ผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาในรายวิชาวิทยาศาสตร์ งานไฟฟ้า อิเล็กทรอนิกส์และการสื่อสารที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหา และเจตคติต่อวิชาวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง วิทยาลัยเทคนิคท่าหลวงซิเมนต์ไทยอนุสรณ์ จังหวัดสระบุรี

นางสาวกานต์ชนก บุญน้อม

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต
วิชาเอกวิทยาศาสตร์ศึกษา สาขาวิชาศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช
พ.ศ. 2564

The Effects of STEM Education in Science for Electrical Electronics and Communication Works on Problem-solving Ability and Attitude Towards Science of High Vocational Certificate Students at Thaluang Cementhaianusorn Technical College in Saraburi Province

Miss Karnchanok Boonnom

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for
the Degree of Master of Education in Science Education
School of Educational Studies
Sukhothai Thammathirat Open University
2021

หัวข้อวิทยานิพนธ์ ผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาในรายวิชาวิทยาศาสตร์งานไฟฟ้าอิเล็กทรอนิกส์และการสื่อสารที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาและเจตคติต่อวิชาวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง วิทยาลัยเทคนิคท่าหลวงซิเมนต์ไทยอนุสรณ์ จังหวัดสระบุรี

ชื่อและนามสกุล นางสาวกานต์ชนก บุญน้อม

วิชาเอก วิทยาศาสตร์ศึกษา

สาขาวิชา ศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช

อาจารย์ที่ปรึกษา 1. รองศาสตราจารย์ ดร.ทวีศักดิ์ จินดานุรักษ์

2. รองศาสตราจารย์ ดร.ดวงเดือน สุวรรณจินดา

วิทยานิพนธ์นี้ ได้รับความเห็นชอบให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรระดับปริญญาโท เมื่อวันที่ 8 กุมภาพันธ์ 2565

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ

(อาจารย์ ว่าที่ร้อยตรี ดร.มนัส บุญประกอบ)

..... กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร.ทวีศักดิ์ จินดานุรักษ์)

..... กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร.ดวงเดือน สุวรรณจินดา)

..... ประธานกรรมการบัณฑิตศึกษา

(รองศาสตราจารย์ ดร.เทพศักดิ์ บุณยรัตพันธุ์)

ชื่อวิทยานิพนธ์ ผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาในรายวิชาวิทยาศาสตร์งานไฟฟ้า อิเล็กทรอนิกส์และการสื่อสารที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาและเจตคติต่อวิชาวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง วิทยาลัยเทคนิคท่าหลวงซิเมนต์ไทยอนุสรณ์ จังหวัดสระบุรี

ผู้วิจัย นางสาวกานต์ชนก บุญน้อม **รหัสนักศึกษา** 2612000956 **ปริญญา** ศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต (วิทยาศาสตร์ศึกษา) **อาจารย์ที่ปรึกษา** (1) รองศาสตราจารย์ ดร.ทวีศักดิ์ จินดานุรักษ์ (2) รองศาสตราจารย์ ดร.ดวงเดือน สุวรรณจินดา **ปีการศึกษา** 2564

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ (1) เปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหาของนักศึกษาก่อนและหลังได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาในรายวิชาวิทยาศาสตร์งานไฟฟ้า อิเล็กทรอนิกส์และการสื่อสาร และ (2) เปรียบเทียบเจตคติต่อวิชาวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาก่อนและหลังได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาในรายวิชาวิทยาศาสตร์งานไฟฟ้า อิเล็กทรอนิกส์และการสื่อสาร

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการทดลองคือ นักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง ชั้นปีที่ 1 วิทยาลัยเทคนิคท่าหลวงซิเมนต์ไทยอนุสรณ์ จังหวัดสระบุรี ที่เรียนรายวิชาวิทยาศาสตร์งานไฟฟ้า อิเล็กทรอนิกส์และการสื่อสาร ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2563 จำนวน 1 ห้อง 37 คน ได้จากการเลือกแบบเจาะจง เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย (1) แผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา รายวิชาวิทยาศาสตร์งานไฟฟ้า อิเล็กทรอนิกส์และการสื่อสาร ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง จำนวน 5 แผน ใช้เวลาสอน 20 ชั่วโมง (2) แบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหา และ (3) แบบวัดเจตคติต่อวิชาวิทยาศาสตร์ สถิติที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน และค่าดัชนีความก้าวหน้าของเฮค

ผลการวิจัยพบว่า (1) ความสามารถในการแก้ปัญหาของนักศึกษาที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษามีค่าคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน โดยมีค่าดัชนีความก้าวหน้าของเฮคเท่ากับ 0.45 อยู่ในระดับปานกลาง และ (2) เจตคติต่อวิชาวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษามีค่าคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน

คำสำคัญ สะเต็มศึกษา ความสามารถในการแก้ปัญหา เจตคติต่อวิชาวิทยาศาสตร์ ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง

Thesis title: The Effects of STEM Education in Science for Electrical Electronics and Communication Works on Problem-solving Ability and Attitude Towards Science of High Vocational Certificate Students at Thaluang Cementhaianusorn Technical College in Saraburi Province
Researcher: Miss Karnchanok Boonnom; **ID:** 2612000956;
Degree: Master of Education (Science Education);
Thesis advisors: (1) Dr. Tweesak Chindanurak, Associate Professor;
(2) Dr. Duongdearn Suwanjinda, Associate Professor; **Academic year:** 2021

Abstract

The objectives of this study were (1) to compare the students' problem solving abilities before and after receiving instruction using STEM education in Science for Electrical Electronics and Communication Works, and (2) to compare the students' attitude towards science subject before and after receiving instruction using STEM Education in Science for Electrical Electronics and Communication Works.

The samples used in the experiment were 37 1st year advanced vocational certificate students enrolled in Science for Electrical Electronics and Communication Works in the first semester of the academic year 2020 at Thaluang Cementhaianusorn Technical College in Saraburi Province. The samples were obtained by purposive sampling. The research instruments were (1) 5 STEM education lesson plans in Science for Electrical Electronics and Communication Works of high vocational certificate students for 20 hours of instruction; (2) a problem-solving abilities test; and (3) a questionnaire on attitude towards science subject. The data were analyzed by using mean, standard deviation and Hake's gain index.

The results of this study were that (1) the problem-solving abilities of students who learned through STEM education had posttest mean scores higher than the pretest and the learning progression of 0.45 was at a moderate level; and (2) the attitude towards science of the students who received instruction using STEM education had posttest mean scores higher than the pretest.

Keywords: STEM Education, Problem-Solving Abilities, Attitude Towards Science, High Vocational Certificate

กิตติกรรมประกาศ

การทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดีเนื่องจากได้รับความกรุณาอย่างยิ่งจาก รองศาสตราจารย์ ดร.ทวีศักดิ์ จินดานุรักษ์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และรองศาสตราจารย์ ดร. ดวงเดือน สุวรรณจินดา อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ที่ได้ให้คำแนะนำและติดตามการทำวิทยานิพนธ์ครั้งนี้ ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งในความกรุณาจึงขอขอบพระคุณมา ณ โอกาสนี้

ขอขอบพระคุณ อาจารย์ ว่าที่ร้อยตรี ดร.มนัส บุญประกอบ ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ที่ให้ความกรุณาแนะนำและชี้แนวทางในการปรับปรุงวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ให้สำเร็จสมบูรณ์ รวมถึงคณาจารย์ผู้ทรงคุณวุฒิ 3 ท่าน ได้แก่ คุณครูณิชยา รัศมี ครูเชี่ยวชาญ วิทยาลัยเทคนิคชัยนาท คุณครูรัชนีพร สุขเกษม ครูชำนาญการพิเศษ วิทยาลัยเทคนิคอุดรธานี และคุณครูณัฐธิดา เยาวลักษณ์โยธิน ครูชำนาญการพิเศษ โรงเรียนเตรียมอุดมศึกษาพัฒนาการ ปทุมธานี ที่กรุณาเป็นผู้เชี่ยวชาญในการตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยและให้คำแนะนำในการพัฒนาเครื่องมือวิจัยเป็นอย่างดี

ขอขอบพระคุณ นายเฉลิมชนม์ เวทสรากุล ผู้อำนวยการวิทยาลัยเทคนิคท่าหลวงซิเมนต์ไทย-อนุสรณ์ที่ให้การสนับสนุนส่งเสริมการทำวิจัยในครั้งนี้ ขอขอบคุณเพื่อนครูที่ช่วยเหลือให้กำลังใจและขอขอบใจนักเรียนที่ให้ความร่วมมือในการวิจัยครั้งนี้เป็นอย่างดี

ขอขอบคุณสาขาวิชาศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช เพื่อน ๆ วิชาเอกวิทยาศาสตร์ศึกษาทุกคนที่ให้ความช่วยเหลือและให้กำลังใจแก่ผู้วิจัยเสมอมา

ที่สำคัญยิ่งผู้วิจัยขอขอบคุณครอบครัวที่คอยสนับสนุน ให้กำลังใจและช่วยเหลือในการทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จนสำเร็จลุล่วงด้วยดี

กานต์ชนก บุญน้อม

กุมภาพันธ์ 2565

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ
กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ
สารบัญตาราง ..... ฌ
สารบัญภาพ ..... ญ
บทที่ 1 บทนำ 1
ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1
วัตถุประสงค์การวิจัย 3
กรอบแนวคิดการวิจัย 4
สมมติฐานการวิจัย 4
ขอบเขตการวิจัย 4
นิยามศัพท์เฉพาะ 5
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 5
บทที่ 2 วรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง 6
การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา 7
ความสามารถในการแก้ปัญหา 16
เจตคติต่อวิชาวิทยาศาสตร์ 19
ค่าดัชนีความก้าวหน้าของเฮค (Hake) 22
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 22
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย 25
ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง 25
เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย 25
การเก็บรวบรวมข้อมูล 30
การวิเคราะห์ข้อมูล 30
บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล 33
ตอนที่ 1 เปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหาก่อนและหลังเรียนของนักศึกษา
ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา 33

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

ตอนที่ 2 เปรียบเทียบเจตคติต่อการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ก่อนและหลังเรียนของ
นักศึกษาที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา 34
บทที่ 5 สรุปการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ 36
สรุปการวิจัย 36
อภิปรายผล 37
ข้อเสนอแนะ 40
บรรณานุกรม 42
ภาคผนวก 47
ก รายชื่อผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือ 48
ข เครื่องมือที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา
แผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา 50
ค เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล 70
ประวัติผู้วิจัย 78

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 2.1 วิเคราะห์รูปแบบกระบวนการทำงานและสังเคราะห์กระบวนการทำงาน ในการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา 13
ตารางที่ 3.1 โครงสร้างแผนการจัดการเรียนรู้ 26
ตารางที่ 3.2 กรอบแนวคิดแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา 26
ตารางที่ 4.1 เปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหาก่อนและหลังเรียนของนักศึกษา ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา 33
ตารางที่ 4.2 เปรียบเทียบเจตคติต่อการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ก่อนและหลังเรียนของนักศึกษา ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา (จำนวนกลุ่มตัวอย่าง 37 คน) 34

สารบัญภาพ

หน้า

ภาพที่ 1.1 กรอบแนวคิดในการวิจัย 4

บทที่ 1
บทนำ

1. ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

โลกในยุคปัจจุบันได้ก้าวเข้าสู่ศตวรรษที่ 21 ซึ่งเป็นยุคที่มนุษย์จะต้องพัฒนาและปรับตัวให้เจริญก้าวหน้าในด้านต่างๆทั้งทางเศรษฐกิจและสังคมเพื่อให้ชีวิตมีศักยภาพ ดังจุดเน้นของแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติฉบับที่ 12 ที่มีประเด็นในด้านการพัฒนาทักษะความรู้ความสามารถของคน มุ่งเน้นการพัฒนาทักษะที่เหมาะสมในแต่ละช่วงวัยเพื่อวางรากฐานให้เป็นคนมีคุณภาพในอนาคต การพัฒนาทักษะที่สอดคล้องกับความต้องการในตลาดแรงงานและทักษะที่จำเป็นต่อการดำรงชีวิตในศตวรรษที่ 21 ของคนในแต่ละช่วงวัยตามความเหมาะสม ซึ่งวิทยาการด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมีส่วนช่วยให้เศรษฐกิจและสังคมเจริญก้าวหน้า เกิดการค้าที่แข่งขันกันทั่วโลก ดังนั้นจึงกล่าวได้ว่าการเตรียมผู้เรียนในวันนี้ให้มีทักษะที่จำเป็นในศตวรรษที่ 21 นั้น มีจุดมุ่งหมายเพื่อให้เยาวชนเหล่านั้นสามารถดำรงชีวิตในสังคมโลกที่มีการเปลี่ยนแปลงได้ สามารถและพร้อมที่จะเผชิญหน้ากับสภาพสังคม เศรษฐกิจและเทคโนโลยีในอนาคต การตื่นตัวและเตรียมพร้อมต่อการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้น (พรทิพย์ ศิริภัทราชัย, 2556)

สภาเศรษฐกิจโลก (หรือ World Economic Forum; WEF) ได้สรุปทักษะที่จำเป็นในศตวรรษที่ 21 ไว้ โดยแบ่งเป็น 3 กลุ่ม ได้แก่ 1) ความฉลาดรู้พื้นฐาน (Foundational Literacies) ซึ่งเป็นกลุ่มทักษะพื้นฐานที่จำเป็นต้องใช้ในการปฏิสัมพันธ์กับบริบทที่แตกต่างกัน 2) สมรรถนะ (Competencies) กลุ่มทักษะที่ต้องนำมาใช้ในการจัดการกับปัญหาหรือความท้าทายที่ต้องเจอในชีวิต 3) คุณลักษณะเฉพาะ (Character Qualities) กลุ่มทักษะที่ใช้ในการจัดการตัวเองกับสภาพสังคมที่เปลี่ยนแปลงไปอย่างรวดเร็ว โดยกลุ่มทักษะที่ต้องนำมาใช้ในการจัดการกับปัญหาหรือความท้าทายที่ต้องประสบในชีวิตหรือสมรรถนะ (Competencies) นั้นเป็นทักษะที่มนุษย์ยังเป็นต่อ ยังไม่มีคอมพิวเตอร์หรือเทคโนโลยีใด ๆ มีทักษะกลุ่มดังกล่าวเหมือนมนุษย์ ซึ่งทักษะในกลุ่มนี้ประกอบไปด้วย ทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณ/การแก้ปัญหา (Critical Thinking / Problem – Solving) ทักษะการคิดเชิงสร้างสรรค์ (Creativity) ทักษะการสื่อสาร (Communication) ทักษะการทำงานเป็นทีม (Collaboration) ซึ่งในการดำเนินชีวิตในปัจจุบัน ผู้เรียนมักประสบปัญหาหรือมีอุปสรรคที่ต้องดำเนินการแก้ไขเพื่อให้การดำเนินชีวิตหรือการทำงานเป็นไปอย่างเรียบร้อยและมีประสิทธิภาพ ดังนั้นทักษะการแก้ปัญหาจึงเป็นความสามารถที่จำเป็นสำหรับพลเมืองใน

ศตวรรษนี้ (สุธิดา การินี, 2561) จากความจำเป็นดังกล่าว จึงมีความสำคัญยิ่งที่จะต้องจัดการเรียนรู้ให้ผู้เรียนได้รับการพัฒนาทักษะการแก้ปัญหา

สำหรับประเทศไทยการจัดการศึกษาแบบบูรณาการที่เน้นให้ความสำคัญกับวิชาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์และคณิตศาสตร์อย่างเท่าเทียมกันหรือ สะเต็มศึกษา (STEM Education) เป็นรูปแบบการจัดการศึกษาที่ตอบสนองต่อการเตรียมคนไทยรุ่นใหม่ในศตวรรษที่ 21 เพราะธรรมชาติของทั้ง 4 วิชานี้ที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนมีความรู้และความสามารถที่จะดำรงชีวิตได้ดีและมีคุณภาพในโลกของศตวรรษที่ 21 ที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว มีความเป็นโลกาภิวัตน์ที่ตั้งอยู่บนฐานความรู้และเต็มไปด้วยความก้าวหน้าทางเทคโนโลยี อีกทั้งยังเป็นวิชาที่มีความสำคัญกับการเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันทางเศรษฐกิจ การพัฒนาคุณภาพชีวิตและความมั่งคั่งของประเทศได้ นอกจากนี้การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา (STEM Education) ยังเป็นการจัดการศึกษาที่สามารถพัฒนาให้ผู้เรียนนำความรู้ ทักษะการคิด และทักษะอื่น ๆ มาใช้ในการแก้ปัญหา การค้นคว้า สร้างและพัฒนาการคิดค้นสิ่งต่าง ๆ ในโลกปัจจุบัน การเน้นความเข้าใจอย่างลึกซึ้ง การมีส่วนร่วมของผู้เรียนกับข้อมูล เครื่องมือทางเทคโนโลยี การสร้างความยืดหยุ่นในเนื้อหาวิชา ความท้าทาย ความสร้างสรรค์ ความแปลกใหม่และการแก้ปัญหาอย่างมีความหมายของบทเรียนในการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา (STEM Education) จึงเหมาะที่จะทำให้เยาวชนไทยรุ่นใหม่เกิดการเรียนรู้และอยู่ในโลกแห่งอนาคตได้ (พรทิพย์ ศิริภัทราชัย, 2556) และการจัดกระบวนการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาเป็นการเรียนรู้ที่ผู้เรียนคิดและลงมือทำแก้ปัญหาที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวันเพื่อให้ได้ใช้เทคโนโลยีซึ่งเป็นผลผลิต จากกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมจะช่วยให้ผู้เรียนได้พัฒนาทักษะการคิด ทักษะการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ ทักษะการแก้ปัญหา และทักษะการสื่อสาร ซึ่งทักษะดังกล่าวนี้เป็นทักษะการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 (ฐิติวรดา พลเยี่ยม, 2561) สอดคล้องกับงานวิจัยที่ผู้วิจัยท่านอื่นได้ศึกษามาว่า การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาที่เป็นการบูรณาการความรู้วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์และคณิตศาสตร์นั้นสามารถช่วยพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาได้ (นัสรินทร์ บือซา, 2558; อาทิตย์ ฉิมกุล, 2559; ดวงพร สมจันทร์ตา, 2559; สุพร สีเงินยวง, 2559)

พระราชบัญญัติการอาชีวศึกษา พ.ศ. 2551 มาตรา 6 กล่าวว่า การจัดการอาชีวศึกษาและการฝึกอบรมวิชาชีพ เป็นการจัดการศึกษาที่มุ่งเน้นการผลิตและพัฒนากำลังคนในด้านวิชาชีพระดับฝีมือ ระดับเทคนิคและระดับเทคโนโลยีให้มีคุณภาพและมาตรฐานสอดคล้องกับการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคม ความต้องการของตลาดแรงงาน สภาพเศรษฐกิจ สังคม วัฒนธรรม เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม โดยนำความรู้ในทางทฤษฎีอันเป็นสากลและภูมิปัญญาไทยมาพัฒนาผู้รับการศึกษาให้มีความรู้ความสามารถ ในทางปฏิบัติและมีสมรรถนะที่สามารถนำไปประกอบอาชีพในลักษณะผู้ปฏิบัติหรือประกอบอาชีพโดยอิสระได้ สำหรับหลักสูตรอาชีวศึกษานั้น เน้นให้ผู้เรียนมีทักษะที่หลากหลาย เพื่อการพัฒนาประเทศ มุ่งเน้นการผลิตผู้สำเร็จการศึกษาทั้งปริมาณและคุณภาพ มีสมรรถนะ ทักษะฝีมือ เป็นที่ยอมรับของสถานประกอบการ

ตอบสนองต่อนโยบายของรัฐบาลในยุคไทยแลนด์ 4.0 ที่มุ่งเน้นผลิตนักนวัตกรที่เป็นหัวจักรสำคัญในการพัฒนาและขับเคลื่อนประเทศให้เท่าเทียมนานาประเทศ ดังนั้นรูปแบบการเรียนรู้ที่เหมาะสมและสามารถตอบสนองต่อการจัดการศึกษาในบริบทนี้จึงควรใช้การจัดการเรียนการรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ดังที่มนตรี จุฬาวัฒนทล (2556) ได้กล่าวว่า สะเต็มศึกษาจะฝึกให้ผู้เรียนรู้จักวิธีคิด การตั้งคำถาม แก้ปัญหาและสร้างทักษะการหาข้อมูลและการวิเคราะห์ข้อค้นพบใหม่ ๆ ทำให้ผู้เรียนรู้จักนำองค์ความรู้จากวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์สาขาต่าง ๆ มาบูรณาการกัน เพื่อมุ่งแก้ปัญหาสำคัญ ๆ ที่พบในชีวิตจริง

จากการจัดการเรียนการสอนในชั้นเรียนที่ผ่านมา ผู้วิจัยพบว่านักเรียนไม่ค่อยให้ความสำคัญกับรายวิชาวิทยาศาสตร์ แสดงอาการที่สื่อถึงความเบื่อหน่ายในการเรียน และมักมีคำถามกับครูเสมอว่าเรียนวิทยาศาสตร์ไปทำไม เรียนแล้วนำไปใช้อะไรได้บ้าง ซึ่งเป็นการแสดงให้เห็นว่านักเรียนนั้นมีเจตคติที่ไม่ดีต่อการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ ซึ่งถ้าหากนักเรียนได้เห็นความเชื่อมโยงความรู้วิทยาศาสตร์กับชีวิตประจำวัน หรือเห็นแนวทางการนำความรู้ทางวิทยาศาสตร์ไปใช้แก้ปัญหาต่าง ๆ ในชีวิต จะสามารถช่วยพัฒนาเจตคติต่อวิชาวิทยาศาสตร์ให้ดีขึ้นได้ โดยรูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่เหมาะสมก็คือการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาเพราะเป็นการบูรณาการบริบทที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวัน ซึ่งจะทำให้การสอนนั้นมีความหมายต่อผู้เรียนทำให้ผู้เรียนเห็นคุณค่าของการเรียนนั้น และสามารถนำไปใช้ประโยชน์ในการดำรงชีวิตได้ (จำรัส อินทลาภาพร, 2558; พรทิพย์ ศิริภัทราชัย, 2556) และสอดคล้องกับงานวิจัยของ ซิติ นูรัล อิซซาห์ (Siti Nurul Izzah, 2018) โทมาและเกรคา (Toma & Greca, 2017) และ ไอดิน ทีริยากิ (Aydin Tiryaki.2021) ที่กล่าวว่าการจัดการเรียนการสอนแบบสะเต็มศึกษาสามารถส่งเสริมให้นักเรียนมีเจตคติที่ดีต่อวิทยาศาสตร์

จากสภาพปัญหาและความสำคัญดังกล่าว จึงนำมาสู่การนำแนวคิดสะเต็มศึกษามาใช้ในการจัดการเรียนรู้ เพื่อพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาและเจตคติต่อการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนให้ได้มีพลเมืองที่มีคุณภาพที่ตอบสนองต่อความต้องการของประเทศไทยและทำให้ผู้เรียนได้เกิดการเรียนรู้ที่จะก้าวต่อไปในศตวรรษที่ 21

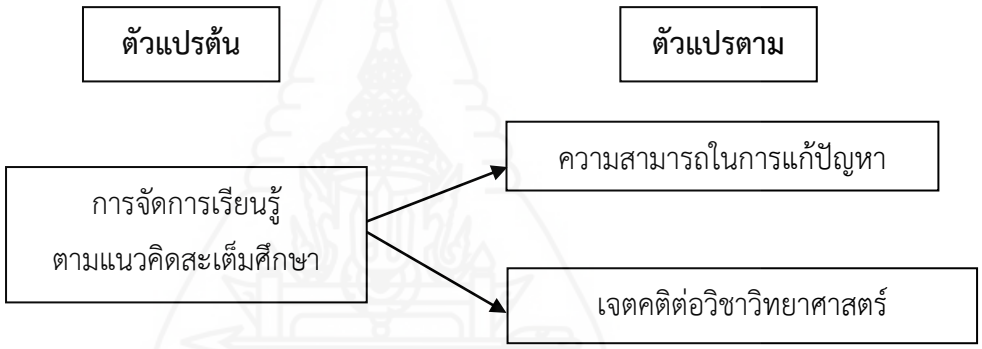
2. วัตถุประสงค์การวิจัย

2.1 เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหาก่อนและหลังเรียนของนักศึกษาที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา

2.2 เพื่อเปรียบเทียบเจตคติต่อวิชาวิทยาศาสตร์ก่อนและหลังเรียนของนักศึกษาที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา

3. กรอบแนวคิดการวิจัย

การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เป็นแนวทางในการจัดการศึกษาที่บูรณาการวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์และคณิตศาสตร์ที่มุ่งแก้ไขปัญหาที่พบเห็นในชีวิตจริง เพื่อสร้างเสริมประสบการณ์ทักษะชีวิต การสร้างสรรค์และเป็นการเตรียมความพร้อม ในการปฏิบัติงานที่ต้องใช้องค์ความรู้และทักษะกระบวนการด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์และเทคโนโลยี รวมทั้งนำไปสร้างนวัตกรรมในอนาคต ซึ่งปัญหาเป็นสิ่งที่มนุษย์ทุกคนต้องประสบพบเจอในชีวิตประจำวัน ดังนั้นทักษะในการแก้ปัญหาจึงเป็นสิ่งสำคัญที่มนุษย์ทุกคนต้องพึงมี ความสามารถในการแก้ปัญหาจึงเป็นสิ่งที่นักศึกษาควรได้รับการฝึกฝนและพัฒนา เมื่อนักศึกษาสามารถนำความรู้ความสามารถของตนไปใช้ประโยชน์ในชีวิตประจำวันได้ ย่อมเกิดเจตคติที่ดีต่อรายวิชาที่เรียนอยู่นั้น



