้วสอดคล้องให้ค่า เป็น +1
ไม่แน่ใจ	ถ้าพิจารณารายการข้อคำถามแล้วไม่แน่ใจให้ค่า เป็น 0
ไม่สอดคล้อง	ถ้าพิจารณารายการข้อคำถามแล้วไม่สอดคล้องให้ค่า เป็น -1

จากนั้นนำคะแนนที่ได้มาหาค่าเฉลี่ย ถ้ามากกว่า 0.5 แสดงว่า เนื้อหาสอดคล้องกับจุดประสงค์ จึงนำหัวข้อต่าง ๆ ในแผนการจัดการเรียนรู้ไปใช้จริง แต่ถ้าค่าเฉลี่ยน้อยกว่า 0.5 ทำการปรับปรุงแผนการจัดการเรียนรู้ในหัวข้อนั้น ๆ ตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ

3.1.5 นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่ปรับปรุงตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญเรียบร้อยแล้วไปใช้กับกลุ่มตัวอย่าง

เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล ประกอบด้วย 3.2 แบบประเมินการคิดเชิงนวัตกรรม และ 3.3 แบบวัดเจตคติต่อวิชาวิทยาศาสตร์ มีขั้นตอนการสร้างเครื่องมือ ดังนี้

3.2 แบบประเมินการคิดเชิงนวัตกรรม มีขั้นตอนการสร้างดังนี้

3.2.1 ศึกษาเอกสาร ตำรา งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการคิดเชิงนวัตกรรมทั้งในประเทศและต่างประเทศ จากนั้นนำข้อมูลที่ได้มาตีความ วิเคราะห์ และสังเคราะห์ เป็นนิยามศัพท์เฉพาะ แล้วร่างแบบประเมินการคิดเชิงนวัตกรรม ให้สอดคล้องกับการจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษาในแผนการจัดการเรียนรู้และครอบคลุมนิยามศัพท์เฉพาะ

3.2.2 นำแบบประเมินการคิดเชิงนวัตกรรมที่สร้างขึ้น ให้อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์พิจารณาความสอดคล้องกับนิยามศัพท์เฉพาะและการจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษาในแผนการจัดการเรียนรู้ รับฟังข้อเสนอแนะ นำมาปรับปรุง แล้วเสนอผู้เชี่ยวชาญทั้ง 3 คน ดังรายชื่อที่แนบในภาคผนวกพิจารณาความสอดคล้องในการวัดผลประเมินผล ตามแผนการจัดการเรียนรู้ โดยมีเกณฑ์การประเมินดังนี้

ตารางที่ 3.2 เกณฑ์การประเมินแบบประเมินการคิดเชิงนวัตกรรม

ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ	ความหมาย
สอดคล้อง	ถ้าพิจารณารายการข้อคำถามแล้วสอดคล้องให้ค่า เป็น +1
ไม่แน่ใจ	ถ้าพิจารณารายการข้อคำถามแล้วไม่แน่ใจให้ค่า เป็น 0
ไม่สอดคล้อง	ถ้าพิจารณารายการข้อคำถามแล้วไม่สอดคล้องให้ค่า เป็น -1

จากนั้นนำคะแนนที่ได้มาหาค่าเฉลี่ย ถ้ามากกว่า 0.5 แสดงว่า มีความสอดคล้องในการวัดผลประเมินผล ตามแผนการจัดการเรียนรู้ แต่ถ้าค่าเฉลี่ยน้อยกว่า 0.5 ทำการปรับปรุงแบบประเมินการคิดเชิงนวัตกรรม ในหัวข้อนั้น ๆ ตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ

3.2.3 นำแบบประเมินการคิดเชิงนวัตกรรมที่ปรับปรุงตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญเรียบร้อยแล้ว ไปใช้กับกลุ่มตัวอย่าง โดยใช้ร่วมกับแบบสังเกตพฤติกรรมการทำงานกลุ่มของนักเรียน เพื่อนำมาเป็นข้อมูลสำหรับการวิเคราะห์ข้อมูลต่อไป

3.3 แบบวัดเจตคติต่อวิชาวิทยาศาสตร์ มีขั้นตอนการสร้างดังนี้

3.3.1 ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการวัดเจตคติต่อวิชาวิทยาศาสตร์

3.3.2 สร้างแบบวัดเจตคติต่อวิชาวิทยาศาสตร์ โดยผู้วิจัยได้ทำการปรับปรุง และดัดแปลงจากแบบวัดเจตคติต่อวิชาวิทยาศาสตร์ของนพคุณ แดงบุญ (2552) และพิชญานิน ลายเจียร (2556) โดยแบบวัดเจตคติที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น ประกอบด้วยข้อคำถามที่มีลักษณะเป็นมาตราส่วนแบบประมาณค่า (Rating Scale) มี 5 ระดับ ตามวิธีของลิเคิร์ท โดยมีทั้งเจตคติทางบวก และทางลบ จำนวน 25 ข้อคำถาม และมีเกณฑ์การให้คะแนนดังนี้

การกำหนดมาตรวัดคำตอบของข้อคำถามแต่ละข้อความ ที่มีความหมายเชิงบวกและเชิงลบ แบ่งเป็น 5 ระดับ ดังนี้ 1. มากที่สุด 2. มาก 3. ปานกลาง 4. น้อย และ 5. น้อยที่สุด โดยกำหนดคะแนนเป็นค่าประจำระดับของแต่ละความคิดเห็น ดังนี้

ตารางที่ 3.3 การกำหนดมาตรวัดคำตอบของข้อคำถามที่มีความหมายเชิงบวก

ข้อความเชิงนิมาน (เชิงบวก)	ให้ระดับคะแนนดังนี้
มากที่สุด	5
มาก	4
ปานกลาง	3
น้อย	2
น้อยที่สุด	1

ตารางที่ 3.4 การกำหนดมาตรวัดคำตอบของข้อคำถามที่มีความหมายเชิงลบ

ข้อความเชิงนิเสธ (เชิงลบ)	ให้ระดับคะแนนดังนี้
มากที่สุด	1
มาก	2
ปานกลาง	3
น้อย	4
น้อยที่สุด	5

โดยมีข้อคำถามที่มีความหมายเชิงลบ ได้แก่ ข้อ 6, 13, 15, 18, 19, 23, 24 และข้อคำถามที่มีความหมายเชิงบวก ได้แก่ ข้อ 1, 2, 3, 4, 5, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 14, 16, 17, 20, 21, 22, 25

3.3.3 นำแบบวัดเจตคติต่อวิชาวิทยาศาสตร์ไปให้อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์พิจารณาและนำคำแนะนำมาปรับปรุงในขั้นต้นแล้ว จึงนำมาให้ผู้เชี่ยวชาญทั้ง 3 คน ตามรายนามที่อยู่ในภาคผนวก พิจารณา ความตรงเชิงเนื้อหา

3.3.4 ภายหลังจากผู้เชี่ยวชาญประเมิน แล้วหาค่า IOC แล้ว ถ้าข้อคำถามใดมีค่า IOC มากกว่า 0.5 แสดงว่าข้อคำถามนั้นสอดคล้องตามนิยามศัพท์เฉพาะ จึงนำมาใช้ต่อไป

3.3.5 เลือกข้อคำถามที่มีค่า IOC มากกว่า 0.5 และปรับปรุงแบบวัดเจตคติต่อวิชาวิทยาศาสตร์ตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ พบว่า มีข้อที่ผ่านเกณฑ์จำนวน 21 ข้อ และมีข้อคำถามที่ไม่ผ่านเกณฑ์จำนวน 4 ข้อ

3.3.6 นำแบบวัดเจตคติต่อวิชาวิทยาศาสตร์ ที่ปรับปรุงแก้ไขเรียบร้อยสมบูรณ์แล้วทั้งหมด 21 ข้อ ไปทดสอบ (Try out) กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/1 โรงเรียนสาธิตมัธยม มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2562 ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง โดยมีจำนวนนักเรียน 38 คน ซึ่งเป็นห้องที่มีจำนวนนักเรียนใกล้เคียงกับกลุ่มตัวอย่าง

3.3.7 นำคะแนนที่ได้มาหาความเชื่อมั่นของแบบวัดเจตคติต่อวิชาวิทยาศาสตร์ โดยใช้วิธีสัมประสิทธิ์แอลฟาเป็นวิธีที่ครอนบาค พัฒนาขึ้น (กัญจนา ลินทรัตนศิริกุล, 2559) พบว่า แบบวัดเจตคติต่อวิชาวิทยาศาสตร์ มีค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.73

3.3.8 นำแบบวัดเจตคติต่อวิชาวิทยาศาสตร์ไปใช้กับกลุ่มตัวอย่าง

3. การเก็บรวมรวมข้อมูล

ในการเก็บรวบรวมข้อมูล ผู้วิจัยได้ทำการเก็บข้อมูลดังนี้

3.1 ขออนุญาตเก็บข้อมูล และทดลองใช้เครื่องมือกับนักเรียนที่เป็นกลุ่มตัวอย่างผ่านผู้อำนวยการของโรงเรียน

3.2 เมื่อได้รับการอนุญาตให้ทดลองเครื่องมือ จึงนำแผนการจัดการเรียนรู้ทั้ง 3 แผนที่ผู้วิจัยออกแบบ ไปใช้กับกลุ่มตัวอย่าง ในการจัดการเรียนรู้ในชั้นเรียน เมื่อจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษาตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เรียบร้อยแล้ว ให้นักเรียนสร้างชิ้นงานแล้วใช้แบบประเมินการคิดเชิงนวัตกรรม ประเมินชิ้นงานเก็บเป็นผลการคิดเชิงนวัตกรรมก่อนการจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษา และเมื่อจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษาตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 เรียบร้อยแล้ว ใช้แบบประเมินการคิดเชิงนวัตกรรม ประเมินชิ้นงานนักเรียนหรือนวัตกรรมที่นักเรียนสร้างขึ้นมา เป็นผลการคิดเชิงนวัตกรรม หลังการจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษา สังเกตพฤติกรรมการเรียน และการทำกิจกรรมสะเต็มศึกษาของนักเรียน และประเมินผลการจัดการเรียนรู้ตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ในแผนการจัดการเรียนรู้

3.3 ในชั่วโมงแรกของการจัดการเรียนรู้ ก่อนการจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษาให้นักเรียนทำแบบวัดเจตคติต่อวิชาวิทยาศาสตร์เก็บข้อมูลเป็นเจตคติก่อนการจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษา จากนั้นเมื่อสิ้นสุดการจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษาของแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 แล้ว ให้นักเรียนทำแบบวัดเจตคติต่อวิชาวิทยาศาสตร์เก็บข้อมูลเป็นเจตคติหลังการจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษา

3.4 นำข้อมูลที่เก็บรวบรวมได้ทั้งหมดมาวิเคราะห์ข้อมูลต่อไป

4. การวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยการวิเคราะห์ทางสถิติ และโปรมแกรมคอมพิวเตอร์ ดังนี้

5.1 การคิดเชิงนวัตกรรมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ระหว่างก่อนและหลังการจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษาวิชาสนุกกับอิเล็กทรอนิกส์ ใช้การวิเคราะห์ข้อมูลจากสถิติพื้นฐาน ได้แก่ ค่าเฉลี่ยเลขคณิต ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และการทดสอบค่าที (t-test dependent) แบบ paired sample t-test

5.2 เจตคติต่อวิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ก่อนและหลังได้รับการจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษาวิชาสนุกกับอิเล็กทรอนิกส์ ใช้การวิเคราะห์ข้อมูลจากสถิติพื้นฐาน ได้แก่ ค่าเฉลี่ยเลขคณิต ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และการทดสอบค่าที (t-test dependent) แบบ paired sample t-test

สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล มีดังต่อไปนี้

1. การวัดค่าแนวโน้มสู่ส่วนกลางของข้อมูล ใช้การหาค่ามัชฌิมเลขคณิต หรือ ค่าเฉลี่ย (mean ; $\overline{X}$) คำนวณได้จากสูตร (นงลักษณ์ วิรัชชัย, 2557)

$$\overline{X} = \frac{\sum X}{n}$$

เมื่อ $\overline{X}$ แทน ค่าเฉลี่ยของข้อมูล

$\sum X$ แทน ผลรวมของข้อมูลทั้งหมด

n แทน จำนวนนักเรียน หรือ จำนวนข้อมูล

2. การวัดการกระจายของข้อมูล ใช้ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation; SD) คำนวณได้จากสูตร (นงลักษณ์ วิรัชชัย, 2557)

$$SD = \sqrt{\frac{n\sum X^2 - (\sum X)^2}{n(n-1)}}$$

เมื่อ SD แทน ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

$\sum X$ แทน ผลรวมของข้อมูลทั้งหมด

$\sum X^2$ แทน ผลรวมของข้อมูลแต่ละตัวยกกำลังสอง

n แทน จำนวนนักเรียน หรือ จำนวนข้อมูล

$n-1$ แทน องศาอิสระ (degree of freedom = df)

3. การตรวจสอบความตรงเนื้อหา เป็นการพิจารณาความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับจุดประสงค์การเรียนรู้ หรือจุดประสงค์ที่ต้องการวัด (Index of Item-Objective Congruence : IOC) หาได้จากสูตร (กัญจนา ลินทรัตนศิริกุล, 2559)

$$\text{สูตร} \quad IOC = \frac{\sum R}{N}$$

เมื่อ IOC แทน ดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับจุดประสงค์การเรียนรู้