ภาพที่ 1.1 กรอบแนวคิดในการวิจัย

4. ขอบเขตการวิจัย

4.1 ประชากร นักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูงชั้นปีที่ 1 วิทยาลัยเทคนิค-ท่าหลวงซิเมนต์ไทยอนุสรณ์ จังหวัดสระบุรี ที่เรียนรายวิชาวิทยาศาสตร์งานไฟฟ้า อิเล็กทรอนิกส์และการสื่อสาร

4.2 ตัวแปรที่ศึกษา

4.2.1 ตัวแปรต้น การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา

4.2.2 ตัวแปรตาม ความสามารถในการแก้ปัญหาและเจตคติต่อวิชาวิทยาศาสตร์

5. นิยามศัพท์เฉพาะ

5.1 การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา คือ การจัดการเรียนรู้ที่เน้นการนำสถานการณ์ปัญหาที่เกิดขึ้นในชีวิตจริง มาสร้างความท้าทายให้นักศึกษานำความรู้ใน 4 สาขาวิชามาบูรณาการ ได้แก่ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์และคณิตศาสตร์ เพื่อช่วยแก้ปัญหาผ่านกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม 6 ขั้น ได้แก่ 1) ขั้นระบุปัญหา 2) ขั้นรวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา 3) ขั้นออกแบบวิธีการแก้ปัญหา 4) ขั้นวางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา 5) ขั้นทดสอบประเมินผลและปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน 6) ขั้นนำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน

5.2 ความสามารถในการแก้ปัญหา คือ ความสามารถในการพิจารณาสถานการณ์ปัญหาที่มี 4 ขั้นตอน ได้แก่ 1) ขั้นการระบุปัญหา 2) ขั้นการวิเคราะห์ปัญหา 3) ขั้นการหาวิธีการแก้ปัญหา และ 4) ขั้นตรวจสอบผลลัพธ์ วัดได้โดยแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น

5.3 เจตคติต่อวิชาวิทยาศาสตร์ คือ ความคิดเห็น ความรู้สึก ความเชื่อของบุคคลในคุณค่าของวิทยาศาสตร์ซึ่งเป็นผลมาจากการเรียนรายวิชาวิทยาศาสตร์ รวมถึงการนำความรู้วิทยาศาสตร์ไปใช้ชีวิตประจำวันโดยแบ่งเป็น 4 ด้าน คือ ความคิดเห็นทั่วไปเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ การเห็นความสำคัญต่อการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์การนำความรู้ทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ ความชอบในวิชาวิทยาศาสตร์ วัดได้โดยแบบวัดเจตคติต่อวิชาวิทยาศาสตร์ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น

6. ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

6.1 พัฒนาเจตคติที่มีต่อวิชาวิทยาศาสตร์ของนักศึกษา

6.2 พัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาของนักศึกษา

บทที่ 2
วรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยเรื่องนี้ ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง โดยกำหนดเป็นประเด็นดังต่อไปนี้

1. การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา
   - 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา
   - 1.2 ความหมายของสะเต็มศึกษา
   - 1.3 ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา
   - 1.4 บทบาทของครูและนักเรียนในการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา
2. ความสามารถในการแก้ปัญหา
   - 2.1 ความหมายของความสามารถในการแก้ปัญหา
   - 2.2 ขั้นตอนการแก้ปัญหา
   - 2.3 การวัดความสามารถในการแก้ปัญหา
3. เจตคติต่อวิชาวิทยาศาสตร์
   - 3.1 ความหมายของเจตคติต่อวิชาวิทยาศาสตร์
   - 3.2 องค์ประกอบของเจตคติต่อวิชาวิทยาศาสตร์
   - 3.3 การวัดเจตคติต่อวิชาวิทยาศาสตร์
4. ดัชนีความก้าวหน้าของเฮค
5. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
   - 5.1 งานวิจัยในประเทศ
   - 5.2 งานวิจัยต่างประเทศ

1. การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา

การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา มีจุดเริ่มต้นที่สหรัฐอเมริกาเนื่องจากการขาดแคลนกำลังคนทางด้านอุตสาหกรรมโดยเฉพาะกำลังคนด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ คอมพิวเตอร์รวมทั้งกำลังคนที่มีความสามารถในการแก้ปัญหา (สถาบันวิจัยแห่งชาติสหรัฐอเมริกา National Research Council, 2012) คำว่า STEM ถูกใช้ครั้งแรกโดยสถาบันวิทยาศาสตร์แห่งประเทศสหรัฐอเมริกา (The National Science Foundation: NSF) ซึ่งใช้คำนี้เพื่ออ้างถึงโครงการที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์และคณิตศาสตร์ ซึ่งสถาบันวิทยาศาสตร์แห่งประเทศสหรัฐอเมริกาไม่ได้ให้นิยามที่ชัดเจนของคำว่า STEM จึงมีการใช้และให้ความหมายของคำนี้แตกต่างกันไป เช่น มีการใช้คำว่า STEM ในการอ้างอิงถึงกลุ่มอาชีพที่มีความเกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ (สถาบันวิจัยฮาโนเวอร์ Hanover Research, 2011) และประเทศสหรัฐอเมริกายังประสบปัญหาเรื่องขีดความสามารถของประเทศที่ไม่ได้เป็นอันดับหนึ่งหลาย ๆ ด้านดังที่เคยเป็นมา ในขณะที่หลายๆ ประเทศทั่วโลกมีความก้าวหน้าไปมาก รวมถึงผลการทดสอบโครงการประเมินนานาชาติ (Program for International Student Assessment หรือ PISA) ที่ต่ำกว่าหลายประเทศและผลการทดสอบด้านคณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์ระดับสากล (Trends in International Mathematics and Science Study หรือ TIMSS) ที่ลดลง ซึ่งแสดงให้เห็นถึงความถดถอยของการจัดการศึกษา (เบลลันก้าและบรันต์ Bellanca & Brandt, 2010; เดจาเน็ตต์ Dejarnette, 2012 อ้างถึงใน พรทิพย์ ศิริภัทราชัย, 2556) นอกจากนี้นักเรียนนักศึกษาที่สนใจเรียนทางด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ก็มีจำนวนลดลง ประชากรวัยทำงานที่เกี่ยวข้องทางด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและวิศวกรรมก็มีจำนวนน้อยลงเช่นกัน ในการนี้ผลการศึกษาระบุว่า ประชากรที่สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาเอกด้านวิทยาศาสตร์และทำงานด้านนี้ส่วนใหญ่เป็นคนต่างชาติมากกว่าชาวอเมริกัน นั่นหมายถึงการขาดแคลนทรัพยากรมนุษย์ ส่งผลให้เกิดปัญหาด้านเศรษฐกิจตามมา ดังนั้นนโยบายการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา จึงเป็นแนวทางที่จะช่วยแก้ปัญหาดังกล่าวได้ โดยคาดหวังว่าจะช่วยยกระดับผลการทดสอบต่าง ๆ ให้สูงขึ้น ส่งผลให้ประชากรมีคุณภาพมากขึ้นและสามารถแก้ปัญหาของชาติในด้านอื่น ๆ ได้ (ราเชล Rachel, 2008 อ้างถึงใน พรทิพย์ ศิริภัทราชัย, 2556)

สะเต็มศึกษาเป็นแนวทางในการจัดการศึกษาที่บูรณาการวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์และคณิตศาสตร์ที่มุ่งแก้ไขปัญหาที่พบเห็นในชีวิตจริง เพื่อสร้างเสริมประสบการณ์ทักษะชีวิต การสร้างสรรค์และเป็นการเตรียมความพร้อม ในการปฏิบัติงานที่ต้องใช้องค์ความรู้และทักษะกระบวนการด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์และเทคโนโลยี รวมทั้งนำไปสร้างนวัตกรรมในอนาคต (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2557) การจัดกระบวนการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาเป็น

การเรียนรู้ที่นักเรียนคิดและลงมือทำแก้ปัญหาที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวัน เพื่อให้ได้ใช้เทคโนโลยีซึ่งเป็นผลผลิตจากกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม จะช่วยให้ผู้เรียนได้พัฒนาทักษะการคิด ทักษะการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ ทักษะการแก้ปัญหาและทักษะการสื่อสาร ซึ่งทักษะดังกล่าวนี้เป็นทักษะการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 ผู้สอนสามารถจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการจัดการเรียนรู้ตามสภาพจริง ผู้เรียนได้เผชิญปัญหาและแก้ปัญหาโดยคำนึงถึงบริบทแวดล้อมที่สัมพันธ์กับความเป็นจริง ซึ่งเป็นการเรียนรู้ที่มีความหมายต่อผู้เรียนกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้จนนำไปสู่การสร้างองค์ความรู้จากบริบทที่เป็นจริง (ฐิติวรดา พลเยี่ยม, 2561)

1.2 ความหมายของสะเต็มศึกษา

พรทิพย์ ศิริภัทราชัย (2556) กล่าวว่า สะเต็มศึกษา คือ การสอนแบบบูรณาการข้ามกลุ่มสาระวิชา (Interdisciplinary Integration) ระหว่างศาสตร์สาขาต่างๆ ได้แก่ วิทยาศาสตร์ (Science:S) เทคโนโลยี (Technology : T) วิศวกรรมศาสตร์ (Engineer : E) และคณิตศาสตร์ (Mathematics : M) โดยนำจุดเด่นของธรรมชาติ ตลอดจนวิธีการสอนของแต่ละสาขามาผสมผสานกันอย่างลงตัว เพื่อให้ผู้เรียนนำความรู้ทุกแขนงมาใช้ในการแก้ปัญหา การค้นคว้าและพัฒนาสิ่งต่าง ๆ ในสถานการณ์โลกปัจจุบัน

มนตรี จุฬาวัฒนทล (2556) กล่าวว่า สะเต็มศึกษา คือ วิธีการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและคณิตศาสตร์ในทุกระดับชั้น ตั้งแต่อนุบาล ประถมศึกษา มัธยมศึกษาไปจนถึงอาชีวศึกษาและอุดมศึกษา โดยไม่เน้นเพียงการท่องจำสูตรหรือทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์หรือสมการคณิตศาสตร์เพียงอย่างเดียว แต่สะเต็มศึกษาจะฝึกให้ผู้เรียนรู้จักวิธีคิด การตั้งคำถาม แก้ปัญหาและสร้างทักษะการหาข้อมูลและการวิเคราะห์ข้อค้นพบใหม่ ๆ ทำให้ผู้เรียนรู้จักนำองค์ความรู้จากวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์สาขาต่าง ๆมาบูรณาการกัน เพื่อมุ่งแก้ปัญหาสำคัญ ๆ ที่พบในชีวิตจริง

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2557) ได้ให้นิยามของสะเต็มศึกษาเป็นแนวทางการจัดการศึกษาที่บูรณาการวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์และคณิตศาสตร์ ที่มุ่งแก้ปัญหาที่พบเห็นในชีวิตจริง เพื่อสร้างเสริมประสบการณ์ ทักษะชีวิต ความคิดสร้างสรรค์และเป็นการเตรียมความพร้อมให้กับนักเรียนในการปฏิบัติงานที่ต้องใช้องค์ความรู้และทักษะกระบวนการด้านวิทยาศาสตร์คณิตศาสตร์และเทคโนโลยี รวมทั้งนำไปสู่การสร้างนวัตกรรมในอนาคต

สรุปได้ว่า สะเต็มศึกษา หมายถึง แนวทางการจัดการศึกษาที่บูรณาการความรู้ในสาขาวิชาต่าง ๆ ได้แก่ วิทยาศาสตร์ (Science) เทคโนโลยี (Technology) วิศวกรรมศาสตร์ (Engineer) และคณิตศาสตร์ (Mathematics) เพื่อมาสร้างนวัตกรรมหรือหาวิธีการที่จะใช้ในการแก้ปัญหาในชีวิตจริง

1.3 ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา

การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา โดยใช้กระบวนออกแบบทางวิศวกรรมในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ มีนักการศึกษาหลายท่านได้ระบุไว้ ดังต่อไปนี้

โรเดอริก (Roderic, 2001) อ้างถึงใน อาทิตย์ ฉิมกุล (2559) กระบวนออกแบบทางวิศวกรรมในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ประกอบด้วย 8 ขั้นตอน ดังนี้

1. ขั้นระบุปัญหา (define the problem) ระบุปัญหาจากสถานการณ์
2. ขั้นค้นหา (explore) รวบรวมข้อมูลจากแหล่งต่างๆ เพื่อหาวิธีการแก้ปัญหา
3. ขั้นระบุข้อจำกัด (constrains) พิจารณาสถานการณ์ปัญหาว่ามีข้อกำหนดหรือเงื่อนไขใดบ้าง
4. ขั้นออกแบบ (design) ออกแบบวิธีการแก้ปัญหาให้สอดคล้องกับข้อจำกัดที่ได้กำหนดไว้
5. ขั้นประเมิน (evaluation) เปรียบเทียบวิธีการแก้ปัญหาที่ได้ออกแบบไว้ในแต่ละวิธีแล้วเลือกวิธีการที่เหมาะสมที่สุด
6. ขั้นแบ่งหน้าที่ (delegation) สมาชิกในกลุ่มต้องแบ่งบทบาทหน้าที่กันในการปฏิบัติงาน
7. ขั้นกำหนดงานให้จำเพาะ (specification) กำหนดขั้นตอนการแก้ปัญหาให้เฉพาะเจาะจงลงไป
8. ขั้นทดสอบ (test) นำวิธีการแก้ปัญหาไปทดสอบการแก้ปัญหาจริงตามแผนที่วางไว้

พิพิธภัณฑ์วิทยาศาสตร์ (Museum of Science, 2007) อ้างถึงใน อาทิตย์ ฉิมกุล (2559) กระบวนออกแบบทางวิศวกรรมในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ประกอบด้วย 5 ขั้นตอน ดังนี้

1. ขั้นตั้งคำถาม (ask) ระบุปัญหาที่ต้องการแก้ไขรวมทั้งพิจารณาว่าต้องใช้วิธีการใดจึงจะแก้ปัญหาได้สำเร็จภายใต้เงื่อนไขของสถานการณ์นั้น
2. ขั้นจินตนาการ (imagine) สร้างวิธีการแก้ปัญหาที่หลากหลายแล้วพิจารณาเลือกวิธีที่เหมาะสมที่สุด
3. ขั้นวางแผน (plan) ระบุขั้นตอนการแก้ปัญหา กำหนดวัสดุอุปกรณ์และเครื่องมือที่ต้องใช้
4. ขั้นสร้างสรรค์ (create) ปฏิบัติตามแผนงานเพื่อสร้างสรรค์วิธีการหรือสิ่งประดิษฐ์มาใช้ในการแก้ปัญหา
5. ขั้นปรับปรุง (improve) ทดสอบการแก้ปัญหาเพื่อหาข้อดีและข้อบกพร่องนำไปสู่การต่อยอดวิธีการแก้ปัญหาที่ดีขึ้นต่อไป

คาปาโรและคณะ (Capraro et al, 2013 อ้างถึงใน อาทิตย์ ฉิมกุล, 2559) ระบุว่าการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนออกแบบทางวิศวกรรมมี 7 ขั้นตอน ดังนี้

1. ขั้นระบุปัญหาและข้อจำกัด (identify problem and constraints) ผู้สอนนำเสนอสถานการณ์ปัญหาที่สอดคล้องกับชีวิตจริง โดยนักเรียนระบุแก้ปัญหาจากสถานการณ์การแก้ปัญหาดังกล่าว

อาจเป็นวิธีการหรือสิ่งประดิษฐ์โดยนักเรียนในกลุ่มระบุข้อจำกัดของการแก้ปัญหาและเกณฑ์ที่ชี้วัดผลสำเร็จของการแก้ปัญหา

2. ขั้นศึกษาค้นคว้า (research) เมื่อนักเรียนระบุจากสถานการณ์แล้ว ผู้สอนจัดให้มีกิจกรรมการเรียนรู้และการปฏิบัติการทดลองทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งนักเรียนต้องใช้ความรู้และทักษะทางคณิตศาสตร์ในการเก็บรวบรวมข้อมูลและจัดกระทำข้อมูลรวมทั้งการสืบค้นข้อมูลจากแหล่งเรียนรู้ออนไลน์ การใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์หรือแอพลิเคชั่นต่างๆ เพื่อนำมาซึ่งการได้ข้อมูลที่จำเป็นต่อการออกแบบวิธีการหรือสิ่งประดิษฐ์โดยสอดคล้องกับข้อจำกัดและการบรรลุเกณฑ์ชี้วัดความสำเร็จที่ได้กำหนดไว้

3. ขั้นคิดออกแบบ (ideate) เมื่อนักเรียนทำการศึกษาค้นคว้าอย่างละเอียดถี่ถ้วนแล้ว นักเรียนแต่ละคนในกลุ่มนำข้อมูลที่ได้จากการศึกษาค้นคว้ามาออกแบบวิธีการหรือสิ่งประดิษฐ์ โดยให้มีความคิดหลากหลายมากที่สุด รวมทั้งระบุความเป็นไปได้ในแต่ละความคิดอย่างมีเหตุผล

4. ขั้นวิเคราะห์ความคิด (analyse Ideas) หลังจากที่นักเรียนแต่ละคนในกลุ่มคิดออกแบบมาแล้วในขั้นนี้นักเรียนช่วยกันวิเคราะห์และอภิปรายร่วมกันถึงวิธีการแก้ปัญหาแต่ละแบบ โดยมีเป้าหมายเพื่อการได้มาซึ่งวิธีการแก้ปัญหาที่มีความเป็นไปได้มากที่สุดที่จะแก้ปัญหาได้สำเร็จตามเกณฑ์ชี้วัดและสอดคล้องกับข้อจำกัดโดยอาจเลือกวิธีการแก้ปัญหาวิธีการใดวิธีการหนึ่งหรือประมวลมาจากวิธีการแต่ละแบบ

5. ขั้นสร้างผลงาน (build) เมื่อนักเรียนแต่ละคนในกลุ่มวิเคราะห์ความคิดแล้วต่อไปนักเรียนนำความคิดดังกล่าวไปสร้างวิธีการหรือสิ่งประดิษฐ์ที่เรียกว่าตัวต้นแบบ (prototype) โดยอาศัยความรู้และทักษะทางวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์และคณิตศาสตร์ เพื่อนำไปสู่การสร้างตัวต้นแบบสำหรับการนำไปทดสอบและปรับปรุงต่อไป

6. ขั้นทดสอบและปรับปรุง (test and refine) นักเรียนนำตัวต้นแบบไปทดสอบการแก้ปัญหาว่าสามารถบรรลุเป้าหมายของการแก้ปัญหาหรือไม่ รวมทั้งตรวจสอบและบันทึกข้อมูลว่าตัวต้นแบบมีข้อบกพร่องอย่างไรเพื่อนำไปปรับปรุงและพัฒนาตัวต้นแบบให้ดีขึ้นจนสามารถบรรลุเกณฑ์ชี้วัดความสำเร็จ โดยมีการประเมินตัวต้นแบบว่าสอดคล้องกับจุดประสงค์หรือไม่หลังจากทดสอบและสังเกตตัวต้นแบบ นักเรียนจะได้ข้อมูลใหม่ที่จะนำไปพัฒนาตัวต้นแบบให้ดีขึ้น โดยนักเรียนจะย้อนกลับไปในขั้นคิดออกแบบเพื่อระดมสมองวิเคราะห์และออกแบบตัวต้นแบบเพื่อสร้างตัวต้นแบบใหม่ทดสอบและปรับปรุงอีกครั้งไปเรื่อย ๆ เป็นวงจรจนกว่าจะได้ตัวต้นแบบสุดท้ายที่บรรลุเกณฑ์ชี้วัดและสอดคล้องกับข้อจำกัดเพื่อนำไปใช้ในการแก้ปัญหา

7. ขั้นสื่อสารและสะท้อนผล (communicate and reflect) นักเรียนนำตัวต้นแบบที่ผ่านการทดสอบและปรังปรุงมาอย่างดีแล้วมานำเสนอหลักการและความคิดของการออกแบบการแก้ปัญหาเป็นการเผยแพร่ความคิดสู่สังคม ซึ่งนักเรียนต้องใช้ความรู้และทักษะทางด้านเทคโนโลยี

สารสนเทศในการทำสื่ออิเล็กทรอนิกส์สำหรับเผยแพร่ความคิดในลักษณะของนิทรรศการหรือการเผยแพร่สู่โลกออนไลน์นอกจากนี้นักเรียนมีการอภิปรายร่วมกันเพื่อสะท้อนผลการปฏิบัติงานของกลุ่มนักเรียนเอง

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2557) ระบุว่าการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนออกแบบทางวิศวกรรม เป็นขั้นตอนของการแก้ปัญหาหรือสนองความต้องการซึ่งมีขั้นตอนหลักๆประกอบด้วย 5 ขั้นตอนดังนี้

1. การระบุปัญหา (Identify a Challenge) เป็นขั้นตอนที่ผู้แก้ปัญหาทำความเข้าใจสิ่งที่เป็นปัญหาในชีวิตประจำวันและจำเป็นต้องหาวิธีการหรือสร้างสิ่งประดิษฐ์(innovation) เพื่อแก้ปัญหาดังกล่าว

2. การค้นหาแนวที่เกี่ยวข้อง (Explore Ideas) คือ การรวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหาและประเมินความเป็นไปได้ความคุ้มทุน ข้อดีข้อด้อย และความเหมาะสมเพื่อเลือกวิธีการที่เหมาะสมที่สุด

3. การวางแผนและพัฒนา (Plan and Develop) ผู้แก้ปัญหาต้องกำหนดขั้นตอนย่อยในการทำงาน รวมทั้งกำหนดเป้าหมายในการดำเนินการให้ชัดเจนในการออกแบบและพัฒนาตัวต้นแบบ (prototype) เพื่อใช้ในการทดสอบวิธีการที่ใช้ในการแก้ปัญหา

4. การทดสอบและประเมินผล (Test and Evaluate) เป็นขั้นตอนการทดสอบและประเมินการใช้งานต้นแบบ เพื่อแก้ปัญหาโดยผลที่ได้อาจถูกนำมาใช้ในการปรับปรุงและพัฒนาผลลัพธ์ให้มีประสิทธิภาพในการแก้ปัญหามากขึ้น

5. การนำเสนอผลลัพธ์ (Present the Solution) หลังการพัฒนา ปรับปรุงทดสอบและประเมินวิธีการแก้ปัญหาหรือผลลัพธ์จนมีประสิทธิภาพตามที่ต้องการแล้ว ผู้แก้ปัญหาต้องนำเสนอผลลัพธ์โดยต้องออกแบบวิธีการนำเสนอข้อมูลที่เข้าใจง่ายและน่าสนใจ

สถาบันวิจัยแห่งชาติสหรัฐอเมริกา (National Research Council, 2012 อ้างถึงใน ศูนย์สะเต็มศึกษาแห่งชาติ, 2557) ระบุว่ากระบวนออกแบบทางวิศวกรรมแบ่งออกเป็น 6 ขั้นตอน ดังต่อไปนี้

1. ระบุปัญหา (Problem Identification) เป็นการทำความเข้าใจปัญหาหรือความท้าทาย วิเคราะห์เงื่อนไขหรือข้อจำกัดของสถานการณ์ปัญหา เพื่อกำหนดขอบเขตของปัญหา ซึ่งจะนำไปสู่การสร้างชิ้นงานหรือวิธีการในการแก้ปัญหา

2. รวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา (Related Information Search) เป็นการรวบรวมข้อมูลและแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์และเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับแนวทางการแก้ปัญหาและประเมินความเป็นไปได้ ข้อดีและข้อจำกัด

3. ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา (Solution Design) เป็นการประยุกต์ใช้ข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องเพื่อการออกแบบชิ้นงานหรือวิธีการในการแก้ปัญหา โดยคำนึงถึงทรัพยากร ข้อจำกัดและเงื่อนไขตามสถานการณ์ที่กำหนด

4. วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา (Planning and Development) เป็นการกำหนดลำดับขั้นตอนของการสร้างชิ้นงานหรือวิธีการ แล้วลงมือสร้างชิ้นงานหรือพัฒนาวิธีการเพื่อใช้ในการแก้ปัญหา

5. ทดสอบ ประเมินผลและปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน (Testing, Evaluation and Design Improvement) เป็นการทดสอบและประเมินการใช้งานของชิ้นงานหรือวิธีการ โดยผลที่ได้อาจนำมาใช้ในการปรับปรุงและพัฒนาให้มีประสิทธิภาพในการแก้ปัญหาได้อย่างเหมาะสมที่สุด

6. นำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน (Presentation) เป็นการนำเสนอแนวคิดและขั้นตอนการแก้ปัญหาของการสร้างชิ้นงานหรือการพัฒนาวิธีการให้ผู้อื่นเข้าใจและได้ข้อเสนอแนะเพื่อการพัฒนาต่อไป

จากการศึกษาขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาในงานวิจัยครั้งนี้ใช้กระบวนออกแบบทางวิศวกรรมแบ่งออกเป็น 6 ขั้นตอน ตามแนวคิดของ สถาบันวิจัยแห่งชาติสหรัฐอเมริกา (National Research Council, 2012) ได้แก่

1. ขั้นระบุปัญหา
2. ขั้นรวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา
3. ขั้นออกแบบวิธีการแก้ปัญหา
4. ขั้นวางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา
5. ขั้นทดสอบ ประเมินผลและปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน
6. ขั้นนำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน

1.4 บทบาทของครูและนักเรียนในการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา

จำรัส อินทลาภาพร (2558) ได้กล่าวถึงบทบาทของผู้สอนของการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ดังนี้

1. จัดบรรยากาศและสภาพแวดล้อมที่ตื่นเต้น น่าสนใจ สนุกสนาน มีชีวิตชีวา เพื่อส่งเสริมให้ผู้เรียนพัฒนากระบวนการคิดและการแก้ปัญหาในสถานการณ์จริง

2. ออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาที่ท้าทายความรู้ความสามารถกระบวนการคิดและการแก้ปัญหาของผู้เรียน โดยใช้สถานการณ์ที่เป็นปัญหาในโลกปัจจุบัน

3. จัดกิจกรรมที่ให้ผู้เรียนลงมือปฏิบัติ

4. จัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบบูรณาการใน 3 สาระ ได้แก่ สาระวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์และเทคโนโลยี โดยสอดแทรกกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม

5. จัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบโครงงานเป็นฐาน (Project-based learning) โดยสร้างสถานการณ์ที่เป็นปัญหาเกี่ยวกับชีวิตจริงและท้าทายกระบวนการคิดของผู้เรียน เพื่อกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดกระบวนการคิดหาคาตอบ โดยใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์และสามารถสร้างองค์ความรู้ได้ด้วยตนเอง

6. เป็นผู้ฝึกสอน (Coach)

7. เป็นพี่เลี้ยงทางวิชาการ (Mentor)

8. ตั้งคาถามเพื่อกระตุ้นให้ผู้เรียนคิด

9. ประเมินกระบวนการทางานและผลงานของผู้เรียนโดยใช้วิธีการที่หลากหลายและให้ข้อมูลย้อนกลับระหว่างและหลังจากปฏิบัติการทดลอง โดยใช้การสื่อสารเชิงบวก

กฤษลดา ชูสินคุณาวุฒิ (2557) กล่าวถึงบทบาทของผู้สอนและผู้เรียนตามกระบวนการเทคโนโลยีของสาขาออกแบบและเทคโนโลยี สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ที่ได้ศึกษากระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมและวิเคราะห์รูปแบบกระบวนการทำงานและสังเคราะห์กระบวนการทำงานที่สอดคล้องกับบริบทของประเทศไทย ในการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาไว้มีรายละเอียดแต่ละขั้นตอน ดังนี้

ตารางที่ 2.1 วิเคราะห์รูปแบบกระบวนการทำงานและสังเคราะห์กระบวนการทำงานในการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา

ขั้นที่ 1 กำหนดปัญหาหรือความต้องการ	
บทบาทผู้สอน	**บทบาทผู้เรียน**
• กำหนดสถานการณ์เทคโนโลยีและความท้าทายเพื่อให้ผู้เรียนคิดแก้ปัญหาหรือสนองความต้องการ ซึ่งสถานการณ์อาจเกิดจากสิ่งที่ประสบในชีวิตประจำวันชุมชนและสังคม • สร้างความตระหนักเพื่อให้ผู้เรียนเห็นความสำคัญของการแก้ปัญหาหรือสนองความต้องการ	• ทำความเข้าใจและวิเคราะห์สถานการณ์เทคโนโลยีและความท้าทายอย่างละเอียด • กำหนดปัญหาหรือความต้องการที่ต้องการแก้ไข
ขั้นที่2 รวบรวมข้อมูล	
บทบาทผู้สอน	**บทบาทผู้เรียน**
• จัดเตรียมสื่อและแหล่งเรียนรู้ รวมถึงให้คำแนะนำเกี่ยวกับการรวบรวมข้อมูล เพื่อหาวิธีการแก้ปัญหาหรือสนองความต้องการที่หลากหลายจากสื่อและแหล่งเรียนรู้ต่าง ๆ อย่างรอบด้าน • ร่วมวิเคราะห์ทรัพยากรและข้อจำกัดที่ต้องคำนึงถึงในการทำงาน	• วิเคราะห์และสรุปเกี่ยวกับทรัพยากรและข้อจำกัดที่ต้องคำนึงถึงในการทำงาน • กำหนดประเด็นในการรวบรวมข้อมูลที่กลุ่มให้ความสนใจและสร้างเครื่องมือในการรวบรวมข้อมูลแล้วสำรวจเก็บรวบรวมข้อมูล • สืบเสาะหาความรู้ ศึกษาหรือสืบค้นข้อมูลในประเด็นที่กลุ่มให้ความสนใจ

ตารางที่ 2.1 (ต่อ)

บทบาทผู้สอน	บทบาทผู้เรียน
• กระตุ้นให้ผู้เรียนคิดหาวิธีการแก้ปัญหาหรือสนองความต้องการให้ได้มากกว่า 1 วิธี • ร่วมสรุปองค์ความรู้และสารสนเทศที่จำเป็นสำหรับแก้ปัญหาหรือสนองความต้องการ	• วิเคราะห์ข้อมูลและสรุปองค์ความรู้สารสนเทศและสรุปวิธีการแก้ปัญหาหรือสนองความต้องการซึ่งควรมีมากกว่า 1 วิธี • นำเสนอข้อมูลและผลการวิเคราะห์ข้อมูลและวิธีการแก้ปัญหาหรือสนองความต้องการ
ขั้นที่ 3 ออกแบบและปฏิบัติการ	
บทบาทผู้สอน	**บทบาทผู้เรียน**
• จัดเตรียมวัสดุที่จำเป็นและอุปกรณ์ เครื่องมือในการปฏิบัติงาน • ให้คำแนะนำและร่วมพิจารณาเลือกภาพร่างความคิดให้เหมาะสมและสอดคล้องกับปัญหาหรือความต้องการมากที่สุดและสามารถแก้ปัญหาหรือสนองความต้องการได้จริงตามข้อจำกัดภายใต้ทรัพยากรที่มีอยู่ • กระตุ้นให้ผู้เรียนใช้ความคิดสร้างสรรค์ในการออกแบบให้คำแนะนำและเน้นย้ำการใช้อุปกรณ์เครื่องมือให้ถูกต้องและปลอดภัย รวมทั้งให้ความช่วยเหลือผู้เรียนในการใช้งานอุปกรณ์เครื่องมือบางอย่างที่มีความซับซ้อนและอันตรายในการปฏิบัติงาน	• ออกแบบโดยถ่ายทอดความคิดเกี่ยวกับวิธีการแก้ปัญหาหรือสนองความต้องการเป็นภาพร่างความคิดหรือผังงานแล้วพัฒนาความคิดโดยใช้ความคิดสร้างสรรค์ให้ได้ความคิดที่หลากหลายมีความแปลกใหม่ • วิเคราะห์และเลือกภาพร่างความคิดที่เหมาะสมที่สุด นำเสนอและแลกเปลี่ยนเรียนรู้ • วางแผนการทำงานและลงมือปฏิบัติเพื่อสร้างชิ้นงาน สำหรับแก้ปัญหาหรือสนองความต้องการ โดยใช้งานอุปกรณ์ เครื่องมือเหมาะสมกับประเภทของงาน ทำงานถูกต้องและปลอดภัย
ขั้นที่ 4 ทดสอบ	
บทบาทผู้สอน	**บทบาทผู้เรียน**
• ให้คำแนะนำและร่วมตรวจสอบ ทดสอบชิ้นงานเพื่อหาจุดบกพร่องที่ต้องปรับปรุงแก้ไข	• ตรวจทดสอบการทำงานของชิ้นงานเพื่อหาจุดบกพร่องที่ต้องปรับปรุงแก้ไขพร้อมทั้งบันทึกข้อมูลการตรวจทดสอบการทำงานของชิ้นงาน

ตารางที่ 2.1 (ต่อ)

ขั้นที่ 5 ปรับปรุงแก้ไข	
บทบาทผู้สอน	**บทบาทผู้เรียน**
• จัดเตรียมสื่อและแหล่งเรียนรู้สำหรับการรวบรวมข้อมูลเพื่อใช้ปรับปรุงแก้ไขชิ้นงาน • ให้คำแนะนำและร่วมวิเคราะห์ข้อมูลจากการตรวจสอบทดสอบการทำงานของชิ้นงานรวมทั้งแนวทางการปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่อง • ให้คำแนะนำหากต้องย้อนกลับไปปรับปรุงแก้ไขในขั้นตอนต่าง ๆ เช่น การย้อนกลับไปรวบรวมข้อมูลอีกครั้งหรือเลือกวิธีการใหม่ หรือออกแบบและ ปฏิบัติการอีกครั้ง	• วิเคราะห์ข้อมูลจากการตรวจสอบ ทดสอบการทำงานของชิ้นงาน • ปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่อง เพื่อให้ได้ชิ้นงานตามที่ออกแบบไว้
ขั้นที่ 6 ประเมินผล	
บทบาทผู้สอน	**บทบาทผู้เรียน**
• อำนวยความสะดวกให้ผู้เรียนในการนำชิ้นงานไปแก้ปัญหาหรือความต้องการ • ร่วมสรุปองค์ความรู้จากการแก้ปัญหาหรือสนองความต้องการ • ให้ข้อเสนอแนะสำหรับการพัฒนาชิ้นงานในอนาคตและกรณีที่ชิ้นงานไม่สามารถแก้ปัญหาหรือสนองความต้องการได้	• นำชิ้นงานไปแก้ปัญหาหรือสนองความต้องการและ ประเมินผลว่าชิ้นงานที่สร้างขึ้นสามารถแก้ปัญหาหรือสนองความต้องการภายใต้สถานการณ์เทคโนโลยีความท้าทายข้อจำกัดและทรัพยากรที่มีอยู่หรือไม่ อย่างไร พร้อมทั้งบันทึกผลเพื่อใช้เป็นข้อมูลสำหรับการพัฒนาชิ้นงานต่อไป • นำเสนอผลงานและแลกเปลี่ยนเรียนรู้

จากการศึกษาข้อมูลพบว่า บทบาทของครูผู้สอนนั้นจะเป็นผู้กระตุ้น ช่วยเหลือดูแลในการการศึกษาค้นคว้าของนักเรียน ส่งเสริมให้นักเรียนสามารถคิดและแก้ปัญหาได้ด้วยตนเองรวมถึงการช่วยประเมินผลการทำงานของนักเรียนระหว่างการเรียนรู้และหลังการเรียนรู้เพื่อปรับปรุงเปลี่ยนแปลงให้ประสบความสำเร็จ โดยเป็นการจัดการเรียนรู้ที่เน้นนักเรียนเป็นสำคัญ

2. ความสามารถในการแก้ปัญหา

2.1 ความหมายความสามารถในการแก้ปัญหา

คาร์เตอร์ วี กูด (Carter V Good, 1973) ได้ให้ความหมายของความสามารถในการแก้ปัญหาว่า การแก้ปัญหาเป็นแบบแผนหรือวิธีการซึ่งอยู่ในสถานการณ์ที่มีความลำบาก หรืออยู่ในสภาวะที่พยายามตรวจสอบข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับปัญหา มีการตั้งสมมติฐาน และ เกลทแมน (Gleitman, 1992) ยังกล่าวว่า การแก้ปัญหาผู้แก้ปัญหาจะต้องใช้กระบวนการคิด ซึ่งเกิดขึ้นภายในสมองอย่างเป็นขั้นตอนต้องมีการจัดระเบียบองค์ประกอบต่าง ๆ โดยวิธีการเฉพาะเป็นเรื่อง ๆ เพื่อให้กระบวนการแก้ปัญหามีทิศทางมุ่งไปสู่เป้าหมายและสามารถแก้ปัญหาได้ สอดคล้องกับ สุวิทย์ มูลคำ (2547) ที่กล่าวว่า การคิดแก้ปัญหาเป็นความสามารถทางสมอง ที่จะขจัดภาวะที่ไม่สมดุลที่เกิดขึ้น โดยพยายามปรับตัวหาหนทางคลี่คลายขจัดปัดเป่าประเด็นสำคัญให้กลับเข้าสู่สภาวะสมดุล นอกจากนี้ สุธิดา การีมี (2561) ยังกล่าวว่า ทักษะการแก้ปัญหาเป็นความสามารถในการคิดและลงมือปฏิบัติ ซึ่งจำเป็นต้องมีการนำองค์ความรู้และทักษะต่าง ๆ มาใช้ร่วมกัน เพื่อส่งผลให้เกิดความสามารถในการแก้ปัญหาหรือสนองความต้องการในแต่ละสถานการณ์ได้อย่างเหมาะสม

จากการศึกษาความหมายข้างต้น ความสามารถในการแก้ปัญหา หมายถึง ความสามารถในการคิดพิจารณา เพื่อระบุสาเหตุของปัญหา หาวิธีการแนวทางในการแก้ปัญหา โดยอาศัยความรู้และประสบการณ์มาประกอบ

2.2 ขั้นตอนการแก้ปัญหา

กิลฟอร์ด (Guilford, 1971) ได้เสนอกระบวนการแก้ปัญหา แบ่งเป็น 5 ขั้นตอน ดังนี้

1. ขั้นเตรียมการ (preparation) หมายถึง ขั้นในการตั้งปัญหาหรือค้นหาปัญหาว่าปัญหาที่แท้จริงของเหตุการณ์นั้นคืออะไร

2. ขั้นวิเคราะห์ปัญหา (analysis) หมายถึง ขั้นในการพิจารณาดูวาสิ่งใดบ้างที่เป็นสาเหตุที่สำคัญของปัญหาหรือสิ่งใดที่ไม่ใช่สาเหตุที่สำคัญของปัญหา

3. ขั้นเสนอแนวทางในการแก้ปัญหา (production) หมายถึง การหาวิธีการแก้ปัญหาให้ตรงกับสาเหตุของปัญหาในรูปของวิธีการ ผลสุดท้ายจะได้ผลลัพธ์ออกมา

4. ขั้นตรวจสอบผล (verification) หมายถึง ขั้นในการเสนอเกณฑ์เพื่อตรวจสอบผลลัพธ์ที่ได้จากการเสนอวิธีการแก้ปัญหา ถ้าพบว่าผลลัพธ์นั้นยังไม่ได้ผลที่ถูกต้องก็ต้องมีการเสนอวิธีการแก้ปัญหาใหม่จนกว่าจะได้วิธีการที่ดีที่สุดหรือถูกต้องที่สุด

5. ขั้นในการนำไปประยุกต์ใหม่ (re-application) หมายถึง การนำวิธีการแก้ปัญหาที่ถูกต้องไปใช้ในโอกาสข้างหน้า เมื่อพบเหตุการณ์ที่คล้ายคลึงกันกับปัญหาที่เคยพบเห็นมาแล้ว

เวียร์ (Weir, 1974) อ้างถึงใน สรกฤช ฆารโสภณ (2552) ได้เสนอขั้นตอนการแก้ปัญหาไว้ 4 ขั้นตอน ดังนี้

1. ขั้นระบุปัญหา
2. ขั้นวิเคราะห์ปัญหา
3. ขั้นเสนอวิธีแก้ปัญหา
4. ขั้นตรวจสอบผลลัพธ์

บลูม (Bloom, 1956 อ้างถึงใน สรกฤช ฆารโสภณ, 2552) ได้ชี้ให้เห็นว่ากระบวนการแก้ปัญหามี 6 ขั้นตอน คือ

1. เมื่อผู้เรียนได้ตอบปัญหา ผู้เรียนจะคิดค้นสิ่งที่เคยพบเห็นและเกี่ยวข้องกับปัญหา
2. ผู้เรียนได้ประโยชน์จากขั้นที่ 1 มาสร้างรูปแบบของปัญหาใหม่
3. การแยกแยะปัญหา
4. การเลือกใช้ทฤษฎี หลักการ ความคิดและวิธีการที่เหมาะสมกับปัญหา
5. การใช้ข้อสรุปของวิธีการแก้ปัญหา
6. ผลที่ได้จากการแก้ปัญหา

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2546) ได้แสดงขั้นตอนการแก้ปัญหาไว้ 4 ขั้นตอน ดังนี้

1. ขั้นทำความเข้าใจปัญหา จะต้องทำความเข้าใจกับปัญหาที่พบให้ถ่องแท้ในประเด็นต่างๆ คือ ปัญหาถามว่าอย่างไร มีข้อมูลใดแล้วบ้าง และมีเงื่อนไขหรือต้องการข้อมูลใด
2. ขั้นวางแผนแก้ปัญหา เป็นการคิดหาวิธีวางแผนเพื่อแก้ปัญหา โดยใช้ข้อมูลจากปัญหาที่ได้วิเคราะห์ไว้แล้วในขั้นที่ 1 ประกอบกับข้อมูลและความรู้ที่เกี่ยวข้องกับปัญหานั้น นำมาใช้ประกอบการวางแผนแกปัญหา ซึ่งประกอบด้วยการตั้งสมมติฐาน กำหนดวิธีทดลองหรือตรวจสอบ
3. ขั้นดำเนินการแก้ปัญหาและประเมินผล เป็นนการลงมือแก้ปัญหาและประเมินว่าวิธีการแก้ปัญหาและผลที่ได้ถูกต้องหรือไม่ ผลเป็นอยางไร
4. ขั้นตรวจสอบการแก้ปัญหา เป็นการประเมินภาพรวมของการแก้ปัญหา ทั้งในด้านวิธีการแก้ปัญหาผลการแก้ปัญหา และการตัดสินใจรวมทั้งการนำไปประยุกต์ใช้

จากขั้นตอนการแก้ปัญหาดังกล่าว ผู้วิจัยได้สรุปขั้นตอนการแก้ปัญหา ได้ 4 ขั้นตอน ดังนี้

1. การระบุปัญหา หมายถึง การตั้งปัญหาหรือระบุปัญหาที่ต้องการจะแก้ไขจากสถานการณ์ที่เจอ
2. การวิเคราะห์ปัญหา หมายถึง การพิจารณาว่าสิ่งใดคือสาเหตุของปัญหา
3. การหาวิธีการแก้ปัญหา หมายถึง เลือกวิธีการแก้ปัญหา วางแผนการแก้ปัญหาและดำเนินการแก้ไขปัญหา

4. การตรวจสอบผลลัพธ์ หมายถึง การตรวจสอบและประเมินผลการดำเนินการแก้ปัญหา

2.3 การวัดความสามารถในการแก้ปัญหา

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2546) ระบุวิธีการวัดความสามารถในการแก้ปัญหาไว้ ดังนี้

1. การสังเกต เป็นเครื่องมือที่ใช้ระหว่างการสอนของครู โดยสะท้อนความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียน ช่วยให้เห็นการพัฒนาด้านการคิดอย่างชัดเจน การสังเกตการแก้ปัญหามี 2 วิธีคือ การสังเกตแบบไม่ตั้งใจ ซึ่งสามารถเกิดขึ้นได้ตลอดเวลา และสังเกตแบบตั้งใจ เป็นการสังเกตที่มีการบันทึกข้อมูลอย่างเป็นระบบมีการจัดทำแบบสังเกตล่วงหน้า

2. การประเมินตนเอง คือ การให้ผู้เรียนได้ประเมินตนเอง เกี่ยวกับพฤติกรรมในเรื่องการแก้ปัญหา เมื่อพบปัญหาอย่างใดอย่างหนึ่ง ซึ่งจะสะท้อนกระบวนการแก้ปัญหาของแต่ละคน

3. แบบสำรวจรายการ ใช้ประเมินพฤติกรรมของผู้เรียนในการแก้ปัญหา ซึ่งเป็นประโยชน์ต่อการเก็ยข้อมูลที่เป็นกระบวนการที่แยกการกระทำต่างไว้ชดเจน

4. แบบทดสอบข้อเขียน เป็นการสะท้อนให้เห็นถึงความสามารถในการแก้ปัญหาโดยมีการกำหนดสถานการณ์ที่เป็นปัญหา และผู้เรียนอธิบายขั้นตอนการแก้ปัญหาแต่ละขั้น มีการกำหนดเกณฑ์การให้คะแนนอย่างชัดเจน

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2555) เสนอว่าเครื่องมือในการวัดความสามารถในการแก้ปัญหามี 2 รูปแบบ คือ

1. แบบทดสอบแบบเลือกตอบ เป็นแบบทดสอบที่ให้นักเรียนเลือกคำตอบที่ถูกต้องเพียงหนึ่งคำตอบ โดยประกอบด้วยสถานการณ์ การประเมินที่สั้นให้นักเรียนพิจารณาสถานการณ์นั้น แบบทดสอบแบบเลือกตอบแบ่งออกเป็น 2 ลักษณะ ได้แก่

1.1 แบบทดสอบเลือกตอบแบบคำถามเดี่ยว เป็นแบบทดสอบที่มีสถานการณ์คำถามเพียงหนึ่งคำถามและมีตัวเลือกให้นักเรียนเลือกตอบ โดยตัวเลือกนั้นมีคำตอบที่ถูกต้องเพียงหนึ่งตัวเลือกเท่านั้น

1.2 แบบทดสอบเลือกตอบแบบคำถาม 2 ชั้น เป็นแบบทดสอบที่มี 2 ส่วน ได้แก่ ส่วนที่ 1 ซึ่งมีลักษณะเดียวกับแบบทดสอบเลือกตอบคำถามเดี่ยว แต่อาจมีคำตอบที่ถูกต้องได้มากกว่า 1 คำตอบ และส่วนที่ 2 ซึ่งมีลักษณะเป็นคำถามที่เกี่ยวเนื่องกับการเลือกคำตอบจากส่วนที่ 1 โดยเป็นการให้นักเรียนระบุเหตุผลของการเลือกคำตอบที่นักเรียนได้เลือกในส่วนที่ 1

2. แบบทดสอบแบบเขียนตอบ เป็นแบบทดสอบที่ให้นักเรียนระบุคำตอบโดยการเขียนตอบ ซึ่งใช้ความสามารถของนักเรียนในการแปลความหมายสถานการณ์ของแบบทดสอบ จากนั้นให้นักเรียน

เขียนระบุคำตอบที่แสดงการตีความหมาย ลงข้อสรุป ตัดสินใจ รวมถึงแสดงเหตุผลของตนเองที่ใช้ในการสนับสนุนการตัดสินใจนั้น ๆ

ซึ่งจากการศึกษาผู้วิจัยจึงเลือกใช้แบบทดสอบแบบเลือกตอบ โดยกำหนดสถานการณ์และมีขั้นตอนการแก้ปัญหาแบ่งเป็น 4 ขั้นตอน คือ การระบุปัญหา การวิเคราะห์ การหาวิธีการแก้ปัญหา และการตรวจสอบผลลัพธ์

3. เจตคติต่อวิชาวิทยาศาสตร์

3.1 ความหมายเจตคติต่อวิชาวิทยาศาสตร์

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2546) ให้ความหมายของเจตคติต่อวิทยาศาสตร์ว่า เป็นความรู้สึกของผู้เรียนที่มีต่อการทำกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ประกอบด้วยความพอใจศรัทธาและซาบซึ้ง เห็นคุณค่าและประโยชน์ รวมทั้งมีคุณธรรม จริยธรรมและค่านิยมทางวิทยาศาสตร์ คุณลักษณะชี้บ่งเจตคติต่อวิทยาศาสตร์ ประกอบด้วยลักษณะต่อไปนี้

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

จากการศึกษาเจตคติต่อวิทยาศาสตร์นั้นหมายถึง ความรู้สึกของบุคคลที่มีองค์ประกอบในหลายด้านที่ครอบคลุมในวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ทั้งทางด้านเนื้อหาความรู้ กิจกรรมทางวิทยาศาสตร์ การเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ ความพอใจศรัทธา ความซาบซึ้ง การเห็นคุณค่าและประโยชน์วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

สำหรับงานวิจัยนี้ผู้วิจัยให้ความสำคัญในความรู้สึกของบุคคลที่เกี่ยวข้องกับการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ เจตคติต่อวิชาวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความคิดเห็น ความรู้สึก ความเชื่อของบุคคลในคุณค่าของวิทยาศาสตร์ซึ่งเป็นผลมาจากการเรียนรายวิชาวิทยาศาสตร์ รวมถึงการนำความรู้วิทยาศาสตร์ไปใช้ชีวิตประจำวันโดยแบ่งเป็น 4 ด้าน คือ ความคิดเห็นทั่วไปเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ การเห็นความสำคัญต่อการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ การนำความรู้ทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ ความชอบในวิชาวิทยาศาสตร์

3.2 องค์ประกอบเจตคติต่อวิชาวิทยาศาสตร์

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2555) ได้เสนอว่า เจตคติที่ดีต่อวิทยาศาสตร์ มีองค์ประกอบ 4 ด้าน ดังนี้

1. ความสนใจในวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความรู้สึกชื่นชอบพึงพอใจในวิทยาศาสตร์หรือสิ่งที่มีความเกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์

2. การเห็นคุณค่าทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง การรับรู้ การยอมรับถึงประโยชน์ของวิทยาศาสตร์หรือสิ่งที่มีความเกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์

3. ความเชื่อและค่านิยมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ หมายถึง ข้อมูล ความคิดเห็นของบุคคลที่มีต่อวิทยาศาสตร์หรือสิ่งที่มีความเกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ในด้านการเล็งเห็นถึงความสำคัญหรือการนำมาใช้เป็นเกณฑ์การประเมินการตัดสินใจของบุคคล

4. คุณธรรมและจริยธรรมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความเชื่อและการประพฤติปฏิบัติที่ดีงามที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ในการที่จะนำวิทยาศาสตร์ไปคิดและปฏิบัติ เพื่อให้เกิดความดี ความถูกต้อง และเกิดประโยชน์ต่อสังคม

จุฑาภรณ์ มาสันเทียะ (2562) องค์ประกอบของเจตคติของนักเรียนที่มีต่อการเรียนวิทยาศาสตร์ดังนี้

1. ความสนใจในการเรียนวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความตั้งใจ สนใจในบทเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ที่ครูสอน ตลอดจนมีความรับผิดชอบงานที่ได้รับมอบหมายภายในชั่วโมงเรียน อีกทั้งมีการค้นคว้าเพิ่มเติมในเรื่องที่ตนเองไม่เข้าใจ

2. ความกระตือรือร้นในการเรียนวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความตื่นตัวและขวนขวายของนักเรียนที่จะเรียนรู้วิชาวิทยาศาสตร์อยู่เสมอ และมุ่งมั่นที่จะทำงานที่ได้รับมอบหมายให้ประสบความสำเร็จ