$\sum R$ แทน ผลรวมคะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ

N แทน จำนวนผู้เชี่ยวชาญทั้งหมด

การให้คะแนนข้อคำถามแต่ละข้อของผู้เชี่ยวชาญ มี 3 ค่า ดังนี้

+1 เมื่อแน่ใจว่าข้อคำถามสามารถวัดได้ตรงตามจุดประสงค์การเรียนรู้

1 เมื่อไม่แน่ใจว่าข้อคำถามสามารถวัดได้ตรงตามจุดประสงค์การเรียนรู้

-1 เมื่อแน่ใจว่าข้อคำถามไม่สามารถวัดได้ตรงตามจุดประสงค์การเรียนรู้

การแปลความหมายค่าเฉลี่ยของการตอบแบบสอบถาม

ค่า IOC ตั้งแต่ 0.50 – 1.00 หมายถึง ข้อคำถามที่มีความเที่ยงตรงสูง

ค่า IOC ตั้งกว่า 0.50 หมายถึง ข้อคำถามต้องปรับปรุง ยังใช้ไม่ได้

4. การหาค่าความเชื่อมั่นหรือความเที่ยงโดยใช้การหาความสอดคล้องภายในด้วยวิธีสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบราค ซึ่งใช้หาความเชื่อมั่นของแบบวัดเจตคติต่อวิชาวิทยาศาสตร์ หาได้จากสูตร (กัญจนา ลินทรัตนศิริกุล, 2559)

$$\alpha \text{ หรือ } r_{tt} = \frac{k}{k-1}\left[1 - \frac{\sum s_i^2}{s^2}\right]$$

เมื่อ α หรือ r_{tt} คือ ความเชื่อมั่น หรือความเที่ยงของแบบวัดเจตคติต่อวิชาวิทยาศาสตร์

k คือ จำนวนข้อคำถาม

s_i คือ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของคำถามในข้อที่ i

s คือ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนนทั้งหมด

โดยที่ $S^2 = \frac{N\sum X^2 - (\sum X)^2}{N(N-1)}$

เมื่อ N คือ จำนวนนักเรียน

X คือ คะแนนรวมของนักเรียนแต่ละคน

5. การเปรียบเทียบการคิดเชิงนวัตกรรมของกลุ่มตัวอย่างก่อนและหลังได้รับการจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษา วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติการทดสอบค่าที (t-test dependent) แบบ paired sample t-test โดยใช้โปรแกรมสำเร็จ

6. การเปรียบเทียบเจตคติต่อวิชาวิทยาศาสตร์ของกลุ่มตัวอย่างก่อนและหลังได้รับการจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษา วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติการทดสอบค่าที (t-test dependent) แบบ paired sample t-test โดยใช้โปรแกรมสำเร็จ

บทที่ 4
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยเรื่องนี้ ผู้วิจัยได้แบ่งผลการวิเคราะห์ข้อมูล เป็น 2 ตอน คือ

ตอนที่ 1 เปรียบเทียบการคิดเชิงนวัตกรรมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ระหว่างก่อนและหลังการจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษาวิชาสนุกกับอิเล็กทรอนิกส์

ตอนที่ 2 เปรียบเทียบเจตคติต่อวิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ก่อนและหลังได้รับการจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษาวิชาสนุกกับอิเล็กทรอนิกส์

ตอนที่ 1 เปรียบเทียบการคิดเชิงนวัตกรรมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ระหว่างก่อนและหลังการจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษาวิชาสนุกกับอิเล็กทรอนิกส์

เปรียบเทียบการคิดเชิงนวัตกรรมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ระหว่างก่อนและหลังการจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษาวิชาสนุกกับอิเล็กทรอนิกส์ ได้ผลดังตารางที่ 1

ตารางที่ 4.1 แสดงผลการวิเคราะห์การคิดเชิงนวัตกรรมระหว่างก่อนและหลังการจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษาวิชาสนุกกับอิเล็กทรอนิกส์

กลุ่มตัวอย่าง	N	$\bar{X}$	SD	t	df	Sig
ก่อนการจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษา	36	13.444	1.362	12.876*	35	0.000
หลังการจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษา	36	16.389	1.479			

*p < .05

จากตารางที่ 4.1 พบว่า การคิดเชิงนวัตกรรมก่อนการจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 วิชาสนุกกับอิเล็กทรอนิกส์ ที่เป็นกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 36 คน มีค่าเฉลี่ย คือ 13.444 และมีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เป็น 1.362 หลังได้รับการจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษาแล้ว นักเรียนมีการคิดเชิงนวัตกรรม มีค่าเฉลี่ยสูงขึ้น เป็น 16.389 และมีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เป็น 1.479 หมายความว่า การคิดเชิงนวัตกรรมของนักเรียนภายหลังการจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษา มีการคิดเชิงนวัตกรรมสูงกว่าก่อนการจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษา อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05

ตอนที่ 2 เปรียบเทียบเจตคติต่อวิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ก่อนและหลังได้รับการจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษาวิชาสนุกกับอิเล็กทรอนิกส์

เปรียบเทียบเจตคติต่อวิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ก่อนและหลังได้รับการจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษาวิชาสนุกกับอิเล็กทรอนิกส์ ได้ผลดังตารางที่ 2

ตารางที่ 4.2 แสดงผลการวิเคราะห์เจตคติต่อวิชาวิทยาศาสตร์ก่อนและหลังได้รับการจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษาวิชาสนุกกับอิเล็กทรอนิกส์

กลุ่มตัวอย่าง	N	$\overline{X}$	SD	t	df	Sig
ก่อนได้รับการจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษา	36	3.585	0.302	0.340	35	0.736
หลังได้รับการจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษา	36	3.599	0.294			

*p < .05

จากตารางที่ 4.2 พบว่า เจตคติต่อวิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ก่อนได้รับการจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษาวิชาสนุกกับอิเล็กทรอนิกส์ ที่เป็นกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 36 คน มีค่าเฉลี่ย คือ 3.585 และมีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เป็น 0.302 และเจตคติต่อวิชาวิทยาศาสตร์หลังได้รับการจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษา มีค่าเฉลี่ย คือ 3.599 และมีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เป็น 0.294 นั่นคือ เจตคติต่อวิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนก่อนและหลังได้รับการจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษาไม่แตกต่างกัน

บทที่ 5
สรุปการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การวิจัยครั้งนี้สามารถสรุปผลได้ดังหัวข้อต่อไปนี้

1. สรุปการวิจัย
2. อภิปรายผล
3. ข้อเสนอแนะ

1. สรุปการวิจัย

การวิจัยในครั้งนี้ มีวัตถุประสงค์ของการวิจัย คือ

1. เพื่อเปรียบเทียบการคิดเชิงนวัตกรรมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ระหว่างก่อนและหลังการจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษาวิชาสนุกกับอิเล็กทรอนิกส์

2. เพื่อเปรียบเทียบเจตคติต่อวิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ก่อนและหลังได้รับการจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษาวิชาสนุกกับอิเล็กทรอนิกส์

มีวิธีการดำเนินการวิจัย ดังนี้

1.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

1.1.1 ประชากร ที่ใช้ศึกษาครั้งนี้ ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนสาธิต-มัธยม มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2562 จำนวน 130 คน รวม 4 ห้องเรียน

1.1.2 กลุ่มตัวอย่าง ที่ใช้ศึกษาครั้งนี้ ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3/2 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2562 จำนวน 1 ห้องเรียน มีจำนวนนักเรียน 36 คน ซึ่งได้จากการสุ่มแบบกลุ่ม โดยใช้ห้องเรียนเป็นหน่วยการสุ่มทั้งหมด 4 ห้องเรียน แล้วจับฉลากมา 1 ห้องเรียน ได้ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3/2

1.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยในครั้งนี้ ประกอบด้วย

1.2.1 แผนการจัดการเรียนรู้การจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษา รายวิชาสนุกกับอิเล็กทรอนิกส์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 จำนวน 3 แผน ใช้เวลาทั้งหมด 18 ชั่วโมง และนำไปให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหาของจุดประสงค์ การจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษา และการวัดผลประเมินผล

1.2.2 แบบประเมินการคิดเชิงนวัตกรรม ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นเองจากการศึกษาเอกสารและการกำหนดนิยามศัพท์เฉพาะที่ทางผู้วิจัยกำหนดขึ้นมา นำไปให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหาของจุดประสงค์ การจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษา และการวัดผลประเมินผล

1.2.3 แบบวัดเจตคติต่อวิชาวิทยาศาสตร์ ซึ่งผู้วิจัยได้ปรับปรุง และดัดแปลงจากแบบวัดเจตคติต่อวิชาวิทยาศาสตร์ของนพคุณ แดงบุญ (2552) และพิชญานิน ลายเจียร (2556) จำนวน 21 ข้อ มีค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.73

1.3 การเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยได้เก็บรวบรวมข้อมูลกับกลุ่มตัวอย่าง ดังนี้

1.3.1 นำแผนจัดการเรียนรู้ที่ปรับแก้ไขตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ ไปจัดการเรียนรู้ในชั้นเรียนกับกลุ่มตัวอย่างทั้ง 3 แผน เป็นเวลา 18 ชั่วโมง ใช้เวลาทั้งสิ้น 9 สัปดาห์

1.3.2 ในชั่วโมงแรกของการจัดการเรียนรู้ในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 ให้นักเรียนทำแบบวัดเจตคติต่อวิชาวิทยาศาสตร์ก่อนได้รับการจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษา และในชั่วโมงสุดท้ายของการจัดการเรียนรู้ตามแผนจัดการเรียนรู้ที่ 3 ให้นักเรียนทำแบบวัดเจตคติต่อวิชาวิทยาศาสตร์หลังได้รับการจัดกิจกรรรมสะเต็มศึกษา

1.3.3 เมื่อจัดการเรียนรู้ด้วยกิจกรรมสะเต็มศึกษาตามแผนการจัดกการเรียนรู้การจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษา แผนที่ 1 เรียบร้อยแล้ว ให้นักเรียนสร้างชิ้นงานตามที่กำหนดไว้ในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เมื่อนักเรียนสร้างชิ้นงานเสร็จสมบูรณ์แล้วประเมินผลการคิดเชิงนวัตกรรมโดยใช้แบบประเมินการคิดเชิงนวัตกรรม เก็บข้อมูลไว้เป็นผลการคิดเชิงนวัตกรรมก่อนการจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษา หลังจากการจัดการเรียนรู้ด้วยกิจกรรมสะเต็มศึกษาในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 สิ้นสุดลง ได้ประเมินการคิดเชิงนวัตกรรม จากชิ้นงาน (นวัตกรรม) ที่นักเรียนออกแบบและสร้างสรรค์ชิ้นงานเอง โดยใช้เกณฑ์ที่อยู่ในแบบประเมินการคิดเชิงนวัตกรรม และสังเกตพฤติกรรมการทำงานกลุ่มของนักเรียนแต่ละคน เก็บข้อมูลไว้เป็นผลการคิดเชิงนวัตกรรมหลังการจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษา

1.4 การวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์ข้อมูล ด้วยการวิเคราะห์ทางสถิติ และโปรมแกรสำเร็จ ดังนี้

1.4.1 การคิดเชิงนวัตกรรมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ระหว่างก่อนและหลังการจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษาวิชาสนุกกับอิเล็กทรอนิกส์ ใช้การวิเคราะห์ข้อมูลจากสถิติพื้นฐาน ได้แก่ ค่าเฉลี่ยเลขคณิต ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และการทดสอบค่าที (t-test dependent) แบบ paired sample t-test

1.4.2 เจตคติต่อวิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ก่อนและหลังได้รับการจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษาวิชาสนุกกับอิเล็กทรอนิกส์ ใช้การวิเคราะห์ข้อมูลจากสถิติพื้นฐาน ได้แก่ ค่ามเฉลี่ยเลขคณิต ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และการทดสอบค่าที (t-test dependent) แบบ paired sample t-test

1.5 ผลการวิจัย

ผลการวิจัยสามารถสรุปได้ดังนี้

ตอนที่ 1 การคิดเชิงนวัตกรรมก่อนการจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 วิชาสนุกกับอิเล็กทรอนิกส์ ที่เป็นกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 36 คน มีค่าเฉลี่ย คือ 13.44 และมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน เป็น 1.36 หลังได้รับการจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษาแล้ว นักเรียนมีการคิดเชิงนวัตกรรม มีค่าเฉลี่ยสูงขึ้น เป็น 16.39 และมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน เป็น 1.48 หมายความว่า การคิดเชิงนวัตกรรมของนักเรียนภายหลังการจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษา มีการคิดเชิงนวัตกรรมสูงกว่าก่อนการจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษา ที่ระดับนัยสำคัญ .05

ตอนที่ 2 เจตคติต่อวิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ก่อนได้รับการจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษาวิชาสนุกกับอิเล็กทรอนิกส์ ที่เป็นกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 36 คน มีค่าเฉลี่ย คือ 3.59 และมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน เป็น 0.30 และเจตคติต่อวิชาวิทยาศาสตร์หลังได้รับการจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษา มีค่าเฉลี่ย คือ 3.60 และมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน เป็น 0.29 นั่นคือ เจตคติต่อวิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนก่อนและหลังได้รับการจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษาไม่แตกต่างกัน

2. อภิปรายผล

2.1 เปรียบเทียบการคิดเชิงนวัตกรรมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนสาธิต-มัธยม มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยาระหว่างก่อนและหลังการจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษาวิชาสนุกกับอิเล็กทรอนิกส์ พบว่า ก่อนการจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษาวิชาสนุกกับอิเล็กทรอนิกส์ นักเรียนมีการคิดเชิงนวัตกรรม มีค่าเฉลี่ย คือ 13.44 และมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน เป็น 1.36 หลังได้รับการจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษาแล้ว นักเรียนมีการคิดเชิงนวัตกรรม มีค่าเฉลี่ยสูงขึ้น เป็น 16.39 และมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน เป็น 1.48 ซึ่งสอดคล้องกับสมมติฐานที่ผู้วิจัยตั้งไว้ โดยการที่นักเรียนมีการคิดเชิงนวัตกรรมหลังการจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษาสูงกว่าก่อนการจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษา เนื่องจากการจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษาเป็นการจัดกิจกรรมที่มีการบูรณาการความรู้ทั้ง 4 สาขา และส่งเสริมทักษะความคิดสร้างสรรค์และการแก้ปัญหา ซึ่งเป็นทักษะการคิดในศตวรรษที่ 21 เป็นทักษะขั้นสูงและเป็นพื้นฐานของการคิดเชิงนวัตกรรม (วศิณีส์ อิศรเสนา ณ อยุธยา, 2560) สอดคล้องกับการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาเพื่อสร้างสรรค์ชิ้นงานสิ่งประดิษฐ์ด้วยวงจรไฟฟ้าเบื้องต้นของนักเรียนระดับชั้น ปวช.2 แนวทางสะเต็มศึกษา เรื่อง การต่อวงจรไฟฟ้า มีการบูรณาการ STEM ดังนี้ 1. S : การเรียนเนื้อหา เรื่องการต่อวงจรไฟฟ้า 2. T : ใช้หลอดไดโอดเปล่งแสง (LED) 3. E : การออกแบบสร้างชิ้นงาน 4. M : คำนวณการใช้ไฟฟ้าของหลอดไดโอดเปล่งแสง โดยพบว่า นักเรียนที่เรียนโดยการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ตามแนวคิดสะเต็มศึกษามีคะแนนความคิดสร้างสรรค์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 (ธิรดา

ถาวรทัศนกิจ, 2560) รวมถึงการวิจัยของธนวรรธณ์ ศรีวิบูลย์รัตน์ และอังคณา อ่อนธานี (2562) ที่ศึกษาการพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาเพื่อพัฒนาความสามารถในการคิดแก้ปัญหา เรื่อง งานและพลังงาน รายวิชาฟิสิกส์ โดยเปรียบเทียบความสามารถในการคิดแก้ปัญหา ระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียนพบว่า ความสามารถในการคิดแก้ปัญหาของนักเรียนกลุ่มตัวอย่างหลังเรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 คุณภาพผลงานของนักเรียนอยู่ในระดับดี

นวัตกรรมจะเกิดขึ้นได้ เมื่อผู้เรียนมีการคิดเชิงนวัตกรรมอันเป็นความคิดที่แปลกใหม่อย่างสร้างสรรค์ (Berns, 2008) ที่เป็นการคิดเชิงบูรณาการ คือ สามารถมองเห็นทุกมิติของปัญหา แล้วหาวิธีแก้ที่ทะลุกรอบและเป็นไปได้ ด้วยวิธีใหม่และสร้างสรรค์ (Wagner, 2012) โดยใช้กระบวนการแก้ไขปัญหาในการค้นหา การผสมผสาน และจัดเรียงข้อมูล เพื่อให้ได้แนวคิดหรือวิธีการใหม่ (Weiss and Legrand, 2011 อ้างถึงใน สุกัญญา แช่มช้อย, 2555) เมื่อผู้เรียนพัฒนาทักษะการคิดสร้างสรรค์และการแก้ปัญหาได้แล้วผู้เรียนจะเป็นผู้มีการคิดเชิงนวัตกรรม และสามารถสร้างนวัตกรรมได้

แม้ว่าการคิดเชิงนวัตกรรมจะยังไม่มีรายงานการวิจัยเรื่องนี้ในประเทศไทย แต่จากผลงานวิจัยที่ใกล้เคียงกันสามารถสรุปได้ว่า การจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษาผนวกเข้าไปในการจัดการเรียนรู้รูปแบบต่าง ๆ สามารถพัฒนาทักษะการคิดสร้างสรรค์และการแก้ปัญหา ที่เป็นทักษะพื้นฐานการคิดเชิงนวัตกรรมของผู้เรียนให้สูงขึ้นกว่าก่อนการจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษา ซึ่งเป็นปัจจัยที่ส่งผลให้ทักษะการคิดเชิงนวัตกรรมของผู้เรียนสูงขึ้นภายหลังจากการจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษา และทำให้ผู้เรียนสร้างนวัตกรรมได้และมีทักษะในศตวรรษที่ 21

2.2 เมื่อนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนสาธิตมัธยม มหาวิทยาลัยราชภัฏ-พระนครศรีอยุธยาได้รับการจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษาวิชาสนุกกับอิเล็กทรอนิกส์ พบว่า ก่อนการจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษา นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 มีค่าเฉลี่ยเจตคติต่อวิชาวิทยาศาสตร์ เป็น 3.59 และมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน เป็น 0.30 และเจตคติต่อวิชาวิทยาศาสตร์หลังได้รับการจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษามีค่าเฉลี่ย เป็น 3.60 และมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน เป็น 0.29 กล่าวคือ เจตคติต่อวิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนก่อนและหลังได้รับการจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษาไม่แตกต่างกัน ซึ่งไม่สอดคล้องกับสมมติฐานที่ผู้วิจัยตั้งไว้ สาเหตุที่เจตคติต่อวิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนก่อนและหลังได้รับการจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษาไม่แตกต่างกันนั้น เป็นเพราะการเปลี่ยนแปลงเจตคติอาจมีปัจจัยอื่นเข้ามาเกี่ยวข้อง เช่น เวลาที่ใช้ในการจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษาครั้งนี้ใช้เวลาทดลองจำนวน 18 คาบ คาบละ 50 นาที ซึ่งเป็นระยะเวลาที่สั้นไม่เพียงพอต่อการเปลี่ยนแปลงเจตคติของนักเรียน ซึ่งสอดคล้องกับรายงานผลการวิจัยของพิชญานิน ลายเจียร (2557) ที่พบว่าเจตคติต่อวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยชุดกิจกรรมวิทยาศาสตร์กับวิธีสอนแบบปกติไม่แตกต่างกัน โดยการจัดการเรียนรู้ด้วยชุดกิจกรรมวิทยาศาสตร์มีคะแนนเฉลี่ย 4.50 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.56 และวิธีสอนแบบปกติ มีคะแนนเฉลี่ย 4.16 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

เท่ากับ 0.50 เนื่องมาจากเวลาที่ใช้ในการทดลองมีระยะเวลาสั้น และนักเรียนที่เรียนวิชาสนุกกับอิเล็กทรอนิกส์เป็นกลุ่มที่มีความสนใจในวิชาวิทยาศาสตร์อยู่ก่อนแล้ว การทดลองอาจมีระยะเวลาไม่ยาวนานพอที่จะทำให้นักเรียนเปลี่ยนแปลงเจตคติ

3. ข้อเสนอแนะ

3.1 ข้อเสนอแนะเพื่อการนำผลการวิจัยไปใช้

3.1.1 ข้อเสนอแนะสำหรับผู้บริหาร

ถ้าครูผู้สอนต้องการจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษาในโรงเรียน ผู้บริหารสามารถให้การสนับสนุน ในส่วนของงบประมาณหรือค่าใช้จ่ายสำหรับวัสดุและอุปกรณ์ ให้กับนักเรียนและครูผู้สอน เพื่อให้เกิดกำลังใจในการสร้างสรรค์ชิ้นงาน และสถานศึกษาอาจจะต้องมีเวทีให้นักเรียนแสดงผลงาน เช่น กิจกรรมวันวิทยาศาสตร์ เพื่อให้นักเรียนเกิดความภาคภูมิใจในตนเอง

3.1.2 ข้อเสนอแนะสำหรับครูวิทยาศาสตร์

1) ในการจัดการเรียนรู้ต้องทำการวิเคราะห์นักเรียนเป็นรายบุคคล เพื่อให้ทราบเจตคติของนักเรียนต่อวิชาวิทยาศาสตร์ ในเบื้องต้นว่าชอบหรือไม่ชอบมีความรู้เดิมในเรื่องที่ต้องใช้มากน้อยเพียงใด และให้นักเรียนผลิตชิ้นงานตามศักยภาพของตนเอง ไม่ควรไปบังคับ ให้นักเรียนทุกลุ่มต้องผลิตนวัตกรรม หากแต่ว่านวัตกรรมจะเกิดขึ้นได้ต้องอาศัยการสร้างแรงจูงใจให้นักเรียนเห็นคุณค่าและความสำคัญ จนอยากทำชิ้นงานด้วยเอง อาจจะใช้คะแนนหรือคำชม เป็นแรงจูงใจในการสร้างชิ้นงานของนักเรียน

2) ในการจัดการเรียนรู้ในห้องเรียนต้องเริ่มจากการให้ความรู้ หรือทบทวนทฤษฎีและหลักการที่นักเรียน จำเป็นต้องใช้ในเรื่องนั้น ๆ ให้กับนักเรียนก่อน อาจจะตั้งเป็นคำถามแล้วให้นักเรียนใช้สมาร์ทโฟนช่วยในการสืบค้นข้อมูลของนักเรียน และเริ่มพัฒนาการสร้างชิ้นงานจาก ระดับง่ายไประดับยาก

3) การจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษาเป็นการบูรณาการความรู้จาก 4 สาขาวิชา คือ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม และคณิตศาสตร์ ถ้าหากผู้สอนไม่ถนัดในด้านใด ควรปรึกษา หรือขอคำแนะนำจากครูผู้สอนในวิชาอื่น ๆ เช่น ผู้วิจัยไม่ถนัดในการด้านการเขียนคำสั่งหรือการเขียนโปรแกรมลงบนบอร์ด เช่น ไมโครบิท เมื่อนักเรียนสร้างชิ้นงานที่มีการประยุกต์ใช้กับการโปรแกรม ผู้วิจัยจึงขอความช่วยเหลือจากครูในสาขาคอมพิวเตอร์ ให้ช่วยให้คำแนะนำ และสอนนักเรียนที่มีความสนใจในการเขียนโปรแกรม ซึ่งเป็นการบูรณาการระหว่างครูผู้สอนได้อีกด้วย

4) ในการจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษา ครูต้องทำหน้าที่เป็นโค้ช หรือผู้ให้คำแนะนำหรือให้คำปรึกษาเท่านั้น

5) การแบ่งกลุ่มนักเรียนให้สร้างสรรค์ชิ้นงาน ด้วยกิจกรรมสะเต็มศึกษา ไม่ควรให้นักเรียน ทำเป็นกลุ่มขนาดใหญ่ เพราะจะทำให้นักเรียน แสดงความคิดของตนเองออกมาได้น้อยลง และไม่ช่วยกันทำงาน

6) การประเมินการคิดเชิงนวัตกรรม จากนวัตกรรม หรือชิ้นงานของนักเรียน ควรเพิ่มเวลาให้มากกว่า 4 สัปดาห์ เนื่องจากนักเรียนให้ข้อเสนอแนะว่า เวลาในการสร้างสรรค์ชิ้นงานน้อยเกินไป

3.1.3 ข้อเสนอแนะอื่น ๆ

1) ระหว่างการจัดการเรียนรู้นักเรียนจะพบกับปัญหาในการทำงาน บางครั้งอาจมีความขัดแย้งทางความคิดระหว่างนักเรียนในกลุ่ม ครูต้องทำหน้าที่เป็นผู้ไกล่เกลี่ย และช่วยแนะนำแนวทางการแก้ปัญหา

2) สิ่งที่นักเรียนคิดหรือคาดหวังไว้ในการทำงาน เมื่อนักเรียนได้ทดลองทำแล้วไม่ประสบผลสำเร็จตามที่คาดหวังหรือตามที่คิดไว้ ครูผู้สอนจะต้องให้กำลังใจแก่นักเรียน ไม่ควรตำหนินักเรียนหรือกล่าววาจาด้วยถ้อยคำไม่สุภาพ เพื่อไม่ให้นักเรียนเกิดความรู้สึกท้อแท้หรือเบื่อหน่ายในการสร้างชิ้นงาน

3) การเลือกกิจกรรมสะเต็มศึกษามาใช้ต้องเลือกให้เหมาะสมกับช่วงวัยของนักเรียน ไม่ควรให้นักเรียนสร้างชิ้นงานที่เกินความสามารถของนักเรียน (ชิ้นงานที่ยากเกินไป) เพราะจะทำให้นักเรียนมีอคติกับสะเต็มศึกษา ครูผู้สอน รวมถึงวิชาวิทยาศาสตร์

4) ในการสื่อสารกับนักเรียนต้องเลือกใช้คำพูดให้นักเรียนรู้สึกว่าไม่ได้กำลังถูกบังคับหรือกำลังทำสิ่งที่เกินความสามารถของนักเรียน เช่น ผู้วิจัยจะไม่บอกนักเรียนว่านักเรียนกำลังสร้างชิ้นงานที่เป็นนวัตกรรมอยู่ แต่จะบอกนักเรียนว่านักเรียนกำลังสร้างสิ่งประดิษฐ์ที่ไม่เคยมีใครทำมาก่อน ถ้านักเรียนสามารถทำได้นักเรียนจะเป็นคนแรกที่ทำ แต่ถ้าทำไม่ได้ก็ไม่เป็นไร เพื่อลดความกดดัน เนื่องจากคำว่านวัตกรรมเป็นคำที่ยิ่งใหญ่เกินไปสำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ทำให้นักเรียนกลัวและไม่อยากทำชิ้นงานตั้งแต่เริ่มต้น

3.2 ข้อเสนอแนะเพื่อการวิจัยครั้งต่อไป

3.2.1 ควรศึกษาผลการจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษาในรายวิชาวิทยาศาสตร์อื่น ๆ เช่น ชีววิทยา ฟิสิกส์ และเคมี เป็นต้น ทั้งพื้นฐานและเพิ่มเติม รวมไปถึงระดับชั้นอื่น ๆ เช่น นักเรียนชั้นประถมศึกษาและปฐมวัย เพื่อให้มีผลครอบคลุมนักเรียนทุกระดับชั้นของการศึกษาขั้นพื้นฐาน

3.2.2 นักเรียนมีความชอบในการบูรณาการวิชาศิลปะ สามารถพัฒนางานวิจัย โดยใช้การจัดกิจกรรม แบบ STEAM Education โดยบูรณาการวิชาศิลปะ เข้ากับสะเต็ม (STEM) ได้อีกด้วย

บรรณานุกรม

บรรณานุกรม

เบิร์น, เกรเกอรี. (2552). *ต้นแบบนักคิดนวัตกรรม*. แปลจาก *Inconoclast*. แปลโดย ณัฐยา สินตระการผล. กรุงเทพฯ: เอ็กซเปอร์เน็ท.

ไดเยอร์, เจฟฟ์, เกรเกอร์เซน, ฮาล และ คริสเตนเซน, เคลย์ตัน. (2558). *นวัตกรพลิกโลก= The Innovator's DNA*. แปลจาก *The Innovator's DNA.* แปลโดย นรา สุภัคโรจน์. นนทบุรี: ปราณ.