3. การให้ความสำคัญต่อการเรียนวิทยาศาสตร์ หมายถึง การให้ความสนใจเป็นพิเศษต่อการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ชอบและมีความสุขในการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์

4. ความเข้าใจในการเรียนวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความสามารถในการจับใจความสำคัญพร้อมทั้งอธิบายสิ่งที่เรียนรู้ในวิชาวิทยาศาสตร์ได้

5. ความสนุกสนานในการเรียนวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความชอบในการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ มีความเพลิดเพลินในการเรียนและไม่รู้สึกเบื่อ

6. การนำความรู้ทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ หมายถึง ความสามารถในการประยุกต์ใช้ความรู้ที่ได้เรียนในวิชาวิทยาศาสตร์ไปใช้สามารถนำสิ่งที่เรียนรู้ในวิชาวิทยาศาสตร์ไปเชื่อมโยงกับสิ่งอื่น ๆ ในชีวิตประจำวันอย่างมีเหตุผลได้

7. การจัดสรรเวลาสำหรับการเรียนวิทยาศาสตร์ หมายถึง กระบวนการทำงานของนักเรียน เช่น การทำการบ้าน การทบทวนบทเรียน อย่างมีระบบโดยมีการวางแผนและควบคุมการให้บรรลุผลตามเวลาและวัตถุประสงค์การเรียนวิทยาศาสตร์ที่กำหนดไว้

8. ความเอาใจใส่ต่อการเรียนวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความตั้งใจในการเรียนรู้วิชาวิทยาศาสตร์ มีการซักถามทันทีที่พบปัญหาหรือไม่เข้าใจในวิชาวิทยาศาสตร์

งานวิจัยนี้ผู้วิจัยแบ่งองค์ประกอบของเจตคติต่อรายวิชาวิทยาศาสตร์ เป็น 4 ด้าน ดังนี้

1. ความคิดเห็นทั่วไปเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความคิด ความรู้สึก ทัศนคติที่มีต่อวิทยาศาสตร์

2. การเห็นความสำคัญต่อการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความมุ่งมั่นตั้งใจ สนใจบทเรียนในวิชาวิทยาศาสตร์ มีความรับผิดชอบต่อการเรียน การจัดสรรเวลาให้กับวิชาวิทยาศาสตร์ ทำการบ้านและทบทวนบทเรียนสม่ำเสมอ

3. การนำความรู้ทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ หมายถึง การตระหนักถึงประโยชน์และโทษของความรู้วิทยาศาสตร์ที่ได้จากการเรียน รวมถึงการนำความรู้วิทยาศาสตร์ไปใช้ในชีวิตประจำวัน

4. ความชอบในวิชาวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความรู้สึกสนุกสนาน เพลิดเพลิน มีความสุขในการเรียนและการทำกิจกรรมในวิชาวิทยาศาสตร์

3.3 การวัดเจตคติต่อวิชาวิทยาศาสตร์

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2555) ได้เสนอแนวทางการวัดเจตคติต่อวิทยาศาสตร์ 3 วิธี

1. ใช้แบบวัดประมาณค่า 5 ระดับ
2. ใช้แบบสังเกตพฤติกรรม
3. ใช้แบบสัมภาษณ์

จากการศึกษางานวิจัย การวัดเจตคติต่อวิทยาศาสตร์ ผู้วิจัยหลายท่านใช้วิธีการวัดด้วยแบบสอบถามมาตรประมาณค่า (Rating Scale) 5 ระดับ ตามวิธีการวัดของลิเคิร์ต (Likert Method) (จุฑาภรณ์ มาสันเทียะ, 2562; ชนัต อินทะกนก, 2559, มรีจิ คงทรัตน์, 2553) งานวิจัยนี้ใช้แบบวัดเจตคติต่อวิชาวิทยาศาสตร์ มีลักษณะเป็นแบบสอบถามมาตรประมาณค่า (Rating Scale) 5 ระดับ ตามวิธีการวัดของลิเคิร์ต (Likert Method) ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น

4. ค่าดัชนีความก้าวหน้าของเฮค (Hake)

ค่าดัชนีความก้าวหน้าของเฮค (Hake) มาจากงานวิจัยที่ใช้วิเคราะห์ความก้าวหน้าของคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาของผู้เรียน ในการวิจัยของเฮค (Hake, 1998) ที่ได้ทำการสำรวจนักเรียนที่เรียนในโรงเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย วิทยาลัย และมหาวิทยาลัยหลักสูตรฟิสิกส์ กว่า 62 หลักสูตร จำนวนกลุ่มตัวอย่าง 6,542 คน ในประเทศสหรัฐอเมริกา โดยคำนวณได้จากร้อยละของคะแนนหลังเรียนเปรียบเทียบกับร้อยละของคะแนนก่อนเรียน เฮค (Hake, 1998)

$$\text{ดัชนีความก้าวหน้า} = \frac{\text{ร้อยละคะแนนหลังเรียน} - \text{ร้อยละคะแนนก่อนเรียน}}{100 - \text{ร้อยละคะแนนก่อนเรียน}}$$

โดยกำหนดค่าดัชนี ดังนี้

0.00-0.29 แปลว่า ความก้าวหน้าอยู่ในระดับต่ำ

0.30-0.69 แปลว่า ความก้าวหน้าอยู่ในระดับปานกลาง

0.70-1.00 แปลว่า ความก้าวหน้าอยู่ในระดับสูง

5. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

5.1 งานวิจัยในประเทศ

จากการศึกษางานวิจัยพบว่าการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาสามารถช่วยพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาได้ ดังงานวิจัยของ นัสรินทร์ บือซา (2558) ได้ศึกษาผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา (STEM Education) ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา ความสามารถในการแก้ปัญหาและความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ซึ่งผลการวิจัยพบว่า นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษามีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา ความสามารถในการแก้ปัญหาหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระดับ .01 และนักเรียนมีความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา (STEM Education) อยู่ในระดับมาก สอดคล้องกับ อาทิตย์ ฉิมกุล (2559) ที่ได้ศึกษาผลของการจัดการเรียนรู้ชีววิทยาตามแนวคิดสะเต็มศึกษาที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยาของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนมัธยมศึกษาขนาดใหญ่พิเศษแห่งหนึ่ง เขตวังทองหลาง จังหวัดกรุงเทพมหานคร ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนที่เรียนรู้ชีววิทยาตามแนวคิดสะเต็มศึกษามีร้อยละคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการแก้ปัญหาหลังเรียนเท่ากับ 76.35 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้คือร้อยละ 75 จัดอยู่ในระดับดีมาก มีคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยาหลังเรียนเท่ากับ 75.65

ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้คือ ร้อยละ 70และยังพบว่านักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยาในด้านการนำความรู้หรือวิธีการทาง วิทยาศาสตร์ไปใช้อยู่ในระดับดีเยี่ยม สอดคล้องกับ ดวงพร สมจันทร์ตา (2559) ที่ทำการศึกษาเพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนและหลังเรียน โดยใช้การจัดการเรียนรู้เรื่องกายวิภาคของพืช ตามแนวทางสะเต็มศึกษากับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 43 คน พบว่า นักเรียนมีทักษะการแก้ปัญหาหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .05 และมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .05 และสอดคล้องกับ สุพร สีเงินยวง (2559) ที่ได้ทำการวิจัยเพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นปีที่ 1 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแบบสะเต็มโดยใช้การสืบเสาะเป็นฐาน ผลการวิจัยพบว่าความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .05 ซึ่งบริบทของกลุ่มตัวอย่างคล้ายกับงานวิจัยฉบับนี้

ปุญญพัฒน์ โคตรบุตร (2560) ได้ศึกษาเกี่ยวกับการบูรณาการตามแนวคิดสะเต็มศึกษาในการเสริมสร้างผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและเจตคติต่อวิทยาศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 พบว่าผลประเมินเจตคติต่อวิทยาศาสตร์อยู่หลังการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาอยู่ในระดับมาก ซึ่งมีผลมาจากความสำเร็จในการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา สอดคล้องกับ พลศักดิ์ แสงพรมศรี (2558) ที่ทำการวิจัยเพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ และเจตคติต่อการเรียนวิชาเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษา พบว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษามีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการและเจตคติต่อการเรียนเคมีสูงกว่าการเรียนรู้แบบปกติ ดังนั้นควรสนับสนุนให้ครูผู้สอนได้นำแนวคิดสะเต็มศึกษาไปประยุกต์ใช้ในการจัดการเรียนการสอนในกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และวิชาที่เกี่ยวข้องกับสะเต็มศึกษาต่อไป

จากการศึกษางานวิจัยการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาจึงสามารถช่วยพัฒนาเจตคติต่อการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ได้

5.2 งานวิจัยต่างประเทศ

ซิติ นูรัล อิซซ่าห์ (Siti Nurul Izzah, 2018) ได้ทำการศึกษาและสังเคราะห์งานวิจัย 15 เรื่อง ในประเด็นอิทธิพลของสะเต็มศึกษาที่มีต่อเจตคติของนักเรียนระดับมัธยมศึกษา เขาพบว่า สะเต็มศึกษามีผลต่อเจตคติของนักเรียนในเชิงบวก เช่นเดียวกับ โทมา และเกรคา (Toma & Greca, 2017) ที่ศึกษาเกี่ยวกับการสอนแบบสะเต็มศึกษาที่มีผลต่อเจตคติต่อวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับประถมศึกษา ซึ่งผลการวิจัยพบว่าการจัดการเรียนการสอนแบบสะเต็มศึกษาสามารถส่งเสริมให้นักเรียนมีเจตคติต่อวิทยาศาสตร์ดีกว่านักเรียนที่เรียนแบบปกติ

ไอดิน ทีริยากิ (Aydin Tiryaki, 2021) ได้ศึกษาการนำการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มร่วมกับการใช้หุ่นยนต์กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่มีผลต่อความคิดสร้างสรรค์และเจตคติต่อการ

เรียนวิทยาศาสตร์ มีกลุ่มตัวอย่างจำนวน 60 คน โดยแบ่งเป็นกลุ่มทดลอง 30 คน และกลุ่มควบคุม 30 คน จากการทำการทดสอบความคิดสร้างสรรค์และเจตคติต่อการเรียนวิทยาศาสตร์คะแนนก่อนและหลังเรียน พบว่า การนำการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มร่วมกับการใช้หุ่นยนต์นั้นช่วยเพิ่มความคิดสร้างสรรค์และเจตคติต่อการเรียนวิทยาศาสตร์ของนักเรียนอย่างมีนัยสำคัญ และผลการสัมภาษณ์ยังแสดงให้เห็นว่านักเรียนสนุกสนานกับการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มร่วมกับการใช้หุ่นยนต์ อีกทั้งยังส่งผลให้นักเรียนรู้จักการใช้ซอฟต์แวร์หุ่นยนต์และซอฟต์แวร์ที่ซับซ้อนเพื่อแก้ปัญหาในชีวิตประจำวัน ทำให้พวกเขารู้สึกเหมือนเป็นนักวิทยาศาสตร์ในระหว่างการฝึกปฏิบัติและจะนำไปสู่การเลือกอาชีพในอนาคตของพวกเขาด้วย

พาโน และคณะ (Parno et al, 2019) ได้ศึกษาอิทธิพลของการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาร่วมกับการใช้ปัญหาเป็นฐานของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 144 คน โดยแบ่งกลุ่มตัวอย่างเป็น 3 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มทดลองที่ 1 ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มร่วมกับปัญหาเป็นฐาน กลุ่มทดลองที่ 2 ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐาน และกลุ่มควบคุม ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนกลุ่มทดลองที่ 1 มีคะแนนทักษะการแก้ปัญหาที่สูงกลุ่มอื่นอย่างมีนัยสำคัญ และนักเรียนกลุ่มทดลองที่ 2 มีคะแนนทักษะการแก้ปัญหาสูงกว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ จึงกล่าวได้ว่าการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มร่วมกับปัญหาเป็นฐานและการจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานนั้นสามารถช่วยพัฒนาทักษะการแก้ปัญหาของนักเรียนได้

พาโน และคณะ (Parno et al, 2020) ได้ศึกษาผลของการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาร่วมกับโครงงานเป็นฐานที่มีต่อทักษะการแก้ปัญหาของนักเรียนในหัวข้อการเหนี่ยวนำแม่เหล็กไฟฟ้า โดยแบ่งนักเรียนออกเป็น 2 กลุ่ม คือกลุ่มนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาร่วมกับโครงงานเป็นฐาน และกลุ่มนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบโครงงานเป็นฐานเพียงอย่างเดียว ผลการวิจัยพบว่านักเรียนกลุ่มที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาร่วมกับโครงงานเป็นฐานมีทักษะในการแก้ปัญหาสูงกว่ากลุ่มนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบโครงงานเป็นฐานเพียงอย่างเดียวอย่างมีนัยสำคัญ

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

งานวิจัยเรื่องนี้ ผู้วิจัยดำเนินการวิจัย โดยแบ่งเป็นประเด็นต่าง ๆ ดังนี้

1. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

1.1 ประชากร ในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก นักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูงชั้นปีที่ 1 วิทยาลัยเทคนิคท่าหลวงซิเมนต์ไทยอนุสรณ์ จังหวัดสระบุรี ที่เรียนรายวิชาวิทยาศาสตร์งานไฟฟ้าอิเล็กทรอนิกส์และการสื่อสาร

1.2 กลุ่มตัวอย่าง ในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ นักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูงชั้นปีที่ 1 วิทยาลัยเทคนิคท่าหลวงซิเมนต์ไทยอนุสรณ์ จังหวัดสระบุรี ที่เรียนรายวิชาวิทยาศาสตร์งานไฟฟ้าอิเล็กทรอนิกส์และการสื่อสาร ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2563 จำนวน 1 ห้อง มีนักศึกษา 37 คน ซึ่งได้มาจากการเลือกแบบเจาะจง

2. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

2.1 เครื่องมือการวิจัยที่ใช้ในการทดลอง ได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็ม-ศึกษา รายวิชาวิทยาศาสตร์งานไฟฟ้า อิเล็กทรอนิกส์และการสื่อสาร ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง ประกอบด้วย แผนการจัดการเรียนรู้ จำนวน 5 แผน 2 เรื่อง ได้แก่ เรื่องสารละลายกรดเบส และปฏิกิริยาเคมี ใช้เวลาสอน 20 ชั่วโมง โดยมีขั้นตอนการสร้างแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ดังนี้

2.1.1 ศึกษาค้นคว้าข้อมูลเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา ขั้นตอนและวิธีการจัดการเรียนการสอน การวัดและประเมินผล จากหนังสือ บทความ งานวิจัยทั้งในและต่างประเทศ

2.1.2 ศึกษาคำอธิบายรายวิชา สมรรถนะรายวิชา จากหนังสือหลักสูตรประกาศนียบัตร-วิชาชีพชั้นสูง พุทธศักราช 2563

2.1.3 เลือกเนื้อหาที่เหมาะสมกับการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็ม โดยเนื้อหาที่จัดทำแผนการจัดการเรียนรู้แบ่งเป็น 2 เรื่อง ได้แก่ สารละลายกรดเบสและปฏิกิริยาเคมี หลังจากนั้นกำหนดจุดประสงค์ของเนื้อหา

2.1.4 สร้างแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา แบ่งเป็น เรื่องสารละลายกรดเบส จำนวน 2 แผน และเรื่องปฏิกิริยาเคมี จำนวน 3 แผน แผนละ 4 ชั่วโมงตามจำนวนชั่วโมงเรียนต่อสัปดาห์

ตารางที่ 3.1 โครงสร้างแผนการจัดการเรียนรู้

หน่วยการเรียนรู้	**หัวข้อ**	**จำนวนชั่วโมง**
สารละลาย	1. สารละลายกรด 2. สารละลายเบส 3. อินดิเคเตอร์	8
ปฏิกิริยาเคมี	1. การเกิดปฏิกิริยาเคมี 2. ปัจจัยที่ส่งผลต่อปฏิกิริยาเคมี 3. ปฏิกิริยาเคมีในชีวิตประจำวัน	12

ตารางที่ 3.2 กรอบแนวคิดแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา

หน่วยการเรียนรู้	**หัวข้อ**	**สถานการณ์**	**การบูรณาการสะเต็มศึกษา**
สารละลายกรดเบส	1. สารละลายกรด 2. สารละลายเบส 3. อินดิเคเตอร์	“ในกิจกรรมวันปีใหม่ที่จะมาถึงนี้ เราจะจัดงานเลี้ยงสังสรรค์กัน นักศึกษามีแนวคิดอย่างไร ที่จะนำเสนอเครื่องดื่มในมิติใหม่ ๆ ที่มีความน่าสนใจมาใช้ในงานเลี้ยงของเรา โดยมีเงื่อนไขว่าเครื่องดื่มที่นักศึกษาผลิตนั้นต้องเปลี่ยนสีได้”	**วิทยาศาสตร์ (S)** - สารละลายกรดเบส - อินดิเคเตอร์ **เทคโนโลยี (T)** - การเลือกใช้วัสดุอุปกรณ์ในการทำเครื่องดื่ม - การค้นคว้าหาข้อมูลในการทำเครื่องดื่ม **วิศวกรรมศาสตร์ (E)** - การออกแบบเครื่องดื่มและเทคนิควิธีการในการผสมเครื่องดื่ม

ตารางที่ 3.2 (ต่อ)

หน่วยการเรียนรู้	หัวข้อ	สถานการณ์	การบูรณาการสะเต็มศึกษา
			คณิตศาสตร์ (M) การคำนวณปริมาณสัดส่วนของส่วนผสมของเครื่องดื่มเพื่อให้มีรสชาติอร่อย
ปฏิกิริยาเคมี	1. การเกิดปฏิกิริยาเคมี 2. ปัจจัยที่ส่งผลต่อปฏิกิริยาเคมี 3. ปฏิกิริยาเคมีในชีวิตประจำวัน	“กลุ่มวิศวกรในบริษัทแห่งหนึ่ง ได้รับมอบหมายให้ร่วมกันผลิตจรวดพลังงานเคมีเพื่อใช้ในการขนส่งสินค้า โดยมีเงื่อนไขว่าจะต้องเคลื่อนที่ให้ได้ไกล ใช้งบประมาณน้อยที่สุดและต้องใช้พลังงานจากปฏิกิริยาเคมีเท่านั้น โดยมีวัสดุอุปกรณ์ให้เลือกใช้อย่างจำกัด หากนักเรียนเป็นวิศวกรในกลุ่มดังกล่าว นักเรียนจะเลือกออกแบบจรวดพลังงานเคมีอย่างไรให้มีประสิทธิภาพตรงตามเงื่อนไขและดีที่สุด”	**วิทยาศาสตร์ (S)** - ปฏิกิริยาเคมี - ปัจจัยที่ส่งผลต่อปฏิกิริยาเคมี - ปฏิกิริยาเคมีในชีวิตประจำวัน **เทคโนโลยี (T)** - การเลือกใช้วัสดุอุปกรณ์ในการทำจรวด - การค้นคว้าหาข้อมูลในการทำจรวดพลังงานปฏิกิริยาเคมี **วิศวกรรมศาสตร์ (E)** - การออกแบบจรวด วิธีการผสมสารเคมีและเทคนิคการปล่อยจรวด **คณิตศาสตร์ (M)** - การคำนวณค่าใช้จ่ายในการผลิตจรวด

2.1.5 นำแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ส่งให้อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ตรวจสอบ รูปแบบของแผนการจัดการเรียนรู้ ขั้นตอนการจัดการเรียนการสอน การวัดและประเมินผล และนำมาปรับปรุงตามคำแนะนำ

2.1.6 นำแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ไปให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 คน (รายชื่อตามภาคผนวก ก) เพื่อตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหาและนำมาปรับปรุงตามคำแนะนำ

2.2 เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล ได้แก่

2.2.1 แบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหา จำนวน 20 ข้อ มีลักษณะเป็นคำถามแบบปรนัย จำนวน 5 สถานการณ์ๆ ละ 4 ข้อ รวมทั้งหมด 20 ข้อที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น โดยมีขั้นตอนการสร้าง ดังนี้

1) ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับทักษะการแก้ปัญหาแล้ววิเคราะห์ขั้นตอนการแก้ปัญหา ซึ่งในงานวิจัยนี้วิเคราะห์ขั้นตอนการแก้ปัญหาเป็น 4 ขั้นตอน ได้แก่ การระบุปัญหา การวิเคราะห์ปัญหา การหาวิธีการแก้ปัญหาและการตรวจสอบผลลัพธ์

2) กำหนดลักษณะของแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาเป็นแบบปรนัย

3) สร้างแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาในรูปแบบของปรนัย จำนวน 5 สถานการณ์ ๆ ละ 4 ข้อ

4) นำแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาเพื่อปรับปรุงแก้ไข แล้วนำไปให้ผู้เชี่ยวชาญพิจารณาเพื่อตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหา หาค่า IOC ซึ่งข้อคำถามที่มีค่า IOC ตั้งแต่ 0.67-1.00 ทั้งหมด โดยมีคำแนะนำให้ปรับปรุงบางส่วน

5) ผู้วิจัยนำแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาไปทดลองใช้กับนักศึกษากลุ่มที่มีลักษณะใกล้เคียงกับกลุ่มทดลองเพื่อหาค่าความยาก (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) ซึ่งผลการวิเคราะห์มีค่าความยากอยู่ระหว่าง 0.2 - 0.8 และค่าอำนาจจำแนก (r) อยู่ระหว่าง 0.2 - 0.73 ถือว่าใช้ได้ทุกข้อ

6) ผู้วิจัยหาความเที่ยงของแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาด้วยสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค (Cronbach's Alpha) พบว่าแบบทดสอบฉบับนี้มีค่าสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค (Cronbach's Alpha) เท่ากับ 0.84 สามารถนำไปใช้ทดสอบกับกลุ่มตัวอย่างได้

2.2.2 แบบวัดเจตคติต่อการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ จำนวน 20 ข้อ มีลักษณะเป็นแบบสอบถามเป็นมาตรประมาณค่า (Rating Scale) 5 ระดับ ตามวิธีการวัดของลิเคิร์ต (Likert Method) ซึ่งเป็นข้อความเชิงนิมาน (ทางบวก) 12 ข้อ และ ข้อความเชิงนิเสธ (ทางลบ) 8 ข้อ รวม 20 ข้อ โดยมีระดับคะแนนดังนี้

ระดับคะแนนข้อความ	เชิงนิมาน (ทางบวก)	เชิงนิเสธ (ทางลบ)
เห็นด้วยอย่างยิ่ง	ระดับคะแนน 5	ระดับคะแนน 1
เห็นด้วย	ระดับคะแนน 4	ระดับคะแนน 2
ไม่แน่ใจ	ระดับคะแนน 3	ระดับคะแนน 3
ไม่เห็นด้วย	ระดับคะแนน 2	ระดับคะแนน 4
ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง	ระดับคะแนน 1	ระดับคะแนน 5

เกณฑ์การแปลความหมายของแบบวัดเจตคติต่อการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ เป็นดังนี้

ค่าเฉลี่ย	ระดับความรู้สึก
1.00 - 1.50	ต่ำมาก
1.51 - 2.50	ต่ำ
2.51 - 3.50	ปานกลาง
3.51 - 4.50	สูง
4.51 - 5.00	สูงมาก

โดยมีขั้นตอนการสร้าง ดังนี้

1) ศึกษาเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการวัดเจตคติต่อการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์

2) นำข้อมูลที่ศึกษาจากเอกสาร ตำรามาใช้กำหนดลักษณะของแบบวัดเจตคติต่อการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ โดยจากการวิเคราะห์สามารถกำหนดเป็น 4 ประเด็น ได้แก่

(1) ความคิดเห็นทั่วไปเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์

(2) การเห็นความสำคัญต่อการเรียนวิทยาศาสตร์

(3) การนำความรู้ทางวิทยาศาสตร์ไปใช้

(4) ความชอบในวิชาวิทยาศาสตร์

3) สร้างแบบวัดเจตคติต่อการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ ให้มีลักษณะของแบบสอบถามเป็นมาตรประมาณค่า (Rating Scale) 5 ระดับ คือ ให้แสดงความคิดเห็นต่อข้อความว่าเห็นด้วยอย่างยิ่ง เห็นด้วย ไม่แน่ใจ ไม่เห็นด้วย ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง ตามวิธีการวัดของลิเคิร์ต (Likert Method) ที่วัดความรู้สึกที่มีต่อสิ่งใดสิ่งหนึ่ง ตามประเด็นที่วิเคราะห์ได้ จำนวน 30 ข้อ

4) นำแบบวัดเจตคติต่อการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์เสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาเพื่อปรับปรุงแก้ไข แล้วนำไปให้ผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน ตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหา เพื่อหาค่า IOC คัดเลือกข้อคำถามที่มีค่า IOCตั้งแต่ 0.67-1.00 จำนวน 20 ข้อ

5) นำแบบวัดเจตคติต่อการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ไปทดลองใช้กับนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูงที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง และหาความเที่ยงด้วยสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค Cronbach’s Alpha พบว่าแบบทดสอบฉบับนี้มีค่าสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค Cronbach’s Alpha เท่ากับ 0.76 สามารถนำมาใช้ได้ทั้ง 20 ข้อ และนำไปใช้ทดสอบกับกลุ่มตัวอย่าง

3. การเก็บรวมรวมข้อมูล

3.1 ทดสอบก่อนการทดลอง โดยใช้แบบวัดเจตคติต่อการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์และแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทดสอบกับกลุ่มทดลองก่อนดำเนินการสอนตามแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา

3.2 ดำเนินการสอน ตามแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ทั้ง 5 แผน จำนวน 20 ชั่วโมง

3.3 ทดสอบหลังการทดลอง โดยใช้แบบวัดเจตคติต่อการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์และแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหากับกลุ่มทดลอง หลังจากจบการเรียนรู้ตามแผนการจัดการเรียนรู้

4. การวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยนำค่าคะแนนที่ได้จากการทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียนของแบบวัดเจตคติต่อการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์และแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหามาวิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติต่างๆ ดังนี้

4.1 สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

4.1.1 ค่าเฉลี่ยเลขคณิต (Mean)

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^{N} X_i}{N}$$

โดยที่ $\bar{X}$ คือ ค่าเฉลี่ยเลขคณิต

$\sum_{i=1}^{N} X_i$ คือ ผลรวมของข้อมูลทั้งหมด

N คือ จำนวนข้อมูลทั้งหมด

4.1.2 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Diviation)

$$S.D. = \sqrt{\frac{\sum(X - \bar{X})^2}{n - 1}}$$

โดยที่ S.D. คือ ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

X คือ ข้อมูลแต่ละจำนวน

$\bar{X}$ คือ ค่าเฉลี่ยของข้อมูล

n คือ จำนวนกลุ่มตัวอย่าง

4.1.3 ค่าดัชนีความก้าวหน้าของเฮค ใช้วิเคราะห์ความก้าวหน้าของความสามารถในการแก้ปัญหาของนักศึกษาที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา คำนวณได้จากร้อยละของคะแนนหลังเรียนเปรียบเทียบกับร้อยละของคะแนนก่อนเรียน (Hake, 1998)

$$\text{ดัชนีความก้าวหน้า} = \frac{\text{ร้อยละคะแนนหลังเรียน} - \text{ร้อยละคะแนนก่อนเรียน}}{100 - \text{ร้อยละคะแนนก่อนเรียน}}$$

โดยกำหนดค่าดัชนี ดังนี้

0.00-0.29 แปลว่า ความก้าวหน้าอยู่ในระดับต่ำ

0.30-0.69 แปลว่า ความก้าวหน้าอยู่ในระดับปานกลาง

0.70-1.00 แปลว่า ความก้าวหน้าอยู่ในระดับสูง

4.2 สถิติที่ใช้วิเคราะห์คุณภาพเครื่องมือ

4.2.1 ตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหา ของแบบวัดเจตคติต่อการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์และแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหา ใช้การหาค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) (ไพบูรณ์ คะเชนทรพรรค์, 2561) โดยใช้สูตร

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

โดยที่ IOC หมายถึง ดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับเนื้อหาที่ต้องการวัด

R หมายถึง ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญแต่ละคน

$\sum R$ หมายถึง ผลรวมของคะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญทุกคนในแต่ละข้อคำถาม (คิดเครื่องหมายด้วย)

N หมายถึง จำนวนผู้เชี่ยวชาญทั้งหมด (3 หรือ 5 คน)

4.2.2 ค่าความเที่ยงแบบวิธีสัมประสิทธิ์แอลฟา ของแบบวัดเจตคติต่อการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์และแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหา (ไพบูรณ์ คะเชนทรพรรค์, 2561) โดยใช้สูตร

$$a = \frac{K}{K-1}\left[1 - \frac{\sum S_i^2}{S_t^2}\right]$$

โดยที่ α หมายถึง ค่าความเที่ยงของเครื่องมือวัด

K หมายถึง จำนวนข้อคำถาม

S_i^2 หมายถึง ค่าความแปรปรวนของแต่ละข้อคำถาม

S_t^2 หมายถึง ค่าความแปรปรวนทั้งฉบับ

4.2.3 ค่าความยากของแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหา (สสวท., 2555)

$$P = \frac{H + L}{N_H + N_L}$$

โดยที่ P คือ ค่าความยาก
H คือ จำนวนผู้ตอบถูกในกลุ่มสูง
L คือ จำนวนผู้ตอบถูกในกลุ่มต่ำ
N_H คือ จำนวนผู้ตอบทั้งหมดในกลุ่มสูง
N_L คือ จำนวนผู้ตอบทั้งหมดในกลุ่มต่ำ

4.2.4 ค่าอำนาจจำแนกของแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหา (สสวท., 2555)

$$R = \frac{H - L}{N_H}$$

หรือ

$$R = \frac{H - L}{N_L}$$

โดยที่ R คือ ค่าอำนาจจำแนก
H คือ จำนวนผู้ตอบถูกในกลุ่มสูง
L คือ จำนวนผู้ตอบถูกในกลุ่มต่ำ
N_H คือ จำนวนผู้ตอบทั้งหมดในกลุ่มสูง
N_L คือ จำนวนผู้ตอบทั้งหมดในกลุ่มต่ำ

บทที่ 4
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

งานวิจัยเรื่องนี้ ผู้วิจัยนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลแบ่งออกเป็น 2 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 เปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหาก่อนและหลังเรียนของนักศึกษาที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา

ตอนที่ 2 เปรียบเทียบเจตคติต่อการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ก่อนและหลังเรียนของนักศึกษาที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ตอนที่ 1 เปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหาก่อนและหลังเรียนของนักศึกษาที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา

ผู้วิจัยได้นำค่าคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาก่อนและหลังเรียนของนักศึกษาที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษามาวิเคราะห์ข้อมูล ปรากฏผลดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 เปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหาก่อนและหลังเรียนของนักศึกษาที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา

การทดสอบ	n	$\bar{X}$	S.D.	ค่าความก้าวหน้าของเฮค
ก่อนเรียน	37	14.38	2.56	0.45
หลังเรียน	37	16.78	2.00	

จากตารางที่ 4.1 พบว่าคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาก่อนเรียนของนักศึกษาที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษามีค่าเฉลี่ย เท่ากับ 14.38 ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 2.56 และคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาหลังเรียนของนักศึกษาที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษามีค่าเฉลี่ย เท่ากับ 16.78 ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 2.00 ซึ่งค่าเฉลี่ยของคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน และมีค่าความก้าวหน้าของเฮค เท่ากับ 0.45 อยู่ในระดับปานกลาง

โดยในระหว่างการจัดการเรียนการสอน ขั้นนำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหา หรือชิ้นงาน ของเรื่อง ปฏิกิริยาเคมี นักศึกษาบางกลุ่มได้เสนอแนวคิดว่า “ถ้าหากเราเพิ่มอุปกรณ์ได้ อยากเพิ่มกระดาษชำระ เพื่อนำมาห่อผงฟู เวลาใส่ลงไปในขวดจะได้หน่วงให้ปฏิกิริยาเกิดได้ช้าลงและเราจะได้ปิดฝาขวดได้แน่นขึ้น น่าจะส่งผลให้จรวดยิงได้ไกลขึ้น” ครูจึงอนุญาตให้นักศึกษาทดลองทำและแสดงให้เพื่อนๆ เห็นนอกเหนือจากการแข่งขัน และผลปรากฏว่าจรวดพุ่งไปได้ไกลกว่าการไม่นำกระดาษชำระมาห่อเป็นจริงตามที่นักศึกษาตั้งสมมิตฐานไว้ตอนต้น จึงแสดงให้เห็นว่าจากการที่นักศึกษาได้รับการจัดการเรียนการสอนในขั้นรวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวกับปัญหา ที่นักเรียนได้มีอากาสได้ค้นคว้าหาความรู้เพิ่มเติม ประยุกต์ใช้ความรู้จากการศึกษาและหาวิธีการแก้ปัญหาที่แตกต่างออกไปจากที่ครูกำหนดได้อาจจะส่งผลลัพธ์ที่ดีกว่าได้ ในการค้นหาความรู้เพิ่มเติมจึงเป็นสิ่งสำคัญและจำเป็น เพื่อให้ได้มาซึ่งวิธีการแก้ปัญหาที่ดีที่สุด อีกนัยหนึ่งครูยังต้องใส่ใจรับฟังเปิดโอกาสให้นักศึกษาได้ทดลองในสิ่งที่แตกต่างที่อยู่บนพื้นฐานความจริงมีความเป็นไปได้ด้วย

ตอนที่ 2 เปรียบเทียบเจตคติต่อการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ก่อนและหลังเรียนของนักศึกษาที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา

ผู้วิจัยได้นำค่าคะแนนเจตคติต่อการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ก่อนและหลังเรียนของนักศึกษาที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษามาวิเคราะห์ข้อมูล ปรากฏผลดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 เปรียบเทียบเจตคติต่อการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ก่อนและหลังเรียนของนักศึกษาที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา (จำนวนกลุ่มตัวอย่าง 37 คน)

ผลการทดสอบ	ก่อนเรียน			หลังเรียน		
	$\overline{X}$	S.D.	ระดับ	$\overline{X}$	S.D.	ระดับ
1) ด้านความคิดเห็นทั่วไปเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์	3.57	0.51	สูง	3.65	0.52	สูง
2) ด้านการเห็นความสำคัญต่อการเรียนวิทยาศาสตร์	3.58	0.36	สูง	3.67	0.37	สูง
3) ด้านการนำความรู้ทางวิทยาศาสตร์ไปใช้	3.64	0.43	สูง	3.81	0.47	สูง
4) ด้านความชอบในวิชาวิทยาศาสตร์	3.18	0.26	ปานกลาง	3.26	0.28	ปานกลาง
รวม	**3.49**	**0.27**	**สูง**	**3.60**	**0.27**	**สูง**

จากตารางที่ 4.2 พบว่า คะแนนเจตคติต่อการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนของนักศึกษาที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษามีค่าเฉลี่ย เท่ากับ 3.49 อยู่ในระดับสูง ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 0.27 โดยมีคะแนนแต่ละด้านดังนี้

1) ด้านความคิดเห็นทั่วไปเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ มีค่าเฉลี่ย เท่ากับ 3.57 อยู่ในระดับสูง ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 0.51

2) ด้านการเห็นความสำคัญต่อการเรียนวิทยาศาสตร์ มีค่าเฉลี่ย เท่ากับ 3.58 อยู่ในระดับสูง ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 0.36

3) ด้านการนำความรู้ทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ มีค่าเฉลี่ย เท่ากับ 3.64 อยู่ในระดับสูง ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 0.43

4) ด้านความชอบในวิชาวิทยาศาสตร์ มีค่าเฉลี่ย เท่ากับ 3.18 อยู่ในระดับปานกลาง ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 0.26

และคะแนนเจตคติต่อการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์หลังเรียนของนักศึกษาที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษามีค่าเฉลี่ย เท่ากับ 3.60 อยู่ในระดับสูง ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 0.27 โดยมีคะแนนแต่ละด้านดังนี้

1) ด้านความคิดเห็นทั่วไปเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ มีค่าเฉลี่ย เท่ากับ 3.65 อยู่ในระดับสูง ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 0.52

2) ด้านการเห็นความสำคัญต่อการเรียนวิทยาศาสตร์ มีค่าเฉลี่ย เท่ากับ 3.67 อยู่ในระดับสูง ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 0.37

3) ด้านการนำความรู้ทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ มีค่าเฉลี่ย เท่ากับ 3.81 อยู่ในระดับสูง ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 0.47

4) ด้านความชอบในวิชาวิทยาศาสตร์ มีค่าเฉลี่ย เท่ากับ 3.26 อยู่ในระดับปานกลาง ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 0.28 ซึ่งค่าเฉลี่ยของคะแนนเจตคติต่อการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน

จากการสังเกตนักศึกษาระหว่างการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา นักศึกษามีความสนุกสนาน ให้ความสนใจ ให้ความร่วมมือตลอดการทำกิจกรรม โดยเฉพาะในช่วงขั้นตอนการนำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน นักศึกษาจะมีความตั้งใจที่จะฟังการนำเสนอของกลุ่มเพื่อน ๆ และมีส่วนร่วมในการทำกิจกรรม มีการถามตอบและให้คำแนะนำระหว่างกลุ่ม ซึ่งเป็นพฤติกรรมที่แสดงถึงการมีเจตคติที่ดีต่อวิชาวิทยาศาสตร์

บทที่ 5
สรุปการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

งานวิจัยเรื่องนี้ ผู้วิจัยมีการสรุป อภิปรายผลและข้อเสนอแนะ ดังนี้

1. สรุปการวิจัย

1.1 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.1.1 เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหาก่อนและหลังเรียนของนักศึกษาที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา

1.1.2 เพื่อเปรียบเทียบเจตคติต่อการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ก่อนและหลังเรียนของนักศึกษาที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา

1.2 วิธีดำเนินการวิจัย

1.2.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

1) ประชากร ในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ นักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง ชั้นปีที่ 1 วิทยาลัยเทคนิคท่าหลวงซิเมนต์ไทยอนุสรณ์ จังหวัดสระบุรี ที่เรียนรายวิชาวิทยาศาสตร์งานไฟฟ้า อิเล็กทรอนิกส์และการสื่อสาร

2) กลุ่มตัวอย่าง ในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ นักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง ชั้นปีที่ 1 วิทยาลัยเทคนิคท่าหลวงซิเมนต์ไทยอนุสรณ์ จังหวัดสระบุรี ที่เรียนรายวิชาวิทยาศาสตร์งานไฟฟ้า อิเล็กทรอนิกส์และการสื่อสาร ปีการศึกษา 2563 จำนวน 1 ห้อง มีนักศึกษาจำนวน 37 คน ได้มาจากการเลือกแบบเจาะจง

1.2.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1) เครื่องมือการวิจัยที่ใช้ในการทดลอง ได้แก่

แผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา รายวิชาวิทยาศาสตร์งานไฟฟ้าอิเล็กทรอนิกส์และการสื่อสาร ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง ประกอบด้วย แผนการจัดการเรียนรู้ 2 เรื่อง จำนวน 5 แผน ได้แก่ เรื่องสารละลายกรดเบสและปฏิกิริยาเคมี ใช้เวลาสอน 20 ชั่วโมง

2) เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล ได้แก่

(1) แบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหา มีลักษณะเป็นคำถามแบบปรนัย จำนวน 5 สถานการณ์ สถานการณ์ละ 4 ข้อ รวมทั้งหมด 20 ข้อ ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น

(2) แบบวัดเจตคติต่อการเรียนวิทยาศาสตร์ มีลักษณะเป็นแบบสอบถามมาตรประมาณค่า (Rating Scale) 5 ระดับ ตามวิธีการวัดของลิเคิร์ต (Likert Method) ซึ่งเป็นข้อความเชิงนิมานและเชิงนิเสธ รวมทั้งหมด 20 ข้อ ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น

1.2.3 การเก็บรวบรวมข้อมูล

1) ทดสอบก่อนการทดลอง โดยใช้แบบวัดเจตคติต่อวิทยาศาสตร์และแบบความสามารถการแก้ปัญหากับกลุ่มทดลองก่อนดำเนินการสอนตามแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา

2) ดำเนินการสอน ตามแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาทั้ง 5 แผน จำนวน 20 ชั่วโมง

3) ทดสอบหลังการทดลอง โดยใช้แบบวัดเจตคติต่อวิทยาศาสตร์และแบบวัดความสามารถการแก้ปัญหากับกลุ่มทดลอง หลังจากจบการเรียนรู้ตามแผนการจัดการเรียนรู้

1.2.4 การวิเคราะห์ข้อมูล

1) การวิเคราะห์คะแนนความสามารถในการแก้ปัญหา โดยใช้การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) ของคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาก่อนและหลังเรียนของนักศึกษา และคำนวณค่าดัชนีความก้าวหน้าของเฮค

2) การวิเคราะห์คะแนนเจตคติต่อการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ โดยใช้การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) ของคะแนนเจตคติต่อการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ก่อนและหลังเรียนของนักศึกษา

1.3 ผลการดำเนินการวิจัย

1.3.1 ความสามารถในการแก้ปัญหาของนักศึกษาที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษามีค่าเฉลี่ยของคะแนนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน และมีค่าดัชนีความก้าวหน้าของเฮค เท่ากับ 0.45 อยู่ในระดับปานกลาง

1.3.2 เจตคติต่อวิชาวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษามีค่าเฉลี่ยของคะแนนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน

2. อภิปรายผล

จากการศึกษาผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาในรายวิชาวิทยาศาสตร์งานไฟฟ้าอิเล็กทรอนิกส์และการสื่อสาร ที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาและเจตคติต่อการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง วิทยาลัยเทคนิคท่าหลวงซิเมนต์ไทยอนุสรณ์ ผู้วิจัยได้อภิปรายผลแยกเป็นประเด็น ดังนี้

2.1 การเปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหาก่อนและหลังเรียนของนักศึกษาที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา พบว่า นักเรียนมีค่าเฉลี่ยของคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน และมีค่าดัชนีความก้าวหน้าของเฮค เท่ากับ 0.45 อยู่ในระดับปานกลาง เป็นไปตามสมมติฐานที่ว่า การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาสามารถพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาได้ ซึ่งสอดคล้องกับ มนตรี จุฬาวัฒนทล (2556) ที่กล่าวว่าสะเต็มศึกษาจะฝึกให้ผู้เรียนรู้จักวิธีคิดการตั้งคำถาม แก้ปัญหาและสร้างทักษะการหาข้อมูลและการวิเคราะห์ข้อค้นพบใหม่ ๆ ทำให้ผู้เรียนรู้จักนำองค์ความรู้จากวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์สาขาต่าง ๆ มาบูรณาการกัน เพื่อมุ่งแก้ปัญหาสำคัญ ๆ ที่พบในชีวิตจริง และฐิติวรดา พลเยี่ยม (2561) ที่กล่าวว่า การจัดกระบวนการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาเป็นการเรียนรู้ที่นักเรียนคิดและลงมือทำแก้ปัญหาที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวันเพื่อให้ได้ใช้เทคโนโลยีซึ่งเป็นผลผลิตจากกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม จะช่วยให้ผู้เรียนได้พัฒนาทักษะการคิด ทักษะการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ ทักษะการแก้ปัญหา และทักษะการสื่อสารซึ่งทักษะดังกล่าวนี้เป็นทักษะการเรียนรู้ในศตวรรษ ที่ 21 การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มมีจุดเด่นในขั้นการคิดออกแบบและสร้างผลงาน ที่นักเรียนต้องใช้กระบวการออกแบบเชิงวิศวกรรม รวมทั้งการนำองค์ความรู้ต่างๆ มาบูรณาการร่วมกันสร้างวิธีการหรือสิ่งประดิษฐ์เพื่อแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบ กิจกรรมในขั้นตอนดังกล่าวจะช่วยส่งเสริมให้นักเรียนได้รับการพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาให้สูงขึ้น (อาทิตย์ ฉิมกุล, 2559) ซึ่งขั้นตอนในการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาของงานวิจัยนี้ ใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม 6 ขั้น National Research Council, 2012) ได้แก่ 1) ขั้นระบุปัญหา 2) ขั้นรวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา 3) ขั้นออกแบบวิธีการแก้ปัญหา 4) ขั้นวางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา 5) ขั้นทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน 6) ขั้นนำเสนอวิธีการแก้ปัญหาผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน จะเห็นว่านักเรียนจะได้เริ่มต้นจากการทำความเข้าใจปัญหาหรือความท้าทาย วิเคราะห์เงื่อนไขหรือข้อจำกัดของสถานการณ์ปัญหา เพื่อกำหนดขอบเขตของปัญหา ที่จะทำไปเป็นหลักในรวบรวมข้อมูล แนวคิดทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ รวมถึงเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับแนวทางการแก้ปัญหา ประเมินความเป็นไปได้ ข้อดีและข้อจำกัด เพื่อออกแบบวิธีการในการแก้ปัญหา จากนั้นดำเนินการแก้ปัญหาตามขั้นตอนที่วางแผนไว้ และทดสอบ ประเมินผล ปรับปรุงวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน จนนำมาสู่การนำเสนอข้อมูล แนวคิด ขั้นตอนการแก้ปัญหาของการสร้างชิ้นงานหรือการพัฒนาวิธีการ ให้ผู้อื่นเข้าใจและได้ข้อเสนอแนะเพื่อการพัฒนาต่อไป ดังที่อาทิตย์ ฉิมกุล (2559) ได้กล่าวว่านักเรียนได้มีโอกาสนำผลงานไปทดสอบและปรับปรุง รวมทั้งการนำเสนอผลการทดสอบผลงานจะช่วยให้นักเรียนได้รับการพัฒนาความสามารถในการประเมินผลการแก้ปัญหาอันเกิดจากการวิเคราะห์ข้อดีข้อบกพร่องของผลงาน ทำให้นักเรียนได้เรียนรู้จากการลงมือปฏิบัติจริงส่งผลให้เกิดการพัฒนาและต่อยอดของผลงานให้ดีขึ้น

ผลการวิจัยนี้สอดคล้องกับ นัสรินทร์ บือซา (2558) ได้ศึกษาผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา (STEM Education) ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา ความสามารถในการ

แก้ปัญหาและความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ซึ่งผลการวิจัยพบว่า นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษามีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา ความสามารถในการแก้ปัญหาหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระดับ .01 และนักเรียนมีความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา (STEM Education) อยู่ในระดับมาก ดวงพร สมจันทร์ตา (2559) ที่ทำการศึกษาเพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนและหลังเรียน โดยใช้การจัดการเรียนรู้เรื่องกายวิภาคของพืช ตามแนวทางสะเต็มศึกษากับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 43 คน พบว่า นักเรียนมีทักษะการแก้ปัญหาหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .05 และมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .05 และสุพร สีเงินยวง (2559) ที่ได้ทำการวิจัยเพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นปีที่ 1 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแบบสะเต็มโดยใช้การสืบเสาะเป็นฐาน ผลการวิจัยพบว่าความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .05 สอดคล้องกับ พาโนและคณะ (Parno et al, 2019) ที่ได้ศึกษาอิทธิพลของการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาร่วมกับการใช้ปัญหาเป็นฐานของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 144 คน โดยแบ่งกลุ่มตัวอย่างเป็น 3 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มทดลอง 1 ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มร่วมกับปัญหาเป็นฐาน กลุ่มทดลอง 2 ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐาน และกลุ่มควบคุม ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนกลุ่มทดลองที่ 1 มีคะแนนทักษะการแก้ปัญหาที่สูงกลุ่มอื่นอย่างมีนัยสำคัญ และนักเรียนกลุ่มทดลองที่ 2 มีคะแนนทักษะการแก้ปัญหาสูงกว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ จึงกล่าวได้ว่าการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็ม นั้นสามารถช่วยพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนได้ และยังสอดคล้องกับ พาโนและคณะ (Parno et al, 2020) ได้ศึกษาผลของการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาร่วมกับโครงงานเป็นฐานที่มีต่อทักษะการแก้ปัญหาของนักเรียนในหัวข้อการเหนี่ยวนำแม่เหล็กไฟฟ้า โดยแบ่งนักเรียนออกเป็น 2 กลุ่ม คือกลุ่มนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาร่วมกับโครงงานเป็นฐาน และกลุ่มนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบโครงงานเป็นฐานเพียงอย่างเดียว ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนกลุ่มที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาร่วมกับโครงงานเป็นฐานมีทักษะในการแก้ปัญหาสูงกว่ากลุ่มนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบโครงงานเป็นฐานเพียงอย่างเดียวอย่างมีนัยสำคัญ

2.2 การเปรียบเทียบเจตคติต่อการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ก่อนและหลังเรียนของนักศึกษาที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา พบว่า เจตคติต่อการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษามีค่าเฉลี่ยค่าเฉลี่ยของคะแนนเจตคติต่อการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน เป็นไปตามสมมติฐานที่ว่าการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาสามารถช่วยให้นักเรียนมีเจตคติต่อการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ดีขึ้น การจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มช่วยเสริมสร้างให้ผู้เรียนได้ค้นคว้าด้วยตนเองและเรียนรู้การทำงานเป็นกลุ่ม มีกระบวนการคิดแก้ปัญหาต่าง ๆ

ทำให้ผู้เรียนมีความสนใจในการเรียนมากขึ้น และนักเรียนได้ใช้กระบวนการสะเต็มศึกษาสร้างชิ้นงานด้วยตนเองเป็นผลให้เกิดความชอบ มีความสุขในการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ ส่งผลให้ผู้เรียนมีเจตคติต่อวิทยาศาสตร์สูงขึ้น (ปุญญพัฒน์ โคตรบุตร, 2560) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ พลศักดิ์ แสงพรมศรี (2558) ที่ทำการวิจัยเพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ และเจตคติต่อการเรียนวิชาเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษา พบว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษามีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ และเจตคติต่อการเรียนเคมีสูงกว่าการเรียนรู้แบบปกติ และซิติ นูรัล อิซซ่าห์ (Siti Nurul Izzah, 2018) ที่ศึกษาและสังเคราะห์งานวิจัย 15 เรื่อง ในประเด็นอิทธิพลของสะเต็มศึกษาที่มีต่อเจตคติของนักเรียนระดับมัธยมศึกษา เขาพบว่า สะเต็มศึกษามีผลต่อเจตคติของนักเรียนในเชิงบวก เช่นเดียวกับ โทมาและเกรคา (Toma & Greca, 2017) ที่ศึกษาเกี่ยวกับการสอนแบบสะเต็มศึกษาที่มีผลต่อเจตคติต่อวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับประถมศึกษา ซึ่งผลการวิจัยพบว่าการจัดการเรียนการสอนแบบสะเต็มศึกษาสามารถส่งเสริมให้นักเรียนมีเจตคติต่อวิทยาศาสตร์ดีกว่านักเรียนที่เรียนแบบปกติ และยังสอดคล้องกับไอดิน ทีริยากิ (Aydin Tiryaki, 2021) ได้ศึกษาการนำการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มร่วมกับการใช้หุ่นยนต์กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่มีผลต่อความคิดสร้างสรรค์และเจตคติต่อการเรียนวิทยาศาสตร์ มีกลุ่มตัวอย่างจำนวน 60 คน โดยแบ่งเป็นกลุ่มทดลอง 30 คน และกลุ่มควบคุม 30 คน จากการทำการทดสอบความคิดสร้างสรรค์และเจตคติต่อการเรียนวิทยาศาสตร์คะแนนก่อนและหลังเรียน พบว่า การนำการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มร่วมกับการใช้หุ่นยนต์นั้นช่วยเพิ่มความคิดสร้างสรรค์และเจตคติต่อการเรียนวิทยาศาสตร์ของนักเรียนอย่างมีนัยสำคัญ และผลการสัมภาษณ์ยังแสดงให้เห็นว่านักเรียนสนุกสนานกับการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มร่วมกับการใช้หุ่นยนต์ อีกทั้งยังส่งผลให้นักเรียนรู้จักการใช้ซอฟต์แวร์หุ่นยนต์และซอฟต์แวร์ที่ซับซ้อนเพื่อแก้ปัญหาในชีวิตประจำวัน ทำให้พวกเขารู้สึกเหมือนเป็นนักวิทยาศาสตร์ในระหว่างการฝึกปฏิบัติและจะนำไปสู่การเลือกอาชีพในอนาคตของพวกเขาด้วย จึงกล่าวได้ว่าการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาสามารถช่วยให้นักเรียนมีเจตคติต่อการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ดีขึ้น

3. ข้อเสนอแนะ

3.1 ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้

3.1.1 ในการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาครูผู้สอนควรคำนึงถึงเวลาที่ใช้ในการจัดกิจกรรมและการวางแผนการจัดการเรียนรู้ให้เหมาะสม เนื่องจากในแต่ละขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ค่อนข้างใช้เวลาในการดำเนินการมาก อาจจะทำให้เนื้อหาบทเรียนนั้นใช้เวลาเรียน

มากกว่าเนื้อหาในส่วนอื่น จึงต้องมีการวางแผนจัดสรรเวลาหรือบูรณาการเนื้อหาความรู้หลาย ๆ เรื่องเข้าด้วยกันในกิจกรรมเดียว

3.3.2 ครูผู้สอนควรเลือกปัญหาที่ใกล้ตัวนักศึกษา เป็นปัญหาที่พบทั่วไปในชีวิตประจำวัน เข้ากับบริบทของนักศึกษาหรือนำสถานการณ์ปัญหาจากสถานประกอบการที่นักศึกษาจะต้องมีอากาสไปพบเจอในการทำงาน เพื่อให้นักเรียนเข้าใจปัญหาและความจำเป็นในการแก้ปัญหามากขึ้น ซึ่งอาจจะนำไปสู่การสร้างนวัตกรรมใหม่ ๆ ที่นำไปใช้แก้ปัญหาในชีวิตจริงและพัฒนาเข้าสู่อุตสาหกรรมในอนาคตได้

3.2 ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

3.2.1 จัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษากับเนื้อหาที่หลากหลายบูรณาการความรู้หลายๆเรื่องเข้าเป็นกิจกรรมเดียว

3.2.2 นำการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มไปบูรณาการกับการจัดการเรียนรู้รูปแบบอื่น เช่น การใช้ปัญหาเป็นฐาน การสอนแบบโครงงาน เป็นต้น เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการจัดการเรียนการรู้

บรรณานุกรม

บรรณานุกรม

กฤษลดา ชูสินคุณาวุฒิ. (2557). รอบรู้เทคโนโลยี กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมคืออะไร. *นิตยสาร สสวท.,* 42(190), 37-41.