กมลทิพย์ สำราญจักร. (2557*). การพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาเพื่อส่งเสริมความสามารถในการคิดวิเคราะห์ เรื่อง โมเมนตัมและการชน สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4*. (สารนิพนธ์ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต ไม่ได้ตีพิมพ์). มหาวิทยาลัยนเรศวร, พิษณุโลก.

กัญจนา ลินทรัตนศิริกุล. (2559). เครื่องมือวิจัยและการตรวจสอบคุณภาพ.ใน *ประมวลสาระชุดวิชาการวิจัยหลักสูตรและการเรียนการสอน.* (หน่วยที่ 10). (พิมพ์ครั้งที่ 6). นนทบุรี: มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.

ชนัฎดา ภูโปร่ง, ต้นสกุล ศานติบูรณ์ และนุกูล กุดแถลง. (2560). การจัดการเรียนรู้แบบสะตีมศึกษาเพื่อส่งเสริมทักษะความคิดสร้างสรรค์ และเจตคติต่อวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ในชั้นเรียนวิทยาศาสตร์. ใน *รายงานสืบเนื่องการประชุม วิชาการและนำเสนอผลงานวิจัยระดับชาติ ครั้งที่ 1 "นวัตกรรมสร้างสรรค์ ศาสตร์พระราชาสู่การพัฒนาที่ยั่งยืน ไทยแลนด์ 4.0"*. ครั้งที่ 1. ร้อยเอ็ด: มหาวิทยาลัยราชภัฏร้อยเอ็ด.

ชนัฎดา ภูโปร่ง. (2560). *การจัดการเรียนรู้แบบสะตีมศึกษา (STEAM Education) เพื่อส่งเสริมทักษะความคิดสร้างสรรค์ และเจตคติต่อวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ในชั้นเรียนวิทยาศาสตร์*. (วิทยานิพนธ์ปริญญาครุศาสตรมหาบัณฑิต ไม่ได้ตีพิมพ์). มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม, มหาสารคาม.

ชาญณรงค์ วิเศษสัตย์ และประสาท เนืองเฉลิม. (2561). แนวทางการจัดการเรียนรู้ ส่งเสริมทักษะการคิดเชิงนวัตกรรมของนักศึกษาวิชาชีพครู. *วารสารบริหารการศึกษาบัวบัณฑิต มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี, 18*(4), 129-141.

ฐายิกา ชูสุวรรณ และทวีศักดิ์ จินดานุรักษ์. (2561). การสอนวิชาฟิสิกส์โดยใช้แนวการจัดการศึกษาแบบสะเต็ม เรื่อง แสง ที่มีผลต่อทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และเจตคติทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนมัธยมขนาดกลาง จังหวัดพระนครศรีอยุธยา. *ในการประชุมวิชาการระดับชาติและนานาชาติ ครั้งที่ 2*. บุรีรัมย์: มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์.

ฐิติลักษณ์ วัฒนศิริ. (2559). *การสร้างชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์โดยใช้การเรียนการสอนตามแนว STEM ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนชลกันยานุกูล จังหวัดชลบุรี*. (วิทยานิพนธ์-ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต ไม่ได้ตีพิมพ์). มหาวิทยาลัยบูรพา, ชลบุรี.

ณฐกรณ์ ดำชะอม. (2553). *ผลของการจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการสืบเสาะหาความรู้แบบ 5E และวิธีการทางประวัติศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนประวัติศาสตร์และการคิดอย่างมีวิจารณญาณ.* (ปริญญานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต ไม่ได้ตีพิมพ์). มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, กรุงเทพฯ.

ธนวรรธณ์ ศรีวิบูลย์รัตน์ และอังคณา อ่อนธานี. (2562). การพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาเพื่อพัฒนาความสามารถในการคิดแก้ปัญหา เรื่อง งานและพลังงาน รายวิชาฟิสิกส์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4. *วารสารมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ (สทมส.), 25*(2), 197-207.

ธิรดา ถาวรทัศนกิจ. (2560). การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาเพื่อสร้างสรรค์ชิ้นงานสิ่งประดิษฐ์ด้วยวงจรไฟฟ้าเบื้องต้นของนักเรียนระดับชั้น ปวช.2. สืบค้นจาก http://www.rcc.ac.th/vijai.php?year=2560.

นพคุณ แดงบุญ. (2552). *การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ และเจตคติต่อวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยชุดกิจกรรมวิทยาศาสตร์*. (สารนิพนธ์ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต ไม่ได้ตีพิมพ์). มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, กรุงเทพฯ.

นัสรินทร์ บือชา. (2557). *ผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา (STEM Education) ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา ความสามารถในการแก้ปัญหา และความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5.* (วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต ไม่ได้ตีพิมพ์). มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, สงขลา.

บุญรักษา ประเสริฐ. (2552). *เจตคติและการปฏิบัติเกี่ยวกับนันทนาการของนักศึกษาสถาบันการพลศึกษา*. (ปริญญานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต ไม่ได้ตีพิมพ์). มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, กรุงเทพฯ.

บุษราคัม บุญกลาง, ประสาท เนืองเฉลิม และกมลหทัย แวงวาสิต. (2558). การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน การคิดวิเคราะห์และ เจตคติต่อการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ระหว่างการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น กับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐาน. *วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม, 9*(2), 94-107.

ประภัทสร บุญทวีกุลสวัสดิ์. (2553). *การพัฒนาแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย เรื่องการรับรู้และการตอบสนอง โดยใช้วิธีการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์แบบ 5Es*. (วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต ไม่ได้ตีพิมพ์). มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ปุญญพัฒน์ โคตรบุตร. (2560). *การบูรณาการตามแนวคิดสะเต็มศึกษาในการเสรมสร้างผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและเจตคติต่อวิทยาศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1*. (วิทยานิพนธ์ปริญญาครุศาสตรมหาบัณฑิต ไม่ได้ตีพิมพ์). มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม, มหาสารคาม.

พลศักดิ์ แสงพรมศรี. (2558). *การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ และเจตคติต่อการเรียนวิชาเคมี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษากับแบบปกติ*. (วิทยานิพนธ์ปริญญาครุศาสตรมหาบัณฑิต ไม่ได้ตีพิมพ์). มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม, มหาสารคาม.

พิชญานิน ลายเจียร. (2557). *การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและเจตคติต่อการเรียนวิทยาศาสตร์ระหว่างการสอนโดยใช้ชุดกิจกรรมวิทยาศาสตร์กับวิธีสอนแบบปกติ*. (สารนิพนธ์ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต ไม่ได้ตีพิมพ์). มหาวิทยาลัยหาดใหญ่, ภูเก็ต.

พิทธพนธ์ พิทักษ์. (2560). *การพัฒนารูปแบบการสอนฟิสิกส์ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาเพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณและความสามารถในการเผชิญและฝ่าฟันอุปสรรคของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย*. (ดุษฎีนิพนธ์ปริญญาดุษฎีบัณฑิต ไม่ได้ตีพิมพ์). มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช, นนทบุรี.

มรีจิ คงทรัตน์. (2553). *ผลของการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์โดยใช้เทคนิคแนวเทียบร่วมกับวงจรการเรียนรู้ 5E ที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาและเจตคติต่อวิทยาศาสตร์ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น*. (วิทยานิพนธ์ปริญญาครุศาสตรมหาบัณฑิต ไม่ได้ตีพิมพ์). จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.

มารียะห์ มะเซ็ง, ณัฐวิทย์ พจนตันติ และวิรัตน์ ธรรมาภรณ์. (2556). ผลการจัดการเรียนรู้แบบโครงงานที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และเจตคติต่อวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2. *วารสารวิชาการ อัล-ฮิกมะฮฺ มหาวิทยาลัยอิสลามยะลา, 3*(5), 23-36.

ราชบัณฑิตยสถาน. (2554). พจนานุกรมฉบับราชบัณฑิตยสถาน พ.ศ. 2554. สืบค้นจาก http://www.royin.go.th/dictionary.

ราวรรณ์ ทิลานันท์. (2558). *การจัดการเรียนรู้แบบโครงงานสะเต็มศึกษาที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์และความสามารถด้านความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6*. (วิทยานิพนธ์ปริญญาครุศาสตรมหาบัณฑิต ไม่ได้ตีพิมพ์). มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์, นครสวรรค์.

ลือชา ลดาชาติ, วิลาวัลย์ โพธิ์ทอง, วิไลภรณ์ ฤทธิคุปต์ และลฎาภา ลดาชาติ. (2562). สะเต็มศึกษาและการออกแบบเชิงวิศวกรรมตามความเข้าใจและมุมมองของครู. *วารสารศึกษาศาสตร์*, *30*(1), 89-103.

วศิณีส์ อิศรเสนา ณ อยุธยา. (2560). *เรื่องน่ารู้เกี่ยวกับ STEM Education (สะเต็มศึกษา).* (พิมพ์ครั้งที่ 2). กรุงเทพฯ: งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

วากเนอร์ โทนี. (2561). *Creating Innovators: คู่มือสร้างนักนวัตกรรมเปลี่ยนโลก*. แปลจาก *Creating Innovators: The Making of young People Who Will Change the World*. แปลโดย ดลพร รุจิรวงศ์. กรุงเทพฯ: บุ๊คสเคป.

วิจารณ์ พานิช. (2556). *การสร้างการเรียนรู้สู่ศตวรรษที่ 21.* กรุงเทพฯ: มูลนิธิสยามกัมมาจล.

วีณา ประชากูล และประสาท เนืองเฉลิม. (2553). *รูปแบบการเรียนการสอน.* มหาสารคาม: มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) และสะเต็มศึกษา ประเทศไทย. (2557). สะเต็มศึกษาและการออกแบบเชิงวิศวกรรม. สืบค้นจาก http://www.stemedthailand.org.

_____. (2557). สะเต็มศึกษาและการออกแบบเชิงวิศวกรรม. สืบค้นจาก http://www.stemedthailand.org.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.). (2556). คู่มือการใช้หลักสูตรวิทยาศาสตร์ ฉบับอนาคต ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2. สืบค้นจาก http://www.ipst.ac.th/files/curriculum2556/ManualScienceM2.pdf.

_____. (2556). คู่มือการใช้หลักสูตรวิทยาศาสตร์ ฉบับอนาคต ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3. สืบค้นจาก http://www.ipst.ac.th/files/curriculum2556/ManualScienceM3.pdf.

_____. (2560). การใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมเพื่อเสริมสร้างความคิดสร้างสรรค์และทักษะการแก้ปัญหา ตอนที่ 5. สืบค้นจาก http://oho.ipst.ac.th/edp-creative-problem-solving5.

สมโชค เมืองเมฆ, สุพัฒน์ มูลสิน และวุฒิกร จันทร์มาก. (2561). การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและเจตคติต่อการเรียนวิชาเคมี เรื่อง กรด-เบสของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยการจัดการเรียนรู้แบบค้นพบร่วมกับเทคนิคแบบร่วมมือ. ใน *การประชุมวิชาการเสนอผลงานวิจัยบัณฑิตศึกษา ระดับชาติและนานาชาติ 2560.* ขอนแก่น: มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ. (2560). *แผนการศึกษา แห่งชาติ พ.ศ.2560-2579*. กรุงเทพฯ: สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ.

สุกัญญา แช่มช้อย. (2555). แนวคิดเชิงนวัตกรรมสำหรับการบริหารสถานศึกษาในศตวรรษที่ 21. *วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร, 14*(2), 118-128.

สุทิดา จำรัส. (2560). นิยามของสะเต็มและลักษณะสำคัญของกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา. *วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช, 10*(2), 1-34.

สุธีระ ประเสริฐสรรพ์. (2558). *สะเต็มศึกษา : ความท้าทายใหม่ของการศึกษาไทย*. สงขลา: นำศิลป์โฆษณา .

อดิสร บรรหาร. (2560). *การเปรียบเทียบการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษาและรูปแบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น เพื่อพัฒนาความสามารถในการคิดสร้างสรรค์และเจตคติต่อวิชาฟิสิกส์ เรื่อง โมเมนตัมและการชน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ในชั้นเรียนวิชาฟิสิกส์*. (วิทยานิพนธ์-ปริญญาครุศาสตรมหาบัณฑิต ไม่ได้ตีพิมพ์). มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม, มหาสารคาม.

อรชร ปราจันทร์ และสุกัญญา แช่มช้อย. (2561). รูปแบบการบริหารเพื่อพัฒนาทักษะการคิดเชิงนวัตกรรมของครูในสถานศึกษาขั้นพื้นฐาน. *วารสารวิชาการมหาวิทยาลัยฟาร์อีสเทอร์น*, *12*(1), 156-169.

อับดุลยามีน หะยีขาเดร์. (2559). *ผลของการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็ม ศึกษาที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ และความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5*. (วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต ไม่ได้ตีพิมพ์). มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, สงขลา.

อาทิตย์ ฉิมกุล. (2559). *ผลของการจัดการเรียนรู้ชีววิทยาตามแนวคิดสะเต็มศึกษาที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหา และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยาของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย.* (วิทยานิพนธ์ปริญญาครุศาสตรมหาบัณฑิต ไม่ได้ตีพิมพ์). จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.

อาทิตยา พูนเรือง, อัจฉริยา รังษิรุจิ, สมเกียรติ พรพิสุทธิมาศ, อรอนงค์ พริ้งศุลกะ และสุฑามาศ นิยมพานิช. (2559). การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง เคมีที่เป็นพื้นฐานของสิ่งมีชีวิต โดยการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5. ใน *การประชุมวิชาการระดับชาติครุศาสตร์ ครั้งที่ 1การจัดการศึกษาเพื่อพัฒนาท้องถิ่น สู่ประชาคมอาเซียน : ทิศทางใหม่ในศตวรรษที่ 21*. ครั้งที่ 1. กาฬสินธุ์: มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์.