จำรัส อินทลาภาพร. (2558). การศึกษาแนวทางการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาสำหรับผู้เรียนระดับประถมศึกษา. *วารสารวิชาการ Veridian E –Journal, Silpakorn University ฉบับภาษาไทยสาขามนุษยศาสตร์ สังคมศาสตร์ และศิลปะ,* 8(1), 62-74.

จุฑาภรณ์ มาสันเทียะ. (2562). การพัฒนาแบบวัดเจตคติของนักเรียนที่มีต่อการเรียน วิชาวิทยาศาสตร์สำหรับผู้เรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น. *สุทธิปริทัศน์,* 33(108), 39-50.

ชนัต อินทะกนก. (2559). *ผลของการเรียนรู้โดยใช้กรณีตัวอย่างเป็นฐานร่วมกับการใช้คำถามแบบสืบสอบที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงวิทยาศาสตร์และเจตคติต่อวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย.* (วิทยานิพนธ์ปริญญาครุศาสตรมหาบัณฑิต ไม่ได้ตีพิมพ์). จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.

ฐิติวรดา พลเยี่ยม. (2561). สะเต็มศึกษา : ความเข้าใจเบื้องต้นสู่ห้องเรียนบูรณาการ. *วารสารครุพิบูล,* 5(2), 122-135.

ดวงพร สมจันทร์ตา. (2559). *การศึกษาความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายที่ได้รับการเรียนตามแนวทางสะเต็มศึกษา เรื่อง กายวิภาคของพืช.* (ปริญญานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต ไม่ได้ตีพิมพ์). มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, กรุงเทพฯ.

นัสรินทร์ บือซา. (2558). *ผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา (STEM Education) ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา ความสามารถในการแก้ปัญหาและความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5.* (วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตร-มหาบัณฑิต ไม่ได้ตีพิมพ์). มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, สงขลา.

ปุญญพัฒน์ โคตรบุตร. (2560). *การบูรณาการตามแนวคิดสะเต็มศึกษาในการเสริมสร้างผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและเจตคติต่อวิทยาศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1.* (วิทยานิพนธ์ปริญญาครุศาสตรบัณฑิต ไม่ได้ตีพิมพ์). มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม, มหาสารคาม.

แผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคม แห่งชาติ ฉบับที่ 12 พ.ศ. 2560 - 2564. (2560). กรุงเทพฯ: สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ สำนักนายกรัฐมนตรี.

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

พระราชบัญญัติการอาชีวศึกษา พ.ศ. 2551. (2551). กรุงเทพฯ: สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ.

พลศักดิ์ แสงพรมศรี. (2558). *การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ และเจตคติต่อการเรียนวิชาเคมี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษากับแบบปกติ*. (วิทยานิพนธ์ปริญญา-วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต ไม่ได้ตีพิมพ์). มหาวิทยาลัยมหาสารคาม, มหาสารคาม.

ไพบูรณ์ คะเชนทรพรรค์. (2561). การสร้างและตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือวิจัยเชิงปริมาณ. ใน *ประมวลสาระชุดวิชาวิทยานิพนธ์ ขั้น 2.* (หน่วยที่ 6.). (พิมพ์ครั้งที่ 4, น. 42-51). นนทบุรี: มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.

มนตรี จุฬาวัฒนทล. (2556). สะเต็มศึกษาประเทศไทยและทูตสะเต็ม. *นิตยสาร สสวท.,* 42(158), 44-49.

มรีจิ คงทรัตน์. (2553). *ผลการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์โดยใช้เทคนิคแนวเทียบร่วมกับวงจรการเรียนรู้ 5E ที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาและเจตคติต่อวิทยาศาสตร์*. (วิทยานิพนธ์ปริญญาครุศาสตรมหาบัณฑิต ไม่ได้ตีพิมพ์). จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.

ราชบัณฑิตยสถาน. (2551). พจนานุกรมศัพท์ศึกษาศาสตร์ ฉบับราชบัณฑิตยสถาน. กรุงเทพฯ: อรุณการพิมพ์.

ศูนย์สะเต็มศึกษาแห่งชาติ. (2563). รู้จักสะเต็ม. สืบค้นจาก http://www.stemedthailand.org.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2546). *การจัดสาระการเรียนรู้กลุ่มวิทยาศาสตร์หลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน*. กรุงเทพฯ: คุรุสภาลาดพร้าว.

_____. (2546). *คู่มือวัดผลประเมินผลวิทยาศาสตร์.*กรุงเทพฯ: คุรุสภาลาดพร้าว.

_____. (2555). *การวัดผลประเมินผลวิทยาศาสตร์.*กรุงเทพฯ: ซีเอ็ด.

_____. (2557). *สะเต็มศึกษา.* กรุงเทพฯ :สสวท.

สรกฤช ฆารโสภณ. (2552). *การแก้ปัญหาและเจตคติต่อวิทยาศาสตร์ของนักเรียนประกาศนียบัตรวิชาชีพ วิทยาลัยเทคนิคกาฬสินธุ์ในการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ เรื่องสารชีวโมเลกุล โดยใช้วิธีการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น*. (วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตร-มหาบัณฑิต ไม่ได้ตีพิมพ์). มหาวิทยาลัยขอนแก่น, ขอนแก่น.

สุธิดา การีมี. (2561). การใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมเพื่อเสริมสร้างความคิดสร้างสรรค์และทักษะการแก้ปัญหา ตอนที่ 2. *นิตยสาร สสวท.,* 46(210), 44–49.

สุพร สีเงินยวง. (2559). *ผลการจัดการเรียนรู้ตามแบบสะเต็มโดยใช้การสืบเสาะเป็นฐาน เรื่องแรงและการเคลื่อนที่ ที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาและความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นปีที่ 1 จังหวัดสตูล*. (วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตร-มหาบัณฑิต ไม่ได้ตีพิมพ์). มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมธิราช, นนทบุรี.

สุวิทย์ มูลคำ. (2547). *ครบเครื่องเรื่องการคิด.* กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

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

Aydın Tiryaki. (2021). The Effect of STEM-Based Robotic Applications on the Creativity and Attitude of Students. *Journal of Science Learning,* 4(3), 288-297. Retrieved from https://ejournal.upi.edu/.

Carter V Good. (1973). *Dictionary of Education*. New York: McGraw – Hill.

Gleitman, H. (1992). *Basic Psychology*. 3 rd ed. New York: W.W. Norton, s.

Guilford, J. P., & Hoepfner, R. (1971). *The Analysis of intelligence*. New York: McGraw-Hill.

Hake, R. (1998). Interactive-engagement versus traditional methods: A six-thousand-student survey of mechanics test data introductory physics courses. *American journal of physics*, 16(1), 64–74.

Hanover Research. (2011). *K-1 2 STEM Education Overview*. Washington, DC: District Administration Practice.

National Research Council. (2012). A Framework for K-12 Science Education: Practices, Crosscutting Concept, and Core Ideas. Washington, DC : National Academy Press.

Parno, L Yuliati, & B Q A Ni'mah. (2019). The influence of PBL-STEM on students' problem-solving skills in the topic of optical instruments. *Journal of Physics: Conference Series,* 1171, 1-8. doi:10.1088/1742-6596/1171/1/012013.

Parno, L Yuliati, & N Munfaridah. (2020). The effect of project based learning-STEM on problem solving skills for students in the topic of electromagnetic induction. *Journal of Physics: Conference Series,* 1521, 1-7. doi:10.1088/1742-6596/1521/2/022025.

Siti Nurul Izzah. (2018, August). *The Effect of STEM Education on the Attitudes of Secondary School Students: A Meta-Analysis*. Proceedings of the International Conference on Science and Education and Technology 2018 (ISET 2018), Semarang, Indonesia. Abstract retrieved from https://www.atlantis-press.com/proceedings/iset-18/55910676.

Toma & Greca. (2017). The Effect of Integrative STEM Instruction on Elementary Students' Attitudes toward Science. *EURASIA J Math Sci Tech Ed*, 14(4), 1383-1395. Retrieved from https://www.ejmste.com.

World Economic Forum. (2016). Retrieved from https://www3.weforum.org/docs/WEF_New_Vision_for_Education.pdf.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

รายชื่อผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือ

รายชื่อผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

รายชื่อผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย เรื่อง ผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาในรายวิชาวิทยาศาสตร์งานไฟฟ้า อิเล็กทรอนิกส์และการสื่อสารที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาและเจตคติต่อการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง วิทยาลัยเทคนิคท่าหลวงซิเมนต์ไทยอนุสรณ์

1. **ชื่อ** นางณิชยา รัศมี
   สถานที่ทำงาน วิทยาลัยเทคนิคชัยนาท
   วุฒิการศึกษา ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาการวิจัยและประเมินผลการศึกษา
   ประสบการณ์หรือความชำนาญ
   ตำแหน่ง ครู วิทยฐานะ ครูเชี่ยวชาญ
   ครูผู้สอนวิชาวิทยาศาสตร์ วิทยาลัยเทคนิคชัยนาท ประสบการณ์สอน 38 ปี

2. **ชื่อ** นางรัชนีพร สุขเกษม
   สถานที่ทำงาน วิทยาลัยเทคนิคอุดรธานี
   วุฒิการศึกษา ศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์ศึกษา
   ประสบการณ์หรือความชำนาญ
   ตำแหน่ง ครู วิทยฐานะ ครูชำนาญการพิเศษ
   ครูผู้สอนวิชาวิทยาศาสตร์ ประสบการณ์สอน 25 ปี

3. **ชื่อ** นางสาวณัฐธิดา เยาวลักษณ์โยธิน
   สถานที่ทำงาน โรงเรียนเตรียมอุดมศึกษาพัฒนาการ ปทุมธานี
   วุฒิการศึกษา วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาชีววิทยาศึกษา
   ประสบการณ์หรือความชำนาญ
   ตำแหน่ง ครู วิทยฐานะ ครูชำนาญการพิเศษ
   ครูผู้สอนวิชาวิทยาศาสตร์ ประสบการณ์สอน 9 ปี

ภาคผนวก ข

เครื่องมือที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา

แผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา

แผนการจัดการเรียนรู้

ชื่อวิชา วิทยาศาสตร์งานไฟฟ้าอิเล็กทรอนิกส์และการสื่อสาร (30000-1303) **หน่วยที่ 5**

ชื่อหน่วย : สารละลายกรด-เบส 1 **เวลา 4 ชั่วโมง**

1. สาระการเรียนรู้

1.1 สารละลายกรด

1.2 สารละลายเบส

1.3 อินดิเคเตอร์

2. จุดประสงค์การเรียนรู้

2.1 อธิบายนิยามของสารละลายกรด-เบสตามทฤษฎีของอาร์เรเนียส บรอนสเตด ลาวรีและลิวอิสได้ (K)

2.2 อธิบายและยกตัวอย่างอินดิเคเตอร์ได้ (K)

2.3 อธิบายสมบัติของสารละลายกรดเบสได้ (K)

2.4 ตรวจสอบความเป็นกรดและเบสของสารละลายด้วยอินดิเคเตอร์ได้ (P)

2.5 นักศึกษามีความมุ่งมั่นตั้งใจในการทำงาน (A)

2.6 นักศึกษาสามารถทำงานร่วมกับผู้อื่นได้ (A)

3. เนื้อหา/สาระ

ทฤษฎีของกรดเบส

Arrhenius Concept

กรด คือ สารประกอบที่มี H และเมื่อละลายน้ำจะแตกตัวให้ H^+ หรือ H_3O^+

เบส คือ สารประกอบที่มี OH และเมื่อละลายน้ำจะแตกตัวให้ OH^-

ข้อจำกัดของทฤษฎีนี้คือ สารประกอบต้องละลายได้ในน้ำและไม่สามารถอธิบายได้ว่า ทำไมสารประกอบบางชนิดเช่น NH_3 จึงเป็นเบส

Bronsted-Lowry Concept

กรด คือ สารที่สามารถให้โปรตอน (proton donor) แก่สารอื่น

เบส คือ สารที่สามารถรับโปรตอน (proton acceptor) จากสารอื่น

ในปฏิกิริยาไปข้างหน้า NH_3 จะเป็นฝ่ายรับโปรตอนจาก H_2O ดังนั้น NH_3 จึงเป็นเบสและ H_2O เป็นกรด แต่ในปฏิกิริยาย้อนกลับ NH_4^+ จะเป็นฝ่ายให้โปรตอนแก่ OH^- ดังนั้น NH_4^+ จึงเป็นกรดและ OH^- เป็นเบส อาจสรุปได้ว่าทิศทางของปฏิกิริยาจะขึ้นอยู่กับความแรงของเบส

Lewis Concept

กรด คือ สารที่สามารถรับอิเลคตรอนคู่โดดเดี่ยว (electron pair acceptor) จากสารอื่น

เบส คือ สารที่สามารถให้อิเลคตรอนคู่โดดเดี่ยว (electron pair donor) แก่สารอื่น

วิธีการตรวจสอบความเป็นกรดเบส

1. ใช้กระดาษลิตมัส

- สารที่เป็นกรด จะเปลี่ยนสีกระดาษลิตมัสจากสีน้ำเงินเป็นสีแดง
- สารที่เป็นเบส จะเปลี่ยนสีกระดาษลิตมัสจากสีแดงเป็นสีน้ำเงิน
- สารที่เป็นกลาง จะไม่เปลี่ยนสีกระดาษลิตมัส

2. ใช้ยูนิเวอร์แซลอินดิเคเตอร์ กรด-เบสจะทำให้ยูนิเวอร์แซล อินดิเคเตอร์เปลี่ยนเป็นสีต่างๆ ได้ที่ค่า pH ต่างกัน ทำให้ทราบได้ว่าสารใดเป็นกรด เบส หรือ กลาง และสามารถทราบค่า pH ของสารได้

3. ใช้เครื่องมือตรวจสอบ pH หรือเรียกว่า พีเอชมิเตอร์ (pH-meter) การตรวจสอบด้วย pH-meter ทำให้ทราบ

ค่า pH ที่แน่นอน สามารถบอกสมบัติความเป็นกรด-เบสได้ชัดเจน ซึ่งมีรายละเอียด ดังนี้

- ค่า pH ต่ำกว่า 7.0 สารมีสมบัติเป็นกรด
- ค่า pH เท่ากับ 7.0 สารมีสมบัติเป็นกลาง
- ค่า pH มากกว่า 7.0 สารมีสมบัติเป็นเบส

อินดิเคเตอร์

อินดิเคเตอร์ (Indicator) คือ สารที่ใช้ทดสอบความเป็นกรดเบส ของสารละลาย โดยส่วนใหญ่จะเป็นอินทรีย์ที่มีโครงสร้างสลับซับซ้อนมีสมบัติเป็นกรดอ่อนหรือเบสอ่อนแต่ส่วนใหญ่จะเป็นกรดอ่อน เช่น เมทิลออเรจน์ ฟีนอฟทาลีน โบรโมไทมอนบลู เป็นต้น

สมบัติของอินดิเคเตอร์

1. อินดิเคเตอร์แต่ละชนิดมีช่วง pH ของการเปลี่ยนสีจำกัด
2. อินดิเคเตอร์โดยทั่วไปจะมีสารที่ให้สีแตกต่างกัน
3. สีของอินดิเคเตอร์จะเปลี่ยนไปเมื่อค่า pH เปลี่ยนแปลง

อินดิเคเตอร์แต่ละชนิดจะมีการตรวจสอบความเป็นกรดเบสของสารละลายแตกต่างกัน อินดิเคเตอร์ที่นิยมใช้กันมากมี 2 ประเภท คือ กระดาษลิตมัสและยูนิเวอร์ซัลอินดิเคเตอร์

1. กระดาษลิตมัสเป็นอินดิเคเตอร์ที่เรารู้จักกันดี กระดาษลิตมัสมี 2 สี ได้แก่ กระดาษลิตมัสสีแดง และกระดาษลิตมัสสีน้ำเงิน

2. ยูนิเวอร์ซัลอินดิเคเตอร์เป็นอินดิเคเตอร์ที่มีการเปลี่ยนสีเกือบทุกค่า pH จึงใช้ทดสอบหาค่า pH ได้ดี อินดิเคเตอร์ชนิดนี้มีทั้งแบบที่เป็นกระดาษและแบบสารละลาย

อินดิเคเตอร์ธรรมชาติ

นอกจากอินดิเคเตอร์ที่เป็นสารอินทรีย์แล้ว ในธรรมชาติยังมีสารหลายชนิดที่มีสมบัติเหมาะสมที่จะใช้เป็นอินดิเคเตอร์ได้ กล่าวคือ มีสีต่างกันที่ pH ต่างกัน สารเหล่านี้พบในดอกไม้ ผลไม้ ผัก หรือรากไม้บางชนิด เช่น ดอกอัญชัญ ดอกเฟื่องฟ้า ดอกชบา ช้องนาง ขมิ้นชัน ใบเตย กะหล่ำปลีม่วง เปลือกมังคุด กระเจี๊ยบ เป็นต้น

สมบัติของสารละลายกรด

1. มีรสเปรี้ยว
2. เปลี่ยนสีกระดาษลิตมัสจากสีน้ำเงินเป็นสีแดง (มีค่า pH น้อยกว่า 7)
3. กรดทำปฏิกิริยากับโลหะเกิดก๊าซไฮโดรเจนและทำให้โลหะผุกร่อน
4. กรดทำปฏิกิริยากับหินปูนเกิดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และทำให้หินปูนผุกร่อน
5. สารละลายกรดทุกชนิดนำไฟฟ้าได้ดี เพราะกรดสามารถแตกตัวให้ไฮโดรเจนไอออน
6. ทำปฏิกิริยากับเบสได้เกลือและน้ำ

สมบัติของสารละลายเบส

1. มีรสฝาด
2. เปลี่ยนสีกระดาษลิตมัสจากสีแดงเป็นสีน้ำเงิน (มีค่าpH มากกว่า 7)
3. เมื่อสัมผัสมือจะรู้สึกลื่น และกัดผิวหนัง
4. ทำปฏิกิริยากับอะลูมิเนียมเกิดก๊าซไฮโดรเจนและทำให้อะลูมิเนียมผุกร่อน
5. ทำปฏิกิริยากับน้ำมันหรือไขมันจะได้สบู่
6. ทำปฏิกิริยากับแอมโมเนียมไนเตรตได้ก๊าซแอมโมเนีย

4. กิจกรรมการเรียนรู้

4.1 ขั้นระบุปัญหา (20 นาที) (ขั้นที่ 1 ของกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม)

4.1.1 ครูนำเข้าสู่บทเรียนโดยการนำเครื่องดื่มน้ำอัญชันมาให้นักศึกษาดู แล้วถามนักศึกษาว่า นักศึกษาทราบหรือไม่ว่าเครื่องดื่มที่ครูนำมานั้นคือน้ำอะไร โดยให้นักศึกษาสังเกตจากสีและส่งตัวแทนมาดมกลิ่น หรือชิมรสชาติได้ และช่วยกันลงความเห็นว่าเครื่องดื่มที่ครูนำมาคือเครื่องดื่มอะไร

4.1.2 ครูนำน้ำมะนาวเทผสมกับเครื่องดื่มน้ำอัญชัน แล้วให้นักศึกษาสังเกตการเปลี่ยนแปลง

4.1.3 นักศึกษาร่วมกันอภิปรายว่า การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นนั้น เกิดจากสาเหตุใด?

4.1.4 ครูกระตุ้นความสนใจและสร้างความท้าทายของนักศึกษาด้วยสถานการณ์ต่อไปนี้

“ในกิจกรรมวันปีใหม่ที่จะมาถึงนี้ เราจะจัดงานเลี้ยงสังสรรค์กัน นักศึกษามีแนวคิดอย่างไร ที่จะนำเสนอเครื่องดื่มในมิติใหม่ ๆ ที่มีความน่าสนใจมาใช้ในงานเลี้ยงของเรา โดยมีเงื่อนไขว่าเครื่องดื่มที่นักศึกษาผลิตขึ้นนั้นต้องเปลี่ยนสีได้”

4.1.5 นักศึกษาร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับสถานการณ์ วิเคราะห์ปัญหาและเงื่อนไขของสถานการณ์ว่าคืออะไร (ปัญหา : ต้องผลิตเครื่องดื่ม, เงื่อนไข : กินได้ เปลี่ยนสีได้)

4.2 ขั้นรวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวกับปัญหา (180 นาที) (ขั้นที่ 2 ของกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม)

4.2.1 นักศึกษาแบ่งกลุ่ม กลุ่มละ 5 คนและร่วมกันระดมความคิด ว่าหากนักศึกษาจะต้องแก้ปัญหาในสถานการณ์ดังกล่าว ต้องอาศัยความรู้เรื่องใดบ้าง (สารละลายกรด – เบส และอินดิเคเตอร์)

4.2.2 ครูให้นักศึกษายกตัวอย่างสารละลายกรดเบสในชีวิตประจำวันที่นักศึกษารู้จัก แล้วถามนักศึกษาว่านักศึกษาทราบได้อย่างไรว่าสารที่นักศึกษายกตัวอย่างนั้น เป็นกรดหรือเป็นเบส

4.2.3 ครูให้นักศึกษาลองนิยามคำว่าสารละลายกรดและเบส จากความรู้พื้นฐานที่นักศึกษามีทบทวนและเชื่อมโยงไปทฤษฎีกรด-เบสของอาร์เรเนียส เบรินสเตด ลาวรีและลิวอิส

4.2.4 ครูให้นิยามกรดและเบสตามทฤษฎีของอาร์เรเนียส และยกตัวอย่างเพิ่มเติม

4.2.5 ครูยกตัวอย่างปฏิกิริยาระหว่าง HCl กับ NH_3 แล้วให้นักศึกษาใช้ทฤษฎีของอาร์เรเนียส ระบุว่าสารใดเป็นกรดและสารใดเป็นเบส ซึ่งนักศึกษาจะไม่สามารถระบุได้เนื่องจากปฏิกิริยาไม่ได้เกิดในน้ำ จากนั้นครูเชื่อมโยงเข้าสู่ทฤษฎีของเบรินสเตด ลาวรี

4.2.6 ครูให้นิยามกรดและเบสตามทฤษฎีของบรอนสเตด ลาวรี โดยอธิบายจากตัวอย่างปฏิกิริยาระหว่าง HCl กับ NH_3 และยกตัวอย่างเพิ่มเติม

4.2.7 ครูให้นิยามกรดและเบสตามทฤษฎีของลิวอิส และยกตัวอย่างเพิ่มเติม

4.2.8 ครูนำสารปริศนา 3 ชนิด (ได้แก่ น้ำเปล่า น้ำปูนใส น้ำส้มสายชู) ที่มีลักษณะใสไม่มีสีเหมือนกัน มาให้นักศึกษาดู แล้วถามว่านักศึกษาว่าทราบหรือไม่ว่าสารปริศนานี้คืออะไร และมีวิธีอย่างไรที่จะสามารถบอกได้ว่าสารทั้ง 3 นี้เป็นสารประเภทกรดหรือเบส

4.2.9 นักศึกษาทำกิจกรรมการทดลอง เรื่อง การตรวจสอบความเป็นกรด-เบส โดยให้นักศึกษาตรวจสอบความเป็นกรดเบส โดยใช้กระดาษลิตมัสและสารยูนิเวอร์แซลอินดิเคเตอร์ เพื่อระบุความเป็นกรดเบสของสารปริศนานั้น

4.2.10 นักศึกษาดำเนินการทดลองและร่วมกันอภิปรายผลการทดลอง

4.2.11 นักศึกษาร่วมกันสรุปผลการทดลองเกี่ยวกับ การตรวจสอบความเป็นกรด-เบส

4.2.12 ครูให้ความรู้เพิ่มเติมเกี่ยวกับการตรวจสอบความเป็นกรดและเบส และอินดิเคเตอร์ธรรมชาติ

4.2.13 ครูนำตัวอย่างอินดิเคเตอร์ธรรมชาติมาให้นักศึกษาดูและให้ส่งตัวแทนมาร่วมสาธิตการทดสอบอินดิเคเตอร์ธรรมชาติ

4.2.14 ครูให้ความรู้เพิ่มเติม เกี่ยวกับสมบัติของสารละลายกรด-เบส

4.2.15 นักศึกษาทำแบบฝึกหัดเพื่อตรวจสอบความเข้าใจ

4.3 ขั้นออกแบบวิธีการแก้ปัญหา (20 นาที) (ขั้นที่ 3 ของกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม)

4.3.1 นักศึกษาแต่ละกลุ่มร่วมกันระดมความคิดเพื่อออกแบบเครื่องดื่มตามสถานการณ์ที่ครูกำหนดให้ข้างต้น

4.4 ขั้นวางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา (20 นาที) (ขั้นที่ 4 ของกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม)

4.4.1 นักศึกษากำหนดวัสดุอุปกรณ์ที่ต้องใช้ในการผลิตเครื่องดื่ม

4.4.2 ครูเข้าไปตรวจสอบการออกแบบเครื่องดื่มของนักศึกษาและแนะนำเพิ่มเติม

5. สื่อและแหล่งการเรียนรู้

5.1 หนังสือเรียนวิชาวิทยาศาสตร์งานไฟฟ้า อิเล็กทรอนิกส์และการสื่อสาร

5.2 อุปกรณ์การทดลอง

5.3 Power Point ประกอบการสอน

5.4 คอมพิวเตอร์ หรือ โทรศัพท์มือถือ สำหรับสืบค้นข้อมูลทางอินเตอร์เน็ต

6. การวัดและประเมินผล

รายการ	วิธีการวัด	เครื่องมือ	เกณฑ์การประเมิน
ด้านความรู้ 1. อธิบายนิยามของสารละลายกรด-เบสตามทฤษฎีของอาร์เรเนียส บรอนสเตด ลาวรี และลิวอิสได้ 2. อธิบายและยกตัวอย่าง อินดิเคเตอร์ได้ (K) 3. อธิบายสมบัติของสารละลายกรด-เบสได้	- ประเมินผลแบบฝึกหัด	- แบบฝึกหัด	- ทำคะแนนได้ร้อยละ 60 ขึ้นไป
ด้านทักษะ 4. ตรวจสอบความเป็นกรดและเบสของสารละลายด้วยอินดิเคเตอร์ได้	- ประเมินผลจากการสังเกตพฤติกรรม	- แบบสังเกตพฤติกรรม	- มีคะแนนประเมินอยู่ในระดับดีขึ้นไป
ด้านคุณลักษณะอันพึงประสงค์ 5. นักศึกษามีความมุ่งมั่นตั้งใจในการทำงาน 6. นักศึกษาสามารถทำงานร่วมกับผู้อื่นได้	- ประเมินผลจากการสังเกตพฤตกรรม	- แบบสังเกตพฤติกรรม	- มีคะแนนประเมินอยู่ในระดับดีขึ้นไป

แผนการจัดการเรียนรู้

ชื่อวิชา วิทยาศาสตร์งานไฟฟ้าอิเล็กทรอนิกส์และการสื่อสาร (30000-1303) **หน่วยที่ 5**

ชื่อหน่วย : สารละลายกรด-เบส 2 **เวลา 4 ชั่วโมง**

1. สาระการเรียนรู้

1.1 สารละลายกรด

1.1 สารละลายเบส

1.2 อินดิเคเตอร์

2. จุดประสงค์การเรียนรู้

2.1 นำความรู้เกี่ยวกับสารละลายกรด-เบสและอินดิเคเตอร์ไปผลิตเครื่องดื่มได้ (P)

2.2 นักศึกษามีความมุ่งมั่นตั้งใจในการทำงาน (A)

2.3 นักศึกษาสามารถทำงานร่วมกับผู้อื่นได้ (A)

3. เนื้อหา/สาระ

ทฤษฎีของกรด-เบส

Arrhenius Concept

กรด คือ สารประกอบที่มี H และเมื่อละลายน้ำจะแตกตัวให้ H^+ หรือ H_3O^+

เบส คือ สารประกอบที่มี OH และเมื่อละลายน้ำจะแตกตัวให้ OH^-

ข้อจำกัดของทฤษฎีนี้คือ สารประกอบต้องละลายได้ในน้ำ และไม่สามารถอธิบายได้ว่า ทำไมสารประกอบบางชนิดเช่น NH_3 จึงเป็นเบส

Bronsted-Lowry Concept

กรด คือ สารที่สามารถให้โปรตอน (proton donor) แก่สารอื่น

เบส คือ สารที่สามารถรับโปรตอน (proton acceptor) จากสารอื่น

ในปฏิกิริยาไปข้างหน้า NH_3 จะเป็นฝ่ายรับโปรตอนจาก H_2O ดังนั้น NH_3 จึงเป็นเบสและ H_2O เป็นกรด แต่ในปฏิกิริยาย้อนกลับ NH_4^+ จะเป็นฝ่ายให้โปรตอนแก่ OH^- ดังนั้น NH_4^+ จึงเป็นกรดและ OH^- เป็นเบส อาจสรุปได้ว่าทิศทางของปฏิกิริยาจะขึ้นอยู่กับความแรงของเบส

Lewis Concept

กรด คือ สารที่สามารถรับอิเลคตรอนคู่โดดเดี่ยว (electron pair acceptor) จากสารอื่น

เบส คือ สารที่สามารถให้อิเลคตรอนคู่โดดเดี่ยว (electron pair donor) แก่สารอื่น

วิธีการตรวจสอบความเป็นกรดเบส

1. ใช้กระดาษลิตมัส

- สารที่เป็นกรด จะเปลี่ยนสีกระดาษลิตมัสจากสีน้ำเงินเป็นสีแดง
- สารที่เป็นเบส จะเปลี่ยนสีกระดาษลิตมัสจากสีแดงเป็นสีน้ำเงิน
- สารที่เป็นกลาง จะไม่เปลี่ยนสีกระดาษลิตมัส

2. ใช้ยูนิเวอร์แซลอินดิเคเตอร์ กรด-เบสจะทำให้ยูนิเวอร์แซล อินดิเคเตอร์เปลี่ยนเป็นสีต่าง ๆ ได้ที่ค่า pH ต่างกัน ทำให้ทราบได้ว่าสารใดเป็นกรด เบส หรือ กลาง และสามารถทราบค่า pH ของสารได้อย่างคร่าวๆ

3. ใช้เครื่องมือตรวจสอบ pH หรือเรียกว่า พีเอชมิเตอร์ (pH-meter) การตรวจสอบด้วย pH-meter ทำให้ทราบ

ค่า pH ที่แน่นอน สามารถบอกสมบัติความเป็นกรด-เบสได้ชัดเจน ซึ่งมีรายละเอียด ดังนี้

- ค่า pH ต่ำกว่า 7.0 สารมีสมบัติเป็นกรด
- ค่า pH เท่ากับ 7.0 สารมีสมบัติเป็นกลาง
- ค่า pH มากกว่า 7.0 สารมีสมบัติเป็นเบส

อินดิเคเตอร์

อินดิเคเตอร์ (Indicator) คือ สารที่ใช้ทดสอบความเป็นกรดเบส ของสารละลาย โดยส่วนใหญ่จะเป็นอินทรีย์ที่มีโครงสร้างสลับซับซ้อนมีสมบัติเป็นกรดอ่อนหรือเบสอ่อนแต่ส่วนใหญ่จะเป็นกรดอ่อน เช่น เมทิลออเรจน์ ฟีนอฟทาลีน โบรโมไทมอนบลู เป็นต้น

สมบัติของอินดิเคเตอร์

1. อินดิเคเตอร์แต่ละชนิดมีช่วง pH ของการเปลี่ยนสีจำกัด
2. อินดิเคเตอร์โดยทั่วไปจะมีสารที่ให้สีแตกต่างกัน
3. สีของอินดิเคเตอร์จะเปลี่ยนไปเมื่อค่า pH เปลี่ยนแปลง

อินดิเคเตอร์แต่ละชนิดจะมีการตรวจสอบความเป็นกรดเบสของสารละลายแตกต่าง กัน อินดิ-เคเตอร์ที่นิยมใช้กันมากมี 2 ประเภท คือ กระดาษลิตมัสและยูนิเวอร์ซัลอินดิเคเตอร์

1. กระดาษลิตมัสเป็นอินดิเคเตอร์ที่เรารู้จักกันดี กระดาษลิตมัสมี 2 สี ได้แก่ กระดาษลิตมัสสีแดง และกระดาษลิตมัสสีน้ำเงิน

2. ยูนิเวอร์ซัลอินดิเคเตอร์เป็นอินดิเคเตอร์ที่มีการ เปลี่ยนสีเกือบทุกค่า pH จึงใช้ทดสอบหาค่า pH ได้ดี อินดิเคเตอร์ชนิดนี้มีทั้งแบบที่เป็นกระดาษและแบบสารละลาย

อินดิเคเตอร์ธรรมชาติ

นอกจากอินดิเคเตอร์ที่เป็นสารอินทรีย์แล้ว ในธรรมชาติยังมีสารหลายชนิดที่มีสมบัติเหมาะสมที่จะใช้เป็นอินดิเคเตอร์ได้ กล่าวคือ มีสีต่างกันที่ pH ต่างกัน สารเหล่านี้พบในดอกไม้ ผลไม้ ผัก หรือรากไม้

บางชนิด เช่น ดอกอัญชัญ ดอกเฟื่องฟ้า ดอกชบา ช้องนาง ขมิ้นชัน ใบเตย กะหล่ำปลีม่วง เปลือกมังคุด กระเจี๊ยบ เป็นต้น

สมบัติของสารละลายกรด

1. มีรสเปรี้ยว
2. เปลี่ยนสีกระดาษลิตมัสจากสีน้ำเงินเป็นสีแดง (มีค่าpH น้อยกว่า 7)
3. กรดทำปฏิกิริยากับโลหะเกิดก๊าซไฮโดรเจน และทำให้โลหะผุกร่อน
4. กรดทำปฏิกิริยากับหินปูนเกิดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และทำให้หินปูนผุกร่อน
5. สารละลายกรดทุกชนิดนำไฟฟ้าได้ดี เพราะกรดสามารถแตกตัวให้ไฮโดรเจนไอออน
6. ทำปฏิกิริยากับเบสได้เกลือและน้ำ

สมบัติของสารละลายเบส

1. มีรสฝาด
2. เปลี่ยนสีกระดาษลิตมัสจากสีแดงเป็นสีน้ำเงิน (มีค่าpH มากกว่า 7)
3. เมื่อสัมผัสมือจะรู้สึกลื่น และกัดผิวหนัง
4. ทำปฏิกิริยากับอะลูมิเนียมเกิดก๊าซไฮโดรเจน และทำให้อะลูมิเนียมผุกร่อน
5. ทำปฏิกิริยากับน้ำมันหรือไขมันจะได้สบู่
6. ทำปฏิกิริยากับแอมโมเนียมไนเตรตได้ก๊าซแอมโมเนีย

4. กิจกรรมการเรียนรู้

ต่อจากชั่วโมงที่ 4

4.1 ขั้นวางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา (90 นาที) (ขั้นที่ 4 ของกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม)

4.1.1 นักศึกษานำวัสดุอุปกรณ์ที่เตรียมมา มาผลิตเครื่องดื่มตามที่วางแผนไว้ โดยครูคอยดูแลและให้คำแนะนำ

4.2 ขั้นทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน (60 นาที) (ขั้นที่ 5 ของกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม)

4.2.1 นักศึกษาแต่ละกลุ่มทดสอบเครื่องดื่มของตนเอง ว่าเป็นไปตามที่คาดการณ์ไว้หรือไม่ มีสัดส่วนที่เหมาะสมเพียงใด

4.3 ขั้นนำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหา หรือชิ้นงาน (90 นาที) (ขั้นที่ 6 ของกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม)

4.3.1 นักศึกษาแต่ละกลุ่มนำเสนอผลงานเครื่องดื่มของตนเอง โดยเชื่อมโยงกับความรู้เรื่องสารละลายกรดเบสและอินดิเคเตอร์

4.3.2 ครูและเพื่อน ๆ ซักถามหรือให้คำแนะนำเพื่อนำไปพัฒนาต่อไป

5. สื่อและแหล่งการเรียนรู้

5.1 หนังสือเรียนวิชาวิทยาศาสตร์งานไฟฟ้า อิเล็กทรอนิกส์และการสื่อสาร

5.2 อุปกรณ์การทดลอง

5.3 Power Point ประกอบการสอน

5.4 คอมพิวเตอร์ หรือ โทรศัพท์มือถือ สำหรับสืบค้นข้อมูลทางอินเตอร์เน็ต

6. การวัดและประเมินผล

รายการ	วิธีการวัด	เครื่องมือ	เกณฑ์การประเมิน
ด้านทักษะ 1. นำความรู้เกี่ยวกับสารละลายกรด-เบส และอินดิเคเตอร์ไปผลิตเครื่องดื่มได้	- ประเมินผลจากการสังเกตพฤติกรรม	- แบบสังเกตพฤติกรรม	- มีคะแนนประเมินอยู่ในระดับดีขึ้นไป
ด้านคุณลักษณะอันพึงประสงค์ 2. นักศึกษามีความมุ่งมั่นตั้งใจในการทำงาน 3. นักศึกษาสามารถทำงานร่วมกับผู้อื่นได้	- ประเมินผลจากการสังเกตพฤติกรรม	- แบบสังเกตพฤติกรรม	- มีคะแนนประเมินอยู่ในระดับดีขึ้นไป

แผนการจัดการเรียนรู้

ชื่อวิชา วิทยาศาสตร์งานไฟฟ้าอิเล็กทรอนิกส์และการสื่อสาร (30000-1303) **หน่วยที่ 6**

ชื่อหน่วย : ปฏิกิริยาเคมี 1 **เวลา 4 ชั่วโมง**

1. สาระสำคัญ

1.1 ปฏิกิริยาเคมี

1.2 ปฏิกิริยาเคมีในชีวิตประจำวัน

2. จุดประสงค์การเรียนรู้

2.1 อธิบายการเกิดปฏิกิริยาเคมีได้ (K)

2.2 ยกตัวอย่างปฏิกิริยาเคมีในชีวิตประจำวันได้ (K)

2.3 ทำทดลองการเกิดปฏิกิริยาเคมีได้ (P)

2.4 นักศึกษามีความมุ่งมั่นตั้งใจในการทำงาน (A)

3. สาระการเรียนรู้

การเกิดปฏิกิริยาเคมี

ปฏิกิริยาเคมี คือ กระบวนการที่สารเคมีเกิดการเปลี่ยนแปลงแล้วส่งผลให้เกิดสารใหม่ขึ้นมา ซึ่งมีคุณสมบัติเปลี่ยนไปจากเดิม สังเกตได้จาก สี กลิ่น ตะกอน ฟองแก๊ส การเกิดการระเบิดหรือประกายไฟ อุณหภูมิเปลี่ยนไป

การเกิดปฏิกิริยาเคมีจำเป็นต้องมีสารเคมีตั้งต้น 2 ตัวขึ้นไป (เรียกสารเคมีตั้งต้นเหล่านี้ว่า "สารตั้งต้น" หรือ reactant) ทำปฏิกิริยาต่อกันและทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงในคุณสมบัติทางเคมี ซึ่งก่อตัวขึ้นมาเป็นสารใหม่ที่เรียกว่า "ผลิตภัณฑ์" (product) ซึ่งสารผลิตภัณฑ์มีคุณสมบัติทางเคมีที่เปลี่ยนไปจากเดิม

ปฏิกิริยาเคมีในชีวิตประจำวัน

1. กระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง (Photosynthesis)
2. การสันดาปหรือการเผาไหม้เชื้อเพลิง
3. ปฏิกิริยาการเกิดสนิมเหล็ก
4. ปฏิกิริยาการสะเทิน
5. ปฏิกิริยาการสลายตัวของโซเดียมไฮโดรเจนคาร์บอเนตหรือเบกกิ้งโซดา
6. การเกิดฝนกรด

4. กิจกรรมการเรียนรู้

4.1 ขั้นระบุปัญหา (30 นาที) (ขั้นที่ 1 ของกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม)

4.1.1 ครูนำคลิปวิดิโอ “ประเด็นสถานการณ์พลังงานโลกและประเทศไทย” https://www.youtube.com/watch?v=Lg8ejNFuBbo มาให้นักศึกษาดู แล้วร่วมกันอภิปรายในประเด็นต่อไปนี้

1) แนวโน้มสถานการณ์พลังงานเป็นอย่างไร (เกิดวิกฤตการณ์พลังงาน พลังงานไม่เพียงพอต่อการใช้งาน)

2) นักศึกษาจะมีวิธีแก้ไขวิกฤตการณ์พลังงาน (ใช้พลังงานอื่นมาทดแทน) เพื่อเชื่อมโยงเข้าสู่การสร้างพลังงานทดแทนที่เป็นทางเลือกใหม่ จากปฏิกิริยาเคมี

4.1.2 นักศึกษาศึกษาปัญหาจากสถานการณ์ต่อไปนี้

กลุ่มวิศวกรในบริษัทแห่งหนึ่ง ได้รับมอบหมายให้ร่วมกันผลิตจรวดพลังงานเคมี เพื่อใช้ในการขนส่งสินค้า โดยมีเงื่อนไขว่าจะต้องเคลื่อนที่ให้ได้ไกล ใช้งบประมาณน้อยที่สุดและต้องใช้พลังงานจากปฏิกิริยาเคมีเท่านั้น โดยมีวัสดุอุปกรณ์ให้เลือกใช้อย่างจำกัดดังต่อไปนี้

1) ขวดน้ำ 1 ขวด

2) จุกยาง 1 อัน

อุปกรณ์ ต่อไปนี้ ต้องใช้เหรียญซื้อ

3) น้ำส้มสายชู	ราคาขวดละ 10 เหรียญ
4) น้ำอัดลม	ราคาขวดละ 10 เหรียญ
5) น้ำเปล่า	ราคาขวดละ 10 เหรียญ
6) ผงฟู	ราคาซองละ 5 เหรียญ
7) ยาเม็ดฟู่	ราคาเม็ดละ 5 เหรียญ
8) ลูกอมเมนทอส	ราคาเม็ดละ 5 เหรียญ
9) หนังยาง	ราคาเส้นละ 1 เหรียญ
10) ตะเกียบ	ราคาคู่ละ 3 เหรียญ
11) แผ่นฟิวเจอร์บอร์ด ขนาด A4	ราคาแผ่นละ 5 เหรียญ
12) สก็อตเทป	ราคาม้วนละ 20 เหรียญ

หากนักศึกษาเป็นวิศวกรในกลุ่มดังกล่าวนักศึกษาจะเลือกออกแบบจรวดพลังงานเคมีอย่างไร ให้มีประสิทธิภาพตรงตามเงื่อนไขและดีที่สุด

4.2 ขั้นรวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวกับปัญหา (210 นาที) (ขั้นที่ 2 ของกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม)

4.2.1 นักศึกษาแบ่งกลุ่มๆ ละ 6 คนและร่วมกันระดมความคิด ว่าหากนักศึกษาจะต้องแก้ปัญหาในสถานการณ์ดังกล่าว ต้องอาศัยความรู้เรื่องใดบ้าง

4.2.2 นักศึกษาร่วมกันอภิปรายเพื่อนำเข้าสู่บทเรียนเรื่อง ปฏิกิริยาเคมี

4.2.3 ครูนำภาพการเกิดสนิมเหล็กมาให้นักศึกษาดู และร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงที่สังเกตเห็นว่าเกิดขึ้นได้อย่างไร เพื่อเชื่อมโยงสู่เรื่องการเกิดปฏิกิริยาเคมี

(ที่มา : https://www.scimath.org/article-science/item/4742-2015-04-21-01-43-49)

4.2.4 ครูอธิบายขั้นตอนการทำกิจกรรมการทดลอง เรื่อง การเกิดปฏิกิริยาเคมี ตรวจสอบความเข้าใจ และทำการทดลอง

4.2.5 นักศึกษาอภิปรายผลการทดลอง เรื่อง การเกิดปฏิกิริยาเคมี

4.2.6 นักศึกษาร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับการเกิดปฏิกิริยาเคมี ด้วยประเด็นคำถามดังนี้

1) จากการทดลองนักศึกษาทราบได้อย่างไรว่าสารนั้นมีปฏิกิริยาเคมีเกิดขึ้น (สารมีการเกิดตะกอน สารมีฟองแก๊สเกิดขึ้น สารมีการเปลี่ยนสี สารมีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ)

2) นักศึกษาทราบหรือไม่ว่าปฏิกิริยาเคมีคืออะไร (ปฏิกิริยาเคมี คือ กระบวนการที่เกิดการเปลี่ยนแปลงของสารแล้วได้สารใหม่ที่มีสมบัติเปลี่ยนไปจากเดิม)

3) นักศึกษาทราบหรือไม่ว่าสารที่นำมาใช้เป็นสารเริ่มต้น ในการทำปฏิกิริยา เรียกว่าอะไร (สารตั้งต้น)

4) นักศึกษาทราบหรือไม่ว่าสารใหม่ที่เกิดขึ้นหลังปฏิกิริยาเรียกว่าอะไร (สารผลิตภัณฑ์)

4.2.7 ครูตรวจสอบความเข้าใจด้วยการให้นักศึกษาตอบคำถามจากรูปว่า

การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้น เป็นการเกิดปฏิกิริยาหรือไม่ เพราะเหตุใด

(การเติมน้ำหวานลงในน้ำจะทำให้สีของน้ำหวานจางลงซึ่งเป็นการเจือจางสาร แต่ไม่ใช่การเกิดปฏิกิริยาเคมี เพราะไม่มีสารใหม่เกิดขึ้น)

4.2.8 ครูและนักศึกษาร่วมกันสรุปนิยามของการเกิดปฏิกิริยาเคมี ข้อสังเกตในการเกิดปฏิกิริยาเคมี

4.2.9 ครูให้ความรู้เพิ่มเติมเกี่ยวกับปฏิกิริยาเคมีที่พบในชีวิตประจำวัน

4.2.10 นักศึกษาทำแบบฝึกหัดเรื่อง การเกิดปฏิกิริยาเคมี

5. สื่อและแหล่งการเรียนรู้

5.1 หนังสือเรียนวิชาวิทยาศาสตร์งานไฟฟ้า อิเล็กทรอนิกส์และการสื่อสาร

5.2 Power Point ประกอบการสอน

5.3 ชุดการทดลอง “กิจกรรมการเกิดปฏิกิริยาเคมี”

5.4 คอมพิวเตอร์ หรือ โทรศัพท์มือถือ สำหรับสืบค้นข้อมูลทางอินเตอร์เน็ต

6. การวัดและประเมินผล

รายการ	วิธีการวัด	เครื่องมือ	เกณฑ์การประเมิน
ด้านความรู้ 1. อธิบายการเกิดปฏิกิริยาเคมีได้ 2. ยกตัวอย่างปฏิกิริยาเคมีในชีวิตประจำวันได้	- ประเมินผลจากแบบฝึกหัด	- แบบฝึกหัด	- ทำคะแนนได้ร้อยละ 60 ขึ้นไป
ด้านทักษะ 3. ทำทดลองเกี่ยวกับการเกิดปฏิกิริยาเคมีได้	- ประเมินผลจากการสังเกตพฤติกรรม	- แบบสังเกตพฤติกรรม	- มีคะแนนประเมินอยู่ในระดับพอใช้ขึ้นไป
ด้านคุณลักษณะอันพึงประสงค์ 4. นักศึกษามีความมุ่งมั่นตั้งใจในการทำงาน	- ประเมินผลจากการสังเกตพฤติกรรม	- แบบประเมินคุณลักษณะอันพึงประสงค์	- มีคะแนนประเมินอยู่ในระดับพอใช้ขึ้นไป

แผนการจัดการเรียนรู้

ชื่อวิชา วิทยาศาสตร์งานไฟฟ้าอิเล็กทรอนิกส์และการสื่อสาร (30000-1303) **หน่วยที่ 6**

ชื่อหน่วย : ปฏิกิริยาเคมี 2 **เวลา 4 ชั่วโมง**

1. สาระสำคัญ

ปัจจัยที่ส่งผลต่อปฏิกิริยาเคมี

2. จุดประสงค์การเรียนรู้

2.1 ยกตัวอย่างและอธิบายปัจจัยที่ส่งผลต่อปฏิกิริยาเคมีได้ (K)

2.2 ทำการทดลองเรื่องปัจจัยที่ส่งผลต่อการเกิดปฏิกิริยาเคมีได้ (P)

2.3 นักศึกษามีความมุ่งมั่นตั้งใจในการทำงาน (A)