Amelink, T. C., Seimetz, N. C., Watford, A. B., Cuadrado-Medina, A. J., Folgar-Lopez, C. J., & Lewis, N. S. (2014). *American Society for Engineering Education*. Retrieved from https://www.asee.org/public/conferences/32/papers/10437.

Boakes, J. N. (2019). Cultivating Design Thinking of Middle School Girls through an Origami STEAM Project. *Journal for STEM Education Research.* Retrieved from Doi.org/ 10.1007/s41979-019-00025-8.

Ceylan, S. & Ozdilek, Z. (2015). Improving a Sample Lesson Plan for Secondary Science Courses within the STEM Education. *Procedia – Social and Behavioral Sciences,* 177, 223 – 228. Retrieved from http://www.sciencedirect.com.

Gonzalez, B. H. & Kuenzi, J. J. (2012). Science, Technology, Engineering, and Mathematics (STEM) Education: A Primer. *Congressional Research Service,* 7, 1-34. Retrieved from http://www.crs.gov.

Li, Y., Schoenfeld H. A., diSessa, A. A., Graesser, C. A., Benson, C. L., English, D. L., & Duschl, A. R. (2019). On Thinking and STEM Education. *Journal for STEM Education Research,* 2, 1–13. Retrieved from Doi.org/10.1007/s41979-019-00014-x.

Lynch, Matthew. (2018). 10 Ways To Help Your Students Be Innovative And Creative. Retrieved from https://www.thetechedvocate.org.

Medvedeva, A. T. (2012). Developing an Innovative Style of Thinking and Innovative Behavior. *Syst Pract Action Res*, 25, 261–272. Retrieved from DOI 10.1007/s11213-011-9221-9.

Orlandi, C. E.A. (2010). Experimental experience in design education as a resource for innovative thinking:The case of Bruno Munari. *Procedia Social and Behavioral Sciences.* 2, 5039–5044. Retrieved from http://www.sciencedirect.com.

Pimthong, P. & Williams, J. (2018). Preservice teachers' understanding of STEM education. *Kasetsart Journal of Social Sciences,* Article in press. 1-7. Retrieved from http:// www.elsevier.com/locate/kjss.

Sesen, A. B. & Tarhan, L. (2013). Inquiry-Based Laboratory Activities in Electrochemistry: High School Students' Achievements and Attitudes. *Res Sci Educ,* 43, 413–435. Retrieved from Doi 10.1007/s11165-011-9275-9.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

รายชื่อผู้ทรงคุณวุฒิ

รายชื่อผู้ทรงคุณวุฒิ
ตรวจประเมินเครื่องมือวิจัย

1. ชื่อ ดร. พิทธพนธ์ พิทักษ์
   สถานที่ทำงาน ครูชำนาญการ โรงเรียนกระบุรีวิทยา อ.กระบุรี จ.ระนอง
   วุฒิการศึกษา ปร.ด (ศึกษาศาสตร์) วิชาเอกหลักสูตรและการสอน
   มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช
   ประสบการณ์/ความชำนาญ ครูดีเด่น STEM EDUCATION ประเทศไทย ปี 2562
   การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์โดยใช้กระบวนการสืบเสาะ
   และครูที่ปรึกษาโครงงานวิทยาศาสตร์

2. ชื่อ นางสาวอาริสา สุปน
   สถานที่ทำงาน ครูชำนาญการ โรงเรียนบ้านโคกวิทยาคม อ.บ้านโคก จ.อุตรดิษถ์
   วุฒิการศึกษา ศษ.ม. หลักสูตรและการสอนวิทยาศาสตร์
   มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช
   ประสบการณ์/ความชำนาญ ครูผู้สอนวิชาฟิสิกส์ มัธยมศึกษาตอนปลาย ปฏิบัติงานวิชาการ
   งานหลักสูตรสถานศึกษาและงานวิจัย

3. ชื่อ นางสาวธิตินันท์ นาจาน
   สถานที่ทำงาน ครูชำนาญการ โรงเรียนปากเกร็ด จ. นนทบุรี
   วุฒิการศึกษา ศษ.ม. หลักสูตรการสอนวิทยาศาสตร์
   มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช
   ประสบการณ์/ความชำนาญ การจัดการเรียนรู้โดยใช้กลวิธีการสอนวิทยาศาสตร์

ที่ อว ๐๖๐๒.๑๖ (บ)/ ๕๓๑

สาขาวิชาศึกษาศาสตร์
มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช
ตำบลบางพูด อำเภอปากเกร็ด
จังหวัดนนทบุรี ๑๑๑๒๐

๑๐ ตุลาคม ๒๕๖๒

เรื่อง ขอเรียนเชิญเป็นผู้ทรงคุณวุฒิพิจารณาเครื่องมือวิจัย

เรียน อาจารย์พิทธพนธ์ พิทักษ์

สิ่งที่ส่งมาด้วยโครงการวิทยานิพนธ์ จำนวน ๑ ชุด

ด้วยนางสาวปัทมพรรณ บุญประคม นักศึกษาหลักสูตรบัณฑิตศึกษา วิชาเอกวิทยาศาสตร์ศึกษา สาขาวิชาศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช ได้รับอนุมัติให้ทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง ผลการจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษาในวิชาสนุกกับอิเล็กทรอนิกส์ที่มีต่อการคิดเชิงนวัตกรรม และเจตคติที่มีต่อวิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษา ปีที่ ๓ โรงเรียนสาธิตมัธยม มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา ตามโครงการวิทยานิพนธ์ที่แนบมาด้วยนี้

การจัดทำวิทยานิพนธ์เรื่องดังกล่าว นักศึกษาได้จัดทำเครื่องมือที่จะเก็บรวบรวมข้อมูลและได้รับความเห็นชอบเบื้องต้นจากอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ไว้ชั้นหนึ่งแล้ว แต่เพื่อให้เครื่องมือที่จัดทำนั้นมีความครอบคลุมเนื้อหาวิชา แนวปฏิบัติ และสอดคล้องกับหลักและกระบวนการวิจัย ทางสาขาวิชาจึงขอความอนุเคราะห์จากท่านในฐานะผู้ทรงคุณวุฒิด้านเนื้อหา ได้โปรดพิจารณาตรวจสอบและให้ความคิดเห็นเพื่อการปรับปรุงเครื่องมือการวิจัยของนักศึกษาผู้นี้ด้วย สำหรับรายละเอียดอื่น ๆ นักศึกษาจะนำเรียนด้วยตนเอง

สาขาวิชาศึกษาศาสตร์ หวังเป็นอย่างยิ่งว่าคงจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านเป็นอย่างดี จึงขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์ ดร.ทวีวัฒน์ วัฒนกุลเจริญ)
ประธานกรรมการประจำสาขาวิชาศึกษาศาสตร์

ฝ่ายบัณฑิตศึกษา
โทร. ๐-๒๕๐๔-๘๕๐๕
โทรสาร. ๐-๒๕๐๓-๓๕๖๖-๗
เบอร์โทรนักศึกษา. ๐๘๗-๑๑๕๕๘๘๒

ที่ อว ๐๖๐๒.๑๖ (บ)/ ๕๓๑

สาขาวิชาศึกษาศาสตร์
มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช
ตำบลบางพูด อำเภอปากเกร็ด
จังหวัดนนทบุรี ๑๑๑๒๐

๑๐ ตุลาคม ๒๕๖๒

เรื่อง ขอเรียนเชิญเป็นผู้ทรงคุณวุฒิพิจารณาเครื่องมือวิจัย

เรียน อาจารย์อาริสา สุปน

สิ่งที่ส่งมาด้วยโครงการวิทยานิพนธ์ จำนวน ๑ ชุด

ด้วยนางสาวปัทมพรรณ บุญประคม นักศึกษาหลักสูตรบัณฑิตศึกษา วิชาเอกวิทยาศาสตร์ศึกษา สาขาวิชาศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช ได้รับอนุมัติให้ทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง ผลการจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษาในวิชาสนุกกับอิเล็กทรอนิกส์ที่มีต่อการคิดเชิงนวัตกรรม และเจตคติที่มีต่อวิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษา ปีที่ ๓ โรงเรียนสาธิตมัธยม มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา ตามโครงการวิทยานิพนธ์ที่แนบมาด้วยนี้

การจัดทำวิทยานิพนธ์เรื่องดังกล่าว นักศึกษาได้จัดทำเครื่องมือที่จะเก็บรวบรวมข้อมูลและได้รับความเห็นชอบเบื้องต้นจากอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ไว้ชั้นหนึ่งแล้ว แต่เพื่อให้เครื่องมือที่จัดทำนั้นมีความครอบคลุมเนื้อหาวิชา แนวปฏิบัติ และสอดคล้องกับหลักและกระบวนการวิจัย ทางสาขาวิชา จึงขอความอนุเคราะห์จากท่านในฐานะผู้ทรงคุณวุฒิด้านเนื้อหา ได้โปรดพิจารณาตรวจสอบและให้ความคิดเห็นเพื่อการปรับปรุงเครื่องมือการวิจัยของนักศึกษาผู้นี้ด้วย สำหรับรายละเอียดอื่น ๆ นักศึกษาจะนำเรียนด้วยตนเอง

สาขาวิชาศึกษาศาสตร์ หวังเป็นอย่างยิ่งว่าคงจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านเป็นอย่างดี จึงขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์ ดร.ทวีวัฒน์ วัฒนกุลเจริญ)
ประธานกรรมการประจำสาขาวิชาศึกษาศาสตร์

ฝ่ายบัณฑิตศึกษา
โทร. ๐-๒๕๐๔-๘๕๐๕
โทรสาร. ๐-๒๕๐๓-๓๕๖๖-๗
เบอร์โทรนักศึกษา ๐๘๗-๑๑๕๕๘๘๒

ที่ อว ๐๖๐๒.๑๖ (บ)/๕๑๑๗

สาขาวิชาศึกษาศาสตร์
มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช
ตำบลบางพูด อำเภอปากเกร็ด
จังหวัดนนทบุรี ๑๑๑๒๐

๑๐ ตุลาคม ๒๕๖๒

เรื่อง ขอเรียนเชิญเป็นผู้ทรงคุณวุฒิพิจารณาเครื่องมือวิจัย

เรียน อาจารย์ธิตินันท์ นาจาน

สิ่งที่ส่งมาด้วยโครงการวิทยานิพนธ์ จำนวน ๑ ชุด

ด้วยนางสาวปัทมพรรณ บุญประคม นักศึกษาหลักสูตรบัณฑิตศึกษา วิชาเอกวิทยาศาสตร์ศึกษา สาขาวิชาศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช ได้รับอนุมัติให้ทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง ผลการจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษาในวิชาสนุกกับอิเล็กทรอนิกส์ที่มีต่อการคิดเชิงนวัตกรรม และเจตคติที่มีต่อวิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษา ปีที่ ๓ โรงเรียนสาธิตมัธยม มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา ตามโครงการวิทยานิพนธ์ที่แนบมาด้วยนี้

การจัดทำวิทยานิพนธ์เรื่องดังกล่าว นักศึกษาได้จัดทำเครื่องมือที่จะเก็บรวบรวมข้อมูลและได้รับความเห็นชอบเบื้องต้นจากอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ไว้ชั้นหนึ่งแล้ว แต่เพื่อให้เครื่องมือที่จัดทำนั้นมีความครอบคลุมเนื้อหาวิชา แนวปฏิบัติ และสอดคล้องกับหลักและกระบวนการวิจัย ทางสาขาวิชา จึงขอความอนุเคราะห์จากท่านในฐานะผู้ทรงคุณวุฒิด้านเนื้อหา ได้โปรดพิจารณาตรวจสอบและให้ความคิดเห็นเพื่อการปรับปรุงเครื่องมือการวิจัยของนักศึกษาผู้นี้ด้วย สำหรับรายละเอียดอื่น ๆ นักศึกษาจะนำเรียนด้วยตนเอง

สาขาวิชาศึกษาศาสตร์ หวังเป็นอย่างยิ่งว่าคงจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านเป็นอย่างดี จึงขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์ ดร.ทวีวัฒน์ วัฒนกุลเจริญ)
ประธานกรรมการประจำสาขาวิชาศึกษาศาสตร์

ฝ่ายบัณฑิตศึกษา
โทร. ๐-๒๕๐๔-๘๕๐๕
โทรสาร. ๐-๒๕๐๓-๙๕๖๖-๗
บอร์โทรนักศึกษา ๐๘๗-๓๑๕๕๘๘๒

ภาคผนวก ข

คุณภาพเครื่องมือที่ใช้เก็บรวบรวมข้อมูล

คุณภาพเครื่องมือที่ใช้เก็บรวบรวมข้อมูล (แบบวัดเจตคติต่อวิชาวิทยาศาสตร์)

ผลการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญ

ข้อที่	ข้อความในแบบทดสอบ	เจตคติที่ต้องการวัด	ผู้เชี่ยวชาญ			IOC= $\frac{\sum R}{N}$	สรุป
			คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3		
1	วิทยาศาสตร์ทำให้คนเรามีเหตุผล	ความรู้สึกต่อวิทยาศาสตร์	+1	+1	+1	+1	ใช้ได้
2	ข้อมูลที่ได้จากวิทยาศาสตร์เชื่อถือได้	ความรู้สึกต่อวิทยาศาสตร์	+1	+1	+1	+1	ใช้ได้
3	ความรู้ทางวิทยาศาสตร์มีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา	ความรู้สึกต่อวิทยาศาสตร์	+1	+1	+1	+1	ใช้ได้
4	วิทยาศาสตร์เป็นวิชาที่ท้าทายความสามารถของข้าพเจ้า	ความรู้สึกต่อวิทยาศาสตร์	+1	+1	+1	+1	ใช้ได้
5	วิทยาศาสตร์เป็นวิชาที่ทำให้ข้าพเจ้าเป็นคนช่างสังเกต	ความรู้สึกต่อวิทยาศาสตร์	+1	+1	+1	+1	ใช้ได้
6	ข้าพเจ้าคิดว่าวิชาวิทยาศาสตร์นั้นยาก	ความรู้สึกต่อวิทยาศาสตร์	+1	0	+1	0.67	ใช้ได้
7	วิทยาศาสตร์เป็นวิชาที่สามารถนำไปพัฒนาประเทศได้	การเห็นความสำคัญต่อวิชาวิทยาศาสตร์	+1	+1	+1	+1	ใช้ได้
8	วิทยาศาสตร์มีความสำคัญต่อมนุษย์ทุกคน	การเห็นความสำคัญต่อวิชาวิทยาศาสตร์	+1	0	+1	0.67	ใช้ได้
9	วิทยาศาสตร์ทำให้ข้าพเจ้าพัฒนาตนเองได้อยู่เสมอ	การเห็นความสำคัญต่อวิชาวิทยาศาสตร์	+1	+1	+1	+1	ใช้ได้
10	วิทยาศาสตร์เป็นวิชาที่มีประโยชน์ต่อสังคม	การเห็นความสำคัญต่อวิชาวิทยาศาสตร์	+1	0	+1	0.67	ใช้ได้
ข้อ	**ข้อความใน**	**เจตคติที่ต้องการวัด**	**ผู้เชี่ยวชาญ**			IOC= $\frac{\sum R}{N}$	**สรุป**

ที่	แบบทดสอบ		คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3		
11	วิทยาศาสตร์ทำให้เกิดการค้นพบความรู้ใหม่	การเห็นความสำคัญต่อวิชาวิทยาศาสตร์	+1	+1	+1	+1	ใช้ได้
12	ชั่วโมงวิทยาศาสตร์เป็นชั่วโมงที่ข้าพเจ้ารอคอย	ความสนใจวิทยาศาสตร์	+1	-1	+1	0.33	ใช้ไม่ได้
13	ในชั่วโมงวิทยาศาสตร์ข้าพเจ้าชอบแอบเล่นโทรศัพท์มือถืออยู่เสมอ	ความสนใจวิทยาศาสตร์	+1	+1	+1	+1	ใช้ได้
14	วิทยาศาสตร์เป็นวิชาที่ควรให้เวลามากกว่านี้	ความสนใจวิทยาศาสตร์	+1	+1	+1	+1	ใช้ได้
15	ในชั่วโมงเรียนวิทยาศาสตร์แต่ละครั้งข้าพเจ้าต้องการให้หมดเวลาเร็ว ๆ	ความสนใจวิทยาศาสตร์	+1	+1	+1	+1	ใช้ได้
16	ข้าพเจ้าตั้งใจเรียนในวิชาวิทยาศาสตร์อยู่เสมอ	ความสนใจวิทยาศาสตร์	+1	+1	+1	+1	ใช้ได้
17	ถ้าข้าพเจ้าเห็นหนังสือหรือบทความทางวิทยาศาสตร์ ข้าพเจ้าจะเปิดอ่านอยู่เสมอ	ความสนใจวิทยาศาสตร์	+1	+1	+1	+1	ใช้ได้
18	เมื่อผู้สอนให้ทำการทดลองข้าพเจ้าต้องฝืนใจทำจนเสร็จ	การแสดงออกหรือการมีส่วนร่วมในกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับวิชาวิทยาศาสตร์	+1	+1	+1	+1	ใช้ได้
19	การปฏิบัติการทดลองบางครั้งอันตรายและน่ากลัว ทำให้ข้าพเจ้าเรียนไม่อยากเรียนวิทยาศาสตร์	การแสดงออกหรือการมีส่วนร่วมในกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับวิชาวิทยาศาสตร์	+1	+1	+1	+1	ใช้ได้
20	เมื่อใดก็ตามที่ข้าพเจ้าลงมือทดลองวิทยาศาสตร์ข้าพเจ้าจะทำต่อไปจนสำเร็จ	การแสดงออกหรือการมีส่วนร่วมในกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับวิชาวิทยาศาสตร์	+1	-1	+1	0.33	ใช้ไม่ได้
21	ข้าพเจ้ามีความสุขเมื่อได้	ความนิยมชมชอบ	+1	+1	+1	+1	ใช้ได้

ข้อที่	ข้อความในแบบทดสอบ	เจตคติที่ต้องการวัด	ผู้เชี่ยวชาญ			IOC= $\frac{\sum R}{N}$	สรุป
			คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3		
	ทดลองวิทยาศาสตร์	วิทยาศาสตร์					
22	วิทยาศาสตร์เป็นวิชาที่เรียนแล้วสนุก	ความนิยมชมชอบวิทยาศาสตร์	+1	+1	+1	+1	ใช้ได้
23	วิทยาศาสตร์เป็นวิชาที่น่าเบื่อ	ความนิยมชมชอบวิทยาศาสตร์	+1	-1	+1	0.33	ใช้ไม่ได้
24	ข้าพเจ้าอยากเรียนวิชาอื่นแทนวิทยาศาสตร์	ความนิยมชมชอบวิทยาศาสตร์	+1	+1	+1	+1	ใช้ได้
25	ข้าพเจ้ามีความสุขเมื่อได้เรียนทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์	ความนิยมชมชอบวิทยาศาสตร์	+1	-1	+1	0.33	ใช้ไม่ได้

หมายเหตุ

ข้อที่ใช้ไม่ได้ จำนวน 4 ข้อ ได้ตัดออกและคัดเลือกข้อที่อยู่ในเกณฑ์ จำนวน 21 ข้อ เป็นข้อคำถามในแบบวัดเจตคติต่อวิชาวิทยาศาสตร์ที่ใช้จริง

ภาคผนวก ค

ตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ รายวิชา สนุกกับอิเล็กทรอนิกส์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3/2-3/4
รหัสวิชา ว 23206 หน่วยการเรียนรู้ที่ 1 การต่อวงจรไฟฟ้าแบบต่าง ๆ ภาคเรียนที่ 2/2562
หน่วยย่อยที่ 3 เรื่อง การสร้างนวัตกรรมเครื่องบอกระดับน้ำอย่างง่าย **เวลา 8 ชั่วโมง**
****

1. ผลการเรียนรู้

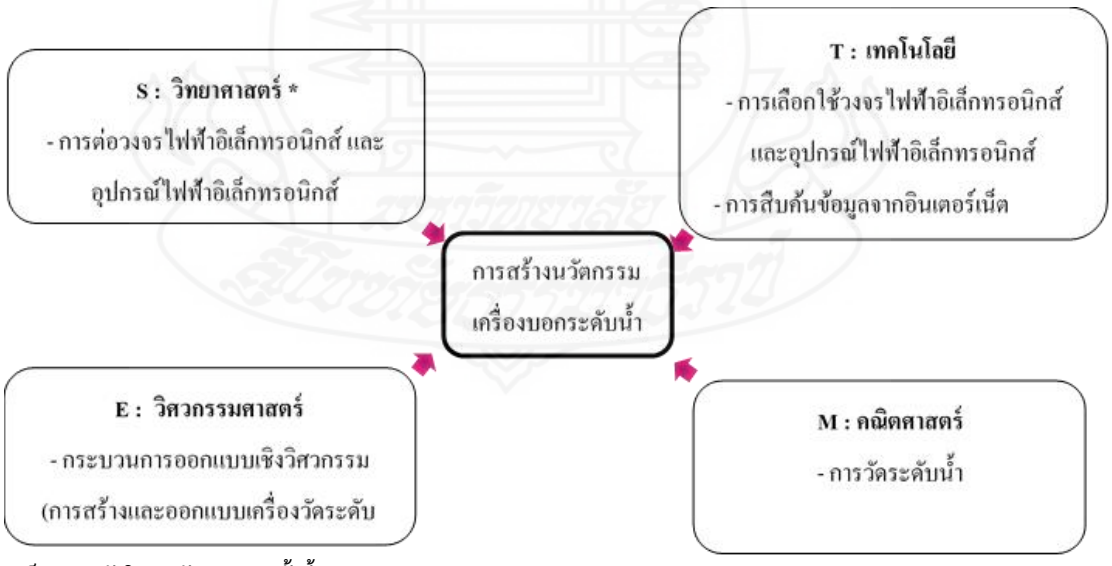
1. เพื่อให้สามารถนำเอาอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์มาเชื่อมต่อประกอบเป็นวงจรพื้นฐานและ เลือกเครื่องใช้ไฟฟ้าได้อย่างเหมาะสม

2. เพื่อให้มีลักษณะนิสัยเป็นนักวิทยาศาสตร์ในการทำงานด้วยความเป็นระเบียบ มีลำดับขั้นตอนในการทำงานอย่างถูกต้องและปลอดภัย

2. สาระสำคัญ/ความคิดรวบยอด

ปัจจุบันหลายภาคของประเทศไทยประสบปัญหา ภาวะน้ำท่วมใหญ่เกือบทุกปี มีประชาชนจำนวนมากได้รับความเดือดร้อน การเพิ่ม หรือการลดปริมาณของน้ำที่เข้ามาท่วมในที่พักอาศัย จึงทำให้คาดคะเนปริมาณน้ำได้ ถ้ามีเครื่องบอกระดับน้ำระดับน้ำ จะช่วยให้ผู้ที่ประสบภัยทราบปริมาณน้ำได้แน่นอน โดยไม่ต้องอาศัยการคาดคะเนด้วยสายตา จะทำให้สามารถวางแผน การขนย้ายสิ่งของเครื่องใช้ได้

การบูรณาการสะเต็มศึกษา



*** เป็นวิชาหลักในการจัดกิจกรรมครั้งนี้**

3. จุดประสงค์การเรียนรู้

1. ประยุกต์ใช้ความรู้ เรื่อง การต่อวงจรไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ (K)

2. ออกแบบ และสร้างนวัตกรรมเครื่องบอกระดับน้ำอย่างง่าย (P)

3. มีส่วนร่วมในกระบวนการกลุ่ม (A)

วัสดุ-อุปกรณ์

1. อุปกรณ์บัดกรี ได้แก่ หัวแร้งแช่ ตะกั่วบัดกรี น้ำยาประสาน แท่นวางหัวแร้ง เป็นต้น

2. แผ่นโปรโตรบอร์ด

3. วัสดุและอุปกรณ์อื่น ๆ ตามความต้องการของนักเรียน

4. กิจกรรมการเรียนรู้

สัปดาห์ที่ 6 **สอนขั้นที่ 1-3 ใช้เวลา 2 คาบ/สัปดาห์

ก่อนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ให้นักเรียนแบ่งกลุ่มเป็นกลุ่มย่อย ๆ กลุ่มละ 2 คน โดยให้นักเรียนจับคู่กัน โดยใช้คู่ในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1

1. ขั้นสร้างความสนใจ (5 นาที)

- กระตุ้นความสนใจของนักเรียน โดยร่วมกันอภิปรายถึงสถานการณ์ในปัจจุบันที่เกี่ยวกับน้ำท่วมใหญ่ทางภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย และเชื่อมโยงกับสถานการณ์น้ำท่วมในจังหวัดพระนครศรีอยุธยา เมื่อปี พ.ศ.2554 ว่าเหมือน หรือแตกต่างกันอย่างไร

2. ขั้นสำรวจและค้นหา (ใช้การจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษา)

ขั้นที่ 1 ระบุปัญหา (5 นาที)

1. กระตุ้นนักเรียนด้วยคำถามที่ว่า **“ถ้าบ้านนักเรียนประสบปัญหาน้ำท่วมใหญ่อีกครั้งเหมือน ปี พ.ศ.2554 แล้วนักเรียนอยู่บนบ้านชั้นสอง นักเรียนอยากจะทราบระดับน้ำที่เพิ่มขึ้นมาในแต่ละวัน นักเรียนจะมีวิธีการวัดอย่างไร”** ให้นักเรียนตอบปัญหาลงในใบกิจกรรมที่ 2

2. นักเรียนและครูอภิปรายร่วมกันจากประเด็นปัญหาที่นักเรียนตอบ พิจารณาให้สอดคล้องกับสถานการณ์ที่กำหนด

ขั้นที่ 2 รวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา (20 นาที)

1. ให้นักเรียนช่วยกันในกลุ่มระดมสมอง คิดหาวิธีบอกระดับน้ำโดยที่นักเรียนไม่ต้องลงไปดูด้วยตนเอง

2. จากนั้นกระตุ้นถามนักเรียนต่อว่า ถ้าเราจะออกแบบเครื่องบอกระดับน้ำจะมีลักษณะเป็นอย่างไร

ขั้นที่ 3 ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา (70 นาที)

- ให้นักเรียนสืบค้นจากอินเทอร์เน็ต และระดมสมองว่าถ้านักเรียนต้องการสร้างวงจรบอกระดับน้ำ นักเรียนจะต้องใช้อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ชนิดใดบ้าง และต้องต่อวงจรแบบใด จากนั้นออกแบบลงในใบกิจกรรมที่ 2

สัปดาห์ที่ 7-8 **จัดกิจกรรมสะเต็มศึกษาใน ขั้นที่ 4 ผลิตเครื่องบอกระดับน้ำอย่างง่าย ใช้เวลา 2 คาบ/สัปดาห์

ขั้นที่ 4 ผลิตชิ้นงาน (ใช้เวลา 2 สัปดาห์ คิดเป็นจำนวน 4 คาบ)

- ให้นักเรียนต่อวงจรตามที่นักเรียนออกแบบลงบนแผ่นโปรโตรบอร์ด เพื่อทดสอบความคิดของนักเรียนว่าถูกต้องหรือไม่ และนำไปประกอบเป็นเครื่องบอกระดับน้ำอย่างง่ายได้

สัปดาห์ที่ 9 **จัดกิจกรรมสะเต็มศึกษา ขั้นที่ 5 และ 6 ใช้เวลา 2 คาบ/สัปดาห์

ขั้นที่ 5 ทดสอบและประเมินผล ชิ้นงาน (50 นาที)

- ให้นักเรียนทดสอบวงจรตามที่นักเรียนออกแบบว่าสามารถบอกระดับน้ำได้จริงหรือไม่

ขั้นที่ 6 นำเสนอชิ้นงาน (40 นาที)

- ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอผลงานที่นักเรียนออกแบบ

3. ขั้นอธิบายและสรุป (5 นาที)

1. อธิบายและนักเรียนช่วยกันลงข้อสรุป เกี่ยวกับวงจรที่ใช้บอกระดับน้ำของนักเรียน
2. นักเรียนและครูร่วมกันอภิปรายปัญหาที่พบและแนวทางแก้ไขปัญหาในระหว่างการทำงาน

4. ขั้นขยายความรู้ (5 นาที)

- ให้นักเรียนช่วยกันคิดว่าเราสามารถนำวงจรที่ออกแบบนี้ไปประยุกต์ใช้อะไรได้บ้าง (ครูคาดหวังคำตอบ เช่น การบอกระดับของแท้งค์น้ำที่บ้าน หรือการนำวงจรนี้ไปต่อยอดเป็นวงจรอื่น ๆ)

5. ขั้นประเมิน

- ใช้กิจกรรมในขั้นที่ 5 ทดสอบและประเมินผล ชิ้นงาน และขั้นที่ 6 นำเสนอชิ้นงาน ของกิจกรรมสะเต็มศึกษา

5. สื่อ/แหล่งการเรียนรู้

สื่อ 1. แผ่นโปรโตรบอร์ด สำหรับจำลองวงจรของนักเรียน

2. วัสดุ-อุปกรณ์ ตามความต้องการของนักเรียน ตามที่นักเรียนออกแบบไว้

แหล่งการเรียนรู้

โดมโรงเรียนสาธิตมัธยม มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา

6. การวัดและประเมินผล

จุดประสงค์	วิธีการวัด	เครื่องมือวัด	เกณฑ์การให้คะแนน
1. ด้านความรู้ (K) - นักเรียนประยุกต์ใช้ความรู้เรื่อง การต่อวงจรไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ออกแบบวงจรได้ (K)	- ตรวจใบกิจกรรมที่ 2	-ใบกิจกรรมที่ 2	- วงจรที่นักเรียนออกแบบถูกต้องมากกว่า ร้อยละ 50 ขึ้นไปถือว่าผ่านเกณฑ์
2. ด้านทักษะกระบวนการ (P) - นักเรียนสร้างนวัตกรรมเครื่องบอกระดับน้ำอย่างง่ายได้ (P)	- ตรวจวงจรนักเรียนออกแบบและสร้างวงจรบนโปรโตบอร์ด - แบบประเมินการคิดเชิงนวัตกรรม	- วงจรที่นักเรียนออกแบบและสร้างบนโปรโตบอร์ด - นวัตกรรม	- สร้างวงจรแล้ววงจรแจ้งสามารถบอกระดับน้ำได้ถือว่าผ่านเกณฑ์
3. ด้านคุณลักษณะอันพึงประสงค์ (A) มีส่วนร่วมในกระบวนการกลุ่ม ความมีเหตุผล ใฝ่เรียนรู้ มีความมุ่งมั่นในการทำงาน การยอมรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น	-สังเกตพฤติกรรมการเรียน จากการอภิปรายร่วมกัน การยอมรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น	- แบบประเมินคุณลักษณะอันพึงประสงค์ - แบบสังเกตพฤติกรรมการทำงานกลุ่ม	- ระดับผ่านขึ้นไปถือว่าผ่านเกณฑ์

7. บันทึกหลังการสอน

ผลการใช้แผนการจัดการเรียนรู้

.....

.....

.....

.....

ผลการเรียนรู้ของนักเรียน

.....

.....

.....

.....

ปัญหาและอุปสรรค

.....

.....

.....

.....

ข้อเสนอแนะและแนวทางแก้ไข

.....

.....

.....

.....

ลงชื่อ..... ผู้บันทึก

(.....)

ชื่อ 1.....ชั้น ม.3/.....เลขที่.....

2.....ชั้น ม.3/.....เลขที่.....

ใบกิจกรรมที่ 2
การสร้างเครื่องบอกระดับน้ำอย่างง่าย

ขั้นที่ 1 ระบุปัญหาจากประเด็นคำถาม

1. ประเด็นคำถาม

"ถ้าบ้านนักเรียนประสบปัญหาน้ำท่วมใหญ่อีกครั้งเหมือน ปี พ.ศ.2554 แล้วนักเรียนอยู่บนบ้านชั้นสอง นักเรียนอยากจะทราบระดับน้ำที่เพิ่มขึ้นมาในแต่ละวัน นักเรียนจะมีวิธีการวัดอย่างไร"

ตอบ

.....

.....

.....

.....

ขั้นที่ 2 รวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา

2. ให้นักเรียนช่วยกันในกลุ่มระดมสมอง คิดหาวิธีบอกระดับน้ำโดยที่นักเรียนไม่ต้องลงไปดูด้วยตนเอง

.....

.....

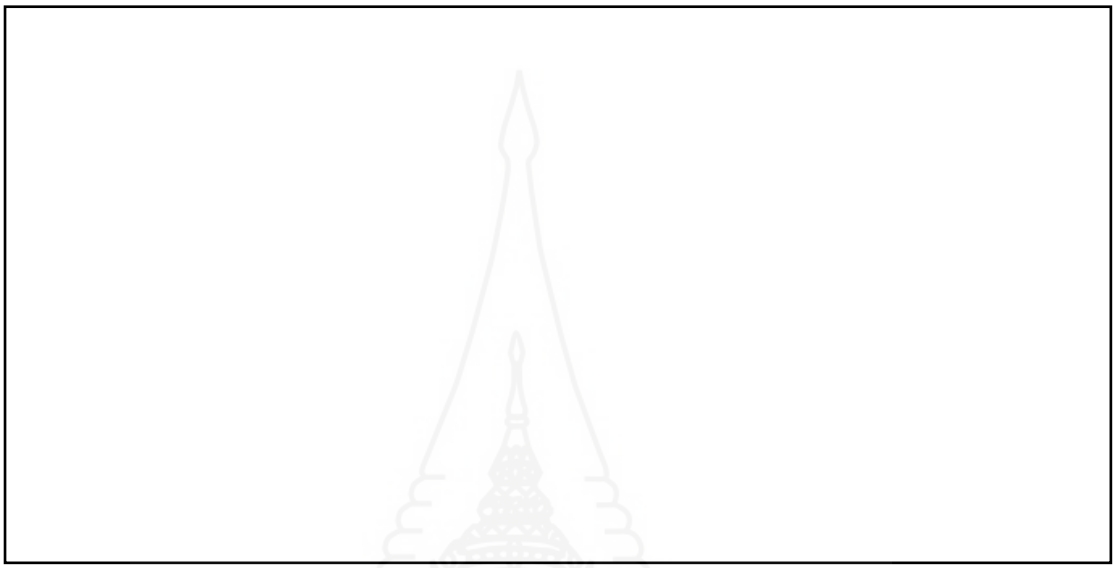
.....

.....

3. ถ้านักเรียนจะต้องออกแบบเครื่องบอกระดับน้ำ เครื่องบอกระดับน้ำของนักเรียนจะมีลักษณะเป็นอย่างไร

ขั้นที่ 3 ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา

ให้นักเรียนสืบค้นจากอินเทอร์เน็ต และระดมสมองว่าถ้านักเรียนต้องการสร้างวงจรบอกระดับน้ำ นักเรียนจะต้องใช้อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ชนิดใดบ้าง และต้องต่อวงจรแบบใด

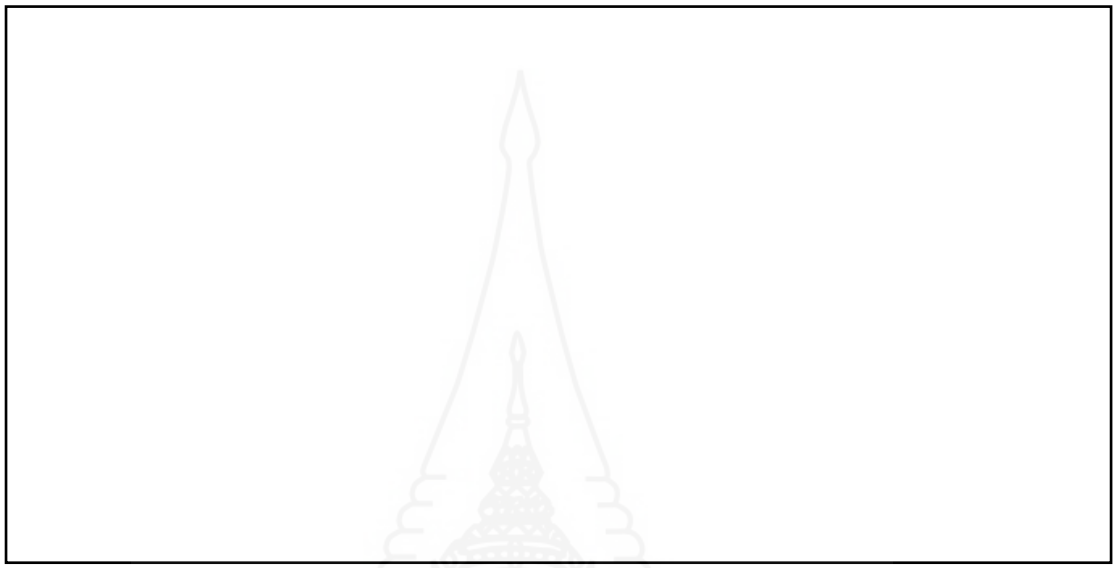


ขั้นที่ 4 ผลิตชิ้นงาน

ให้นักเรียนต่อวงจรตามที่นักเรียนออกแบบลงบนแผ่นโปรโตรบอร์ด เพื่อทดสอบความคิดของนักเรียนว่าถูกต้องหรือไม่ และนำไปประกอบเป็นเครื่องบอกระดับน้ำอย่างง่ายได้ (ให้นักเรียนติดภาพประกอบ)

ขั้นที่ 5 ทดสอบและประเมินผล ชิ้นงาน

ให้นักเรียนทดสอบวงจรตามที่นักเรียนออกแบบว่าสามารถบอกระดับน้ำได้จริงหรือไม่ (ให้ติดภาพประกอบ)



ภาคผนวก ง

เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

แบบประเมินการคิดเชิงนวัตกรรม (รายกลุ่ม-วัดจากการทำงาน และชิ้นงาน)

ชื่อ-สกุล	รายการประเมิน																					รวม
	การระบุปัญหา			ความคิดริเริ่ม			การคิดเชื่อมโยง			การสะท้อนความคิด			สร้างแบบจำลองชิ้นงานได้			การสร้างสรรค์ชิ้นงานและชิ้นงานสามารถแก้ปัญหาได้			การนำเสนอผลงาน			
	3	2	1	3	2	1	3	2	1	3	2	1	3	2	1	3	2	1	3	2	1	
กลุ่มที่ 1																						
1																						
2																						
กลุ่มที่ 2																						
1																						
2																						
กลุ่มที่ 3																						
1																						
2																						
กลุ่มที่ 4																						
1																						
2																						
กลุ่มที่ 5																						
1																						
2																						
กลุ่มที่ 6																						
1																						
2																						
กลุ่มที่ 7																						
1																						
2																						
กลุ่มที่ 8																						
1																						
2																						

ชื่อ-สกุล	รายการประเมิน																					รวม
	การระบุปัญหา			ความคิดริเริ่ม			การคิดเชื่อมโยง			การสะท้อนความคิด			สร้างแบบจำลองชิ้นงานได้			การสร้างสรรค์ชิ้นงานและชิ้นงานสามารถแก้ปัญหาได้			การนำเสนอผลงาน			
	3	2	1	3	2	1	3	2	1	3	2	1	3	2	1	3	2	1	3	2	1	
กลุ่มที่ 9																						
1																						
2																						
กลุ่มที่ 10																						
1																						
2																						
กลุ่มที่ 11																						
1																						
2																						
กลุ่มที่ 12																						
1																						
2																						
กลุ่มที่ 13																						
1																						
2																						
กลุ่มที่ 14																						
1																						
2																						
กลุ่มที่ 15																						
1																						
2																						
กลุ่มที่ 16																						
1																						
2																						

ชื่อ-สกุล	รายการประเมิน																					รวม
	การระบุปัญหา			ความคิดริเริ่ม			การคิดเชื่อมโยง			การสะท้อนความคิด			สร้างแบบจำลองชิ้นงานได้			การสร้างสรรค์ชิ้นงานและชิ้นงานสามารถแก้ปัญหาได้			การนำเสนอผลงาน			
	3	2	1	3	2	1	3	2	1	3	2	1	3	2	1	3	2	1	3	2	1	
กลุ่มที่ 17																						
1																						
2																						
กลุ่มที่ 18																						
1																						
2																						

เกณฑ์การประเมิน

รายการประเมิน	**ระดับคุณภาพ**		
	มาก (3)	**ปานกลาง (2)**	**น้อย (1)**
ส่วนที่ 1 การคิด			
1. การระบุปัญหา	ระบุปัญหาได้ถูกต้องครบถ้วน	ระบุปัญหาผิดพลาดเล็กน้อย	ไม่สามารถระบุปัญหาได้
2. การคิดริเริ่ม	มีวิธีการแก้ปัญหาด้วยความคิดที่แปลกใหม่ ไม่มีผู้ใดทำมาก่อน	มีวิธีการแก้ปัญหาด้วยความคิดผสมผสานกับความคิดเดิมโดยดัดแปลงจากความคิดเดิม	มีวิธีการแก้ปัญหาโดยไม่มีความคิดแปลกใหม่
3. การคิดเชื่อมโยง (การคิดบูรณาการ)	มีการคิดที่ใช้การบูรณาการความรู้จากหลากหลายสาขาวิชาที่แตกต่างกัน (เป็นการบูรณาการกับวิชาศิลปะ ภาษาอังกฤษ การใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ งานช่าง เป็นต้น)	มีการคิดที่ใช้การบูรณาการความรู้จากสาขาวิชาที่คล้ายคลึงกัน (สาขาวิชาที่คล้ายคลึงกัน เช่น วิทยาศาสตร์(ฟิสิกส์) กับคณิตศาสตร์)	มีการคิดที่ใช้ความรู้จากวิชาเดียว คือ วิทยาศาสตร์เพียงอย่างเดียว
4. การสะท้อนความคิด (การออกแบบ)	สามารถออกแบบสะท้อนความคิดเพื่อการแก้ปัญหาได้ดี (การออกแบบการวัดระดับน้ำที่สามารถแสดงผลได้อย่างละเอียด ระบุเป็นค่าหรือตัวเลขที่แน่นอน)	สามารถออกแบบสะท้อนความคิดเพื่อการแก้ปัญหาได้ (การวัดระดับน้ำสามารถแสดงผลได้แต่ไม่ละเอียด เป็นช่วงของตัวเลข)	ไม่สามารถออกแบบสะท้อนความคิดเพื่อการแก้ปัญหาได้ (ไม่สามารถออกแบบการวัดระดับน้ำได้)

รายการประเมิน	ระดับคุณภาพ		
	มาก (3)	ปานกลาง (2)	น้อย (1)
ส่วนที่ 2 การลงมือทำ			
5. สร้างแบบจำลองชิ้นงานได้	สร้างแบบจำลองชิ้นงานตามที่ออกแบบไว้ได้โดยแบบจำลองการวัดระดับน้ำที่สามารถแสดงผลได้อย่างละเอียด ระบุเป็นค่าหรือตัวเลขที่แน่นอน	สร้างแบบจำลองชิ้นงานตามที่ออกแบบไว้ได้โดยการวัดระดับน้ำที่สามารถแสดงผลได้แต่ไม่ละเอียด เป็นช่วงของตัวเลข)	ไม่สามารถสร้างแบบจำลองชิ้นงานได้
6. การสร้างสรรค์ชิ้นงานและชิ้นงานสามารถแก้ปัญหาได้	ผลิตชิ้นงานจริงจากแบบจำลอง และมีการวัดระดับน้ำที่สามารถแสดงผลได้อย่างละเอียด ระบุเป็นค่าหรือตัวเลขที่แน่นอนได้	ผลิตชิ้นงานจริงจากแบบจำลองได้ และมีการวัดระดับน้ำสามารถแสดงผลได้แต่ไม่ละเอียด เป็นช่วงของตัวเลข	ไม่สามารถสร้างชิ้นงานจริงได้
7. มีการนำเสนอผลงานได้	มีวิธีการนำเสนอผลงานได้น่าสนใจและแปลกใหม่	มีวิธีการนำเสนอผลงานได้น่าสนใจ	ไม่สามารถนำเสนอผลงานได้

การวัดผลและประเมินผล

คะแนนรวม 18-21	คะแนน	หมายถึง	มีการคิดเชิงนวัตกรรมในระดับสูง
คะแนนรวม 13-17	คะแนน	หมายถึง	มีการคิดเชิงนวัตกรรมในระดับปานกลาง
คะแนนรวม 8-12	คะแนน	หมายถึง	มีการคิดเชิงนวัตกรรมในระดับต่ำ
คะแนนรวม 7	คะแนน	หมายถึง	ไม่มีการคิดเชิงนวัตกรรม

แบบสังเกตพฤติกรรมการทำงานกลุ่ม (การระดมสมอง)

เกณฑ์การประเมิน

การทำงานร่วมกับผู้อื่น คือ การมีส่วนร่วมในการทำงานและยอมรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น

หมายเหตุ * กลุ่มผู้เรียน จะมีจำนวนสมาชิกเป็น 2 คน เท่านั้น แต่ถ้ามีเศษ จะให้สมาชิกในกลุ่มเป็น 3 คน แบ่งเกณฑ์เป็น 3 ระดับ ดังนี้

- ระดับคะแนน 3 หมายถึง สมาชิกทั้งกลุ่มช่วยกันระดมสมอง มีส่วนร่วมในการทำงานตามบทบาทหน้าที่และรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่นอย่างตั้งใจ
- ระดับคะแนน 2 หมายถึง สมาชิกคนใดคนหนึ่งไม่มีส่วนร่วมในการทำงานตามบทบาทหน้าที่และไม่รับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น
- ระดับคะแนน 1 หมายถึง ไม่มีส่วนร่วมในการทำงานตามบทบาทหน้าที่ และไม่รับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น

กลุ่มที่	การทำงานร่วมกับผู้อื่น			
	ระดับคุณภาพ			
	3 (มาก)	2 (ปานกลาง)	1 (น้อย)	ข้อเสนอแนะ
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				
13				
14				

กลุ่มที่	การทำงานร่วมกับผู้อื่น			
	ระดับคุณภาพ			
	3 (มาก)	2 (ปานกลาง)	1 (น้อย)	ข้อเสนอแนะ
15				
16				
17				
18				

แบบวัดเจตคติที่มีต่อวิชาวิทยาศาสตร์

ชื่อ-สกุล.....ชั้น.....เลขที่.....

****

คำชี้แจง

1. แบบสอบถามฉบับนี้มีทั้งหมด 21 ข้อ โปรดอ่านข้อความในแต่ละข้อ แล้วพิจารณาแสดงความคิดเห็นที่มีต่อข้อความนั้นด้วยการทำเครื่องหมาย √ ลงในช่องที่ตรงกับความคิดเห็นของผู้เรียน

2. แบบสอบถามนี้ไม่มีคำตอบใดถูกหรือผิด ผู้เรียนสามารถตอบตามคิดเห็นของผู้เรียนมากที่สุด และแบบสอบถามนี้ไม่มีผลต่อคะแนน

3. ผู้เรียนตอบแบบสอบถามให้ครบทุกข้อ ภายในเวลา 15 นาที

ข้อที่	ข้อความ	ระดับความคิดเห็น				
		มากที่สุด	มาก	ปานกลาง	น้อย	น้อยที่สุด
1	วิทยาศาสตร์ทำให้คนเรามีเหตุผล					
2	ข้อมูลที่ได้จากวิทยาศาสตร์เชื่อถือได้					
3	ความรู้ทางวิทยาศาสตร์มีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา					
4	วิทยาศาสตร์เป็นวิชาที่ท้าทายความสามารถของข้าพเจ้า					
5	วิทยาศาสตร์เป็นวิชาที่ทำให้ข้าพเจ้าเป็นคนช่างสังเกต					
6	ข้าพเจ้าคิดว่าวิชาวิทยาศาสตร์เป็นวิชาที่ยาก					
7	วิทยาศาสตร์เป็นวิชาที่สามารถนำไปพัฒนาประเทศได้					
8	วิทยาศาสตร์มีความสำคัญต่อมนุษย์ทุกคน					
9	วิทยาศาสตร์ทำให้ข้าพเจ้าพัฒนาตนเองได้อยู่เสมอ					
10	วิทยาศาสตร์เป็นวิชาที่มีประโยชน์ต่อสังคม					
11	วิทยาศาสตร์ทำให้เกิดการค้นพบความรู้ใหม่					

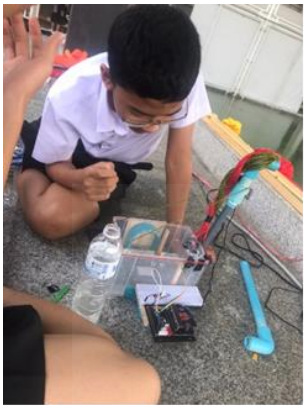
ข้อที่	ข้อความ	ระดับความคิดเห็น				
		มากที่สุด	มาก	ปานกลาง	น้อย	น้อยที่สุด
12	ในชั่วโมงวิทยาศาสตร์ข้าพเจ้าชอบแอบเล่นโทรศัพท์มือถืออยู่เสมอ					
13	วิทยาศาสตร์เป็นวิชาที่ควรให้เวลามากกว่านี้					
14	ในชั่วโมงเรียนวิทยาศาสตร์แต่ละครั้ง ข้าพเจ้าต้องการให้หมดเวลาเร็ว ๆ					
15	ข้าพเจ้าตั้งใจเรียนในวิชาวิทยาศาสตร์อยู่เสมอ					
16	ถ้าข้าพเจ้าเห็นหนังสือหรือบทความทางวิทยาศาสตร์ ข้าพเจ้าจะเปิดอ่านอยู่เสมอ					
17	เมื่อผู้สอนให้ทำการทดลองข้าพเจ้าต้องฝืนใจทำจนเสร็จ					
18	การปฏิบัติการทดลองบางครั้งอันตรายและน่ากลัว ทำให้ข้าพเจ้าเรียนไม่อยากเรียนวิทยาศาสตร์					
19	ข้าพเจ้ามีความสุขเมื่อได้ทดลองวิทยาศาสตร์					
20	วิทยาศาสตร์เป็นวิชาที่เรียนแล้วสนุก					
21	ข้าพเจ้าอยากเรียนวิชาอื่นแทนวิทยาศาสตร์					

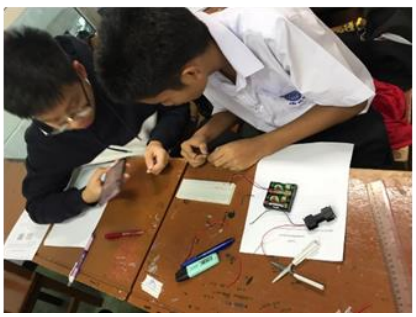
ภาคผนวก จ

ภาพการจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษา วิชาสนุกกับอิเล็กทรอนิกส์ และผลงานนักเรียน (นวัตกรรม)

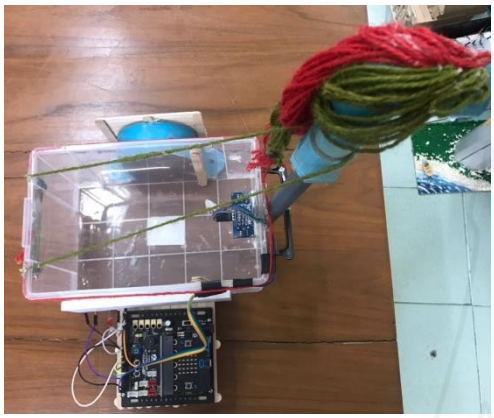
ภาพการจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษา วิชาสนุกกับอิเล็กทรอนิกส์

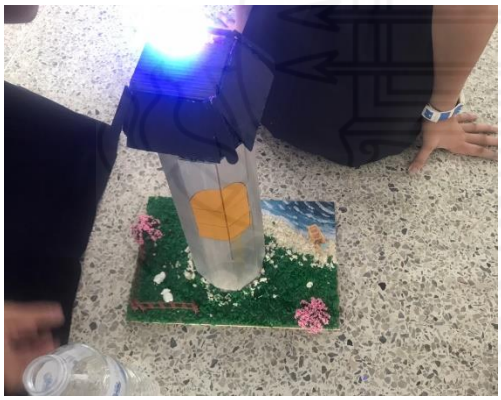
ภาพการจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษา วิชาสนุกกับอิเล็กทรอนิกส์ (ต่อ)

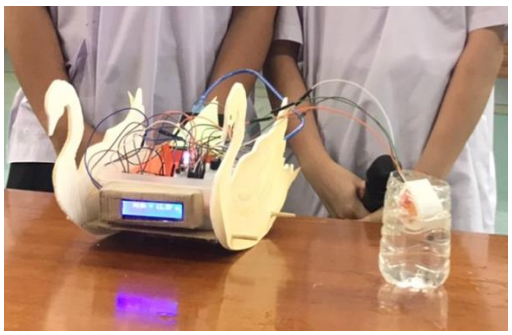




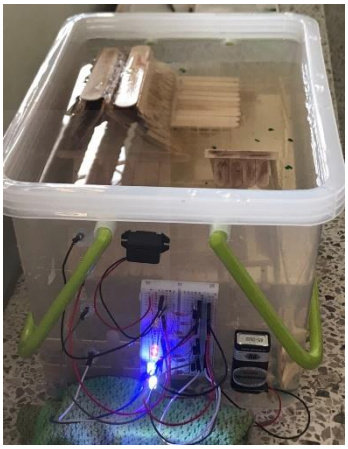
ภาพผลงานนักเรียน
นวัตกรรมเครื่องบอกระดับน้ำอย่างง่าย

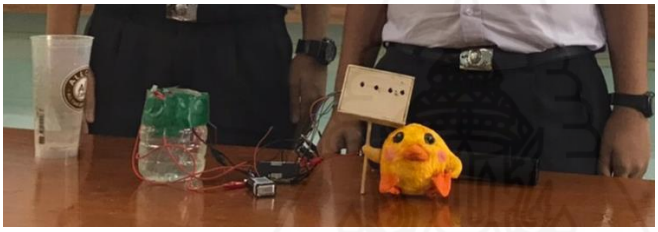


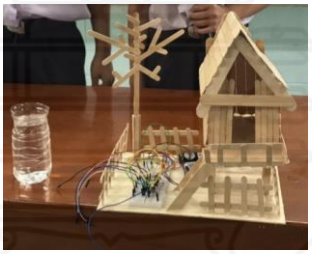
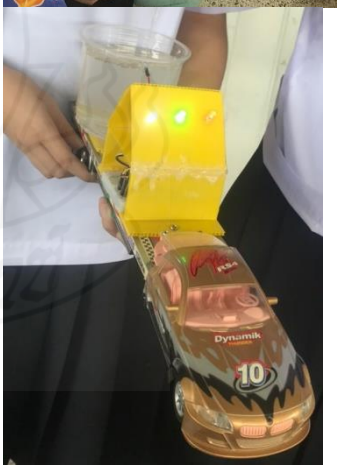


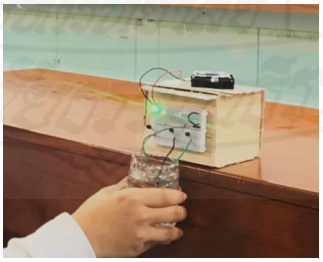


ภาพผลงานนักเรียน
นวัตกรรมเครื่องบอกระดับน้ำอย่างง่าย (ต่อ)







ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ	นางสาวปัทมพรรณ บุญประคม
วัน เดือน ปีเกิด	6 มีนาคม 2532
สถานที่เกิด	อำเภอพระนครศรีอยุธยา จังหวัดพระนครศรีอยุธยา
ประวัติการศึกษา	วท.บ (ฟิสิกส์) มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ พ.ศ.2554
	วท.ม. (ฟิสิกส์) มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ พ.ศ.2559
สถานที่ทำงาน	โรงเรียนสาธิตมัธยม มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา
	อำเภอพระนครศรีอยุธยา จังหวัดพระนครศรีอยุธยา
ตำแหน่ง	อาจารย์ (พนักงานมหาวิทยาลัย)