3. สาระการเรียนรู้

ปัจจัยที่ส่งผลต่อปฏิกิริยาเคมี

ชนิดของสารเคมี สารต่างชนิดกันจะมีความสามารถในการทำปฏิกิริยาได้ต่างกัน ขึ้นอยู่กับสมบัติเฉพาะตัวของสารชนิดนั้น

ความเข้มข้นของสารตั้งต้น ถ้าสารตั้งต้นมีความเข้มข้นมากปฏิกิริยาจะเกิดเร็ว เนื่องจากตัวถูกละลายมีโอกาสชนกันมากขึ้นบ่อยขึ้น

ขนาดของสาร กรณีที่สารตั้งต้นมีสถานะเป็นของแข็ง สารที่มีพื้นที่ผิวสัมผัสมากจะทำปฏิกิริยาได้เร็วขึ้น เนื่องจากสัมผัสกันมากขึ้น

อุณหภูมิ การที่อุณหภูมิของสารตั้งต้นเพิ่มขึ้นอัตราการเกิดปฏิกิริยาจะเพิ่มขึ้น เนื่องจากเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น โมเลกุลของสารในระบบจะมีพลังงานจลน์สูงขึ้นและมีการชนกันของโมเลกุลมากขึ้น

4. กิจกรรมการเรียนรู้

ต่อจากชั่วโมงที่ 4

4.1 ขั้นรวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวกับปัญหา (180 นาที) (ขั้นที่ 2 ของกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม)

4.1.1 ครูทบทวนความรู้ เรื่องการเกิดปฏิกิริยาเคมี

4.1.2 ครูนำเข้าสู่กิจกรรมการทดลอง เรื่องปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดปฏิกิริยาเคมี ด้วยการถามคำถามดังนี้

1) นักศึกษาคิดว่าปฏิกิริยาเคมีแต่ละปฏิกิริยามีระยะเวลาในการเกิดเท่ากันหรือไม่อย่างไร (ไม่เท่ากัน บางปฏิกิริยาก็เกิดเร็วบางปฏิกิริยาก็เกิดช้า)

2) ถ้าหากมีเนื้อสัตว์ 2 ชิ้น เรานำไปใส่ตู้เย็น 1 ชิ้น และวางไว้นอกตู้เย็น 1 ชิ้น ผ่านไป 3 วัน นักศึกษาคิดว่าจะเกิดอะไรขึ้น (เนื้อสัตว์ที่วางอยู่นอกตู้เย็นเน่า)

3) เพราะเหตุใดจึงเป็นเช่นนั้น (เพราะนอกตู้เย็นมีอุณหภูมิสูงกว่า ทำให้เนื้อสัตว์เน่าเสียได้ง่าย)

4) นักศึกษาคิดว่า ปัจจัยใดบ้างที่ส่งผลให้ การเกิดปฏิกิริยาเคมีใช้ระยะเวลาต่างกัน (ชนิดของสาร ขนาดของสาร ความเข้มข้นของสาร อุณหภูมิ)

4.1.3 ครูอธิบายขั้นตอนกิจกรรมการทดลอง เรื่องปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดปฏิกิริยาเคมี ตรวจสอบความเข้าใจและทำการทดลอง

4.1.4 นักศึกษาร่วมกันอภิปรายผลการทดลองและสรุปความรู้เกี่ยวกับปัจจัยที่มีผลต่อปฏิกิริยาเคมี

4.1.5 นักศึกษาทำแบบฝึกหัดเรื่อง ปัจจัยที่ส่งผลต่อการเกิดปฏิกิริยาเคมี

4.1.6 นักศึกษาค้นคว้าข้อมูลเพิ่มเติม

4.2 ขั้นออกแบบวิธีการแก้ปัญหา (60 นาที) (ขั้นที่ 3 ของกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม)

4.2.1 นักศึกษาแต่ละกลุ่ม ร่วมกันออกแบบจรวดพลังงานเคมี โดยเลือกสารเคมีที่จะนำมาทำปฏิกิริยาเพื่อให้เกิดพลังงาน วางแผนการสร้างและคำนวณงบประมาณที่ใช้

5. สื่อและแหล่งการเรียนรู้

5.1 หนังสือเรียนวิชาวิทยาศาสตร์งานไฟฟ้า อิเล็กทรอนิกส์และการสื่อสาร

5.2 Power Point ประกอบการสอน

5.3 ชุดการทดลอง “ปัจจัยที่ส่งผลต่อการเกิดปฏิกิริยาเคมี”

5.4 คอมพิวเตอร์ หรือ โทรศัพท์มือถือ สำหรับสืบค้นข้อมูลทางอินเตอร์เน็ต

6. การวัดและประเมินผล

รายการ	วิธีการวัด	เครื่องมือ	เกณฑ์การประเมิน
ด้านความรู้ 1. ยกตัวอย่างและอธิบายปัจจัยที่ส่งผลต่อปฏิกิริยาเคมีได้	- ประเมินผลจากแบบฝึกหัด	- แบบฝึกหัด	- ทำคะแนนได้ร้อยละ 60 ขึ้นไป

รายการ	วิธีการวัด	เครื่องมือ	เกณฑ์การประเมิน
ด้านทักษะ			
2. ทำการทดลองเรื่องปัจจัยที่ส่งผลต่อการเกิดปฏิกิริยาเคมีได้	- ประเมินผลจากการสังเกตพฤติกรรม	- แบบสังเกตพฤติกรรม	- มีคะแนนประเมินอยู่ในระดับพอใช้ขึ้นไป
ด้านคุณลักษณะอันพึงประสงค์			
3. นักศึกษามีความมุ่งมั่นตั้งใจในการทำงาน	- ประเมินผลจากการสังเกตพฤติกรรม	- แบบประเมินคุณลักษณะอันพึงประสงค์	- มีคะแนนประเมินอยู่ในระดับพอใช้ขึ้นไป

แผนการจัดการเรียนรู้

ชื่อวิชา วิทยาศาสตร์งานไฟฟ้าอิเล็กทรอนิกส์และการสื่อสาร (30000-1303) **หน่วยที่ 6**

ชื่อหน่วย : ปฏิกิริยาเคมี 3 **เวลา 4 ชั่วโมง**

1. สาระสำคัญ

1.1 ปฏิกิริยาเคมี

1.2 ปัจจัยที่ส่งผลต่อปฏิกิริยาเคมี

2. จุดประสงค์การเรียนรู้

2.1 อธิบายการเกิดปฏิกิริยาเคมีได้ (K)

2.2 อธิบายปัจจัยที่ส่งผลต่อปฏิกิริยาเคมีได้ (K)

2.3 นำความรู้เรื่องปฏิกิริยาเคมีไปใช้ในการทำจรวดพลังงานเคมีได้ (P)

2.4 นักศึกษามีความมุ่งมั่นตั้งใจในการทำงาน (A)

3. สาระการเรียนรู้

การเกิดปฏิกิริยาเคมี

ปฏิกิริยาเคมี คือ กระบวนการที่สารเคมีเกิดการเปลี่ยนแปลงแล้วส่งผลให้เกิดสารใหม่ขึ้นมา ซึ่งมีคุณสมบัติเปลี่ยนไปจากเดิม สังเกตได้จาก สี กลิ่น ตะกอน ฟองแก๊ส การเกิดการระเบิดหรือประกายไฟ อุณหภูมิเปลี่ยนไป

การเกิดปฏิกิริยาเคมีจำเป็นต้องมีสารเคมีตั้งต้น 2 ตัวขึ้นไป (เรียกสารเคมีตั้งต้นเหล่านี้ว่า "สารตั้งต้น" หรือ reactant) ทำปฏิกิริยาต่อกันและทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงในคุณสมบัติทางเคมี ซึ่งก่อตัวขึ้นมาเป็นสารใหม่ที่เรียกว่า "ผลิตภัณฑ์" (product) ซึ่งสารผลิตภัณฑ์มีคุณสมบัติทางเคมีที่เปลี่ยนไปจากเดิม

ปัจจัยที่ส่งผลต่อปฏิกิริยาเคมี

ชนิดของสารเคมี สารต่างชนิดกันจะมีความสามารถในการทำปฏิกิริยาได้ต่างกัน ขึ้นอยู่กับสมบัติเฉพาะตัวของสารชนิดนั้น

ความเข้มข้นของสารตั้งต้น ถ้าสารตั้งต้นมีความเข้มข้นมากปฏิกิริยาจะเกิดเร็ว เนื่องจากตัวถูกละลายมีโอกาสชนกันมากขึ้นบ่อยขึ้น

ขนาดของสาร กรณีที่สารตั้งต้นมีสถานะเป็นของแข็ง สารที่มีพื้นที่ผิวสัมผัสมากจะทำปฏิกิริยาได้เร็วขึ้น เนื่องจากสัมผัสกันมากขึ้น

อุณหภูมิ การที่อุณหภูมิของสารตั้งต้นเพิ่มขึ้นอัตราการเกิดปฏิกิริยาจะเพิ่มขึ้น เนื่องจากเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น โมเลกุลของสารในระบบจะมีพลังงานจลน์สูงขึ้นและมีการชนกันของโมเลกุลมากขึ้น

4. กิจกรรมการเรียนรู้

ต่อจากชั่วโมงที่ 8

4.1 ขั้นวางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา (90 นาที) (ขั้นที่ 4 ของกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม)

4.1.1 นักศึกษานำวัสดุอุปกรณ์ที่เลือกซื้อมาดำเนินการจัดทำจรวดพลังงานเคมี โดยครูคอยดูแลและให้คำแนะนำ

4.2 ขั้นทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน (60 นาที) (ขั้นที่ 5 ของกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม)

4.2.1 นักศึกษาทดสอบประสิทธิภาพของผลงานและดำเนินการปรับปรุงแก้ไขภายในเวลาที่กำหนด

4.3 ขั้นนำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหา หรือชิ้นงาน (90 นาที) (ขั้นที่ 6 ของกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม)

4.3.1 นักศึกษาแต่ละกลุ่มแข่งขันกันยิงจรวดและร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับจรวดแต่ละกลุ่ม

5. สื่อและแหล่งการเรียนรู้

5.1 หนังสือเรียนวิชาวิทยาศาสตร์งานไฟฟ้า อิเล็กทรอนิกส์และการสื่อสาร

5.2 Power Point ประกอบการสอน

5.3 ชุดอุปกรณ์ในการทำจรวดพลังงานเคมี

5.4 คอมพิวเตอร์ หรือ โทรศัพท์มือถือ สำหรับสืบค้นข้อมูลทางอินเตอร์เน็ต

6. การวัดและประเมินผล

รายการ	วิธีการวัด	เครื่องมือ	เกณฑ์การประเมิน
ด้านความรู้ 1. อธิบายการเกิดปฏิกิริยาเคมีได้ 2. อธิบายปัจจัยที่ส่งผลต่อปฏิกิริยาเคมีได้	- ประเมินผลจากการนำเสนอชิ้นงาน	- แบบประเมินการนำเสนอ	- มีคะแนนประเมินอยู่ในระดับพอใช้ขึ้นไป
ด้านทักษะ 3. นำความรู้เรื่องปฏิกิริยาเคมีไปใช้ในการทำจรวดพลังงานเคมีได้	- ประเมินจากชิ้นงาน	- แบบประเมินผลงานแบบรูบิก	- มีคะแนนประเมินอยู่ในระดับพอใช้ขึ้นไป

รายการ	วิธีการวัด	เครื่องมือ	เกณฑ์การประเมิน
ด้านคุณลักษณะอันพึงประสงค์			
4. นักศึกษามีความมุ่งมั่นตั้งใจในการทำงาน	- ประเมินผลจากการสังเกตพฤติกรรม	- แบบประเมินคุณลักษณะอันพึงประสงค์	- มีคะแนนประเมินอยู่ในระดับพอใช้ขึ้นไป

ภาคผนวก ค

เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

1. แบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหา
2. แบบวัดเจตคติต่อการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์

แบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหา

ชื่อ.....ห้อง.....แผนก.....

คำชี้แจง

1. แบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหานี้ เป็นแบบตัวเลือกโดยแบ่งออกเป็น 5 สถานการณ์ๆ ละ 4 ข้อ รวมทั้งหมด 20 ข้อ
2. ให้นักเรียนเลือกคำตอบที่ถูกที่สุดเพียงข้อเดียว แล้วกาลงในกระดาษคำตอบ

****

สถานการณ์ที่ 1

สุนีอาศัยอยู่ที่บ้านในชุมชนใกล้กับนิคมอุตสาหกรรม เขาซื้อกระถางต้นไม้ปูนปั้นรูปเด็กผู้หญิงมา 1 ใบ โดยเขาตั้งไว้ที่โต๊ะในสวนและปลูกต้นไม้ไว้ เมื่อเวลาผ่านไปเขาได้สังเกตเห็นว่า ใบหน้าของเด็กผู้หญิงนั้นเริ่มเลือนรางหายไปไม่น่ารักเหมือนเดิมแต่กลับดูน่ากลัว

1. ปัญหาของสถานการณ์นี้คืออะไร (ขั้นการระบุปัญหา)
   - ก. สุนีรดน้ำมากเกินไป
   - ข. ต้นไม้ในกระถางตาย
   - ค. บ้านอยู่ในชุมชนใกล้กับนิคมอุตสาหกรรม
   - ง. ใบหน้าของเด็กผู้หญิงในกระถางเริ่มเลือนราง
2. ปัญหานี้มีสาเหตุมาจากอะไร (ขั้นการวิเคราะห์ปัญหา)
   - ก. ฝนกรดกัดกร่อนกระถาง
   - ข. กระถางใช้วัสดุไม่ดี
   - ค. รดน้ำมากเกินไป
   - ง. แดดแรงเกินไป
3. นักเรียนจะมีวิธีการแก้ปัญหานี้อย่างไร (ขั้นการหาวิธีการแก้ปัญหา)
   - ก. รดน้ำต้นไม้ให้มากขึ้น
   - ข. เปลี่ยนพรรณไม้ที่ปลูก
   - ค. ซื้อดินใหม่มาเปลี่ยนให้ต้นไม้
   - ง. ย้ายที่ตั้งของกระถางให้พ้นจากกลางแจ้ง
4. การตรวจสอบผลลัพธ์ (ขั้นการตรวจสอบผลลัพธ์)
   - ก. กระถางไม่ถูกกัดกร่อนเพิ่ม
   - ข. ต้นไม้ออกดอกสวยงาม
   - ค. ไม่ต้องรดน้ำบ่อย
   - ง. ต้นไม้โตเร็วขึ้น

สถานการณ์ที่ 2

ทุก ๆ ครั้งที่ฝนตกต่อเนื่องเป็นเวลาหลายชั่วโมง ภายในวิทยาลัยฯ มักเกิดน้ำท่วมขังบางครั้งก็มีน้ำไหลเอ่อเข้าในห้องเรียนทั้งๆ ที่ชุมชนรอบ ๆ วิทยาลัยไม่มีน้ำท่วมขังเลย ซาร่าสังเกตเห็นว่าในวิทยาลัยก็มีท่อระบายน้ำหลายแห่ง แต่บริเวณปากท่อนั้นเต็มไปด้วยเศษใบไม้และเศษขยะ

5. ปัญหาของสถานการณ์นี้คืออะไร (ขั้นการระบุปัญหา)
   ก. น้ำท่วมขังและเน่าเหม็น
   ข. เศษใบไม้และเศษขยะมาก
   ค. น้ำท่วมห้องเรียนและวิทยาลัย
   ง. ต้นไม้ตายและสวนหย่อมเสียหาย
6. ปัญหานี้มีสาเหตุมาจากอะไร (ขั้นการวิเคราะห์ปัญหา)
   ก. เศษขยะและเศษใบไม้ขวางทางระบายน้ำ
   ข. พื้นห้องเรียนอยู่ต่ำกว่าระดับน้ำ
   ค. วิทยาลัยอยู่ใกล้แม่น้ำ
   ง. มีฝนตกเป็นเวลานาน
7. นักเรียนจะมีวิธีการแก้ปัญหานี้อย่างไร (ขั้นการหาวิธีการแก้ปัญหา)
   ก. ทำคันกั้นน้ำ
   ข. เพิ่มท่อระบายน้ำ
   ค. ทำพื้นห้องเรียนให้สูงขึ้น
   ง. เก็บขยะและทำความสะอาดท่อระบายน้ำ
8. การตรวจสอบผลลัพธ์ (ขั้นการตรวจสอบผลลัพธ์)
   ก. น้ำฝนระบายได้เร็วขึ้นไม่ท่วมขัง
   ข. ภูมิทัศน์สวยงามมากขึ้น
   ค. วิทยาลัยสะอาดไม่มีขยะ
   ง. น้ำไม่เน่าเสีย

สถานการณ์ที่ 3

ยุพินชื่นชอบการปลูกกระบองเพชร ในช่วงแรก ๆ เขาปลูกกระบองเพชรไว้ที่ระเบียงบ้าน เวลากระบองเพชรออกดอกก็มักจะมีแมลงมาตอม และต้นกระบองเพชรของเค้าก็จะติดฝักให้เมล็ดทุกครั้ง แต่เมื่อเขามีกระบองเพชรเยอะขึ้น และเริ่มเข้าหน้าฝนต้นกระบองเพชรโดนฝนสาดบ่อยทำให้เน่าตาย เขาจึงต้องสร้างโรงเรือนโดยโรงเรือนมีลักษณะปิด เมื่อย้ายกระบองเพชรเข้าไปในโรงเรือน ต้นกระบองเพชรก็เติบโตดีมาก และออกดอกเยอะมากขึ้น ต่ที่เปลี่ยนไปคือดอกของกระบองเพชรไม่ติดฝักอีกเลย

9. ปัญหาของสถานการณ์นี้คืออะไร (ขั้นการระบุปัญหา)
   ก. โรงเรือนไม่มีช่องระบายอากาศ
   ข. กระบองเพชรไม่ติดฝัก
   ค. โรงเรือนมีอุณหภูมิสูง
   ง. กระบองเพชรเน่าตาย
10. ปัญหานี้มีสาเหตุมาจากอะไร (ขั้นการวิเคราะห์ปัญหา)
   ก. ดินเสื่อม
   ข. รดน้ำมากเกินไป
   ค. ไม่มีแมลงผสมเกสร
   ง. มีกระบองเพชรจำนวนมาก
11. นักเรียนจะมีวิธีการแก้ปัญหานี้อย่างไร (ขั้นการหาวิธีการแก้ปัญหา)
   ก. ใส่ปุ๋ยเพิ่ม
   ข. เปลี่ยนดินใหม่
   ค. รดน้ำให้น้อยลง
   ง. ช่วยผสมเกสรให้ต้นกระบองเพชร
12. การตรวจสอบผลลัพธ์ (ขั้นการตรวจสอบผลลัพธ์)
   ก. กระบองเพชรติดฝัก
   ข. โรงเรือนระบายอากาศได้ดีขึ้น
   ค. กระบองเพชรเจริญเติบโตได้ดี
   ง. กระบองเพชรมีดอกสวยงามและออกดอกมากขึ้น

สถานการณ์ที่ 4

เอลซ่าเป็นแม่ค้าขายขนมหวาน เขาได้รับออเดอร์ให้ผลิตวุ้นแฟนซีหลากสี จุดเด่นของขนมร้านเอลซ่าคือการใช้สีจากธรรมชาติ โดยปกติเขาก็จะซื้อผักผลไม้ที่ให้สีสันมาทำเป็นสีผสมวุ้น แต่วันนี้เขาหาซื้อได้เพียงแค่กะหล่ำปลีสีม่วงเท่านั้น เขาจึงไปหาวัตถุดิบเพิ่มเติม พบสิ่งที่หน้าสนใจ ได้แก่ มะนาวและน้ำปูนใส

13. ปัญหาของสถานการณ์นี้คืออะไร (ขั้นการระบุปัญหา)
   ก. ไม่มีผักผลไม้
   ข. ไม่มีวัตถุดิบผลิตวุ้น
   ค. ไม่สามารถผลิตวุ้นได้
   ง. มีวัตถุดิบผลิตสีของวุ้นเพียงอย่างเดียว

14. ปัญหานี้มีสาเหตุมาจากอะไร (ขั้นการวิเคราะห์ปัญหา)
    ก. วัตถุดิบในการผลิตวุ้นไม่เพียงพอ
    ข. หาซื้อวัตถุดิบผลิตสีวุ้นไม่ได้
    ค. ไม่มีแม่พิมพ์สำหรับทำวุ้น
    ง. วุ้นไม่ขึ้นรูป
15. นักเรียนจะมีวิธีการแก้ปัญหานี้อย่างไร (ขั้นการหาวิธีการแก้ปัญหา)
    ก. ใส่ผงวุ้นเพิ่มมากกว่าเดิม
    ข. เจือจางน้ำกะหล่ำปลีสีม่วง
    ค. นำน้ำกะหล่ำปลีสีม่วงไปต้มจนเดือด
    ง. ใช้น้ำมะนาวหรือน้ำปูนใสเพื่อเปลี่ยนสีน้ำกะหล่ำปลีสีม่วง
16. การตรวจสอบผลลัพธ์ (ขั้นการตรวจสอบผลลัพธ์)
    ก. วุ้นแข็งตัวได้เร็วขึ้น
    ข. มีวุ้นที่มีรูปร่างสวยงาม
    ค. มีสีในการผลิตวุ้นมากกว่า 1 สี
    ง. วุ้นมีรสชาติอร่อยและกรอบขึ้น

สถานการณ์ที่ 5

ลุงสมพรมีอาชีพรับจ้างตัดแต่งกิ่งไม้ โดยใช้อุปกรณ์หลัก ๆ คือกรรไกรตัดกิ่งและเลื่อย เมื่อลุงสมพรทำอาชีพนี้ไประยะหนึ่ง แกรู้สึกว่าต้องออกแรงในการใช้อุปกรณ์มากขึ้น และสังเกตเห็นว่าอุปกรณ์ทั้ง 2 อย่างนั้นเกิดสนิม

17. ปัญหาของสถานการณ์นี้คืออะไร (ขั้นการระบุปัญหา)
    ก. อุปกรณ์ตัดแต่งกิ่งไม่เพียงพอ
    ข. อุปกรณ์ทั้ง 2 อย่างนั้นเกิดสนิม
    ค. ต้องออกแรงในการใช้อุปกรณ์มาก
    ง. ลุงสมพรมีอาชีพรับจ้างตัดแต่งกิ่งไม้
18. ปัญหานี้มีสาเหตุมาจากอะไร (ขั้นการวิเคราะห์ปัญหา)
    ก. อุปกรณ์เสียหาย
    ข. ลุงไม่มีแรงตัดกิ่งไม้
    ค. อุปกรณ์ทั้ง 2 อย่างนั้นเกิดสนิม
    ง. ต้องออกแรงในการใช้อุปกรณ์มาก

19. นักเรียนจะมีวิธีการแก้ปัญหานี้อย่างไร (ขั้นการหาวิธีการแก้ปัญหา)
    ก. ซื้ออุปกรณ์ใหม่เพิ่มเติม
    ข. เลิกทำอาชีพตัดแต่งกิ่งไม้
    ค. ปรับเปลี่ยนวิธีการตัดแต่งกิ่งไม้
    ง. ทำความสะอาดเครื่องมือเช็ดให้แห้งและชโลมด้วยน้ำมันทุกครั้งหลังใช้
20. การตรวจสอบผลลัพธ์ (ขั้นการตรวจสอบผลลัพธ์)
    ก. ใช้แรงน้อยลง
    ข. มีรายได้มากขึ้น
    ค. อุปกรณ์ไม่เป็นสนิม
    ง. ตัดแต่งกิ่งไม้ได้มากขึ้น

****

แบบวัดเจตคติต่อการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์

ชื่อ.....ห้อง.....แผนก.....

คำชี้แจง

1. แบบวัดเจตคติต่อการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์นี้ แบ่งออกเป็น 4 ด้านๆละ 5 ข้อ รวม 20 ข้อ
2. ให้นักเรียนทำเครื่องหมาย ✓ ในช่องที่ตรงกับความคิดเห็นของนักเรียน โดยเรียงระดับมากที่สุด (5) มาก (4) ปานกลาง (3) น้อย (2) น้อยที่สุด (1)

ข้อ	ประเด็น	ระดับเจตคติ				
		มากที่สุด (5)	มาก (4)	ปานกลาง (3)	น้อย (2)	น้อยที่สุด (1)
	ความคิดเห็นทั่วไปเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์					
1	ฉันชอบศึกษาหาความรู้วิทยาศาสตร์ใหม่ ๆ อยู่เสมอ					
2	วิทยาศาสตร์เป็นเรื่องของนักวิทยาศาสตร์ ไม่ใช่สำหรับฉัน					
3	วิทยาศาสตร์ทำให้ประเทศของเราพัฒนาได้					
4	บทความหรือข้อความรู้เกี่ยวกับวิทยาศาสตร์เป็นเรื่องที่น่าเบื่อ					
5	ฉันคิดว่าวิทยาศาสตร์เป็นเรื่องไกลตัว					
	การเห็นความสำคัญต่อการเรียนวิทยาศาสตร์					
6	ในทุก ๆ ครั้งที่เรียนวิทยาศาสตร์ฉันจะตั้งใจเรียน					
7	ฉันมีส่วนร่วมกับกิจกรรมในคาบเรียนวิทยาศาสตร์เสมอ					
8	ถ้าฉันเรียนวิทยาศาสตร์ไม่เข้าใจฉันจะปล่อยผ่านไป					
9	ฉันไม่เคยโดดเรียนวิชาวิทยาศาสตร์					
10	ถ้าเลือกได้ฉันจะไม่เรียนวิชาวิทยาศาสตร์					
	การนำความรู้ทางวิทยาศาสตร์ไปใช้					
11	ฉันสามารถนำความรู้วิทยาศาสตร์ที่เรียนไปใช้ในชีวิตจริงได้					
12	วิทยาศาสตร์ช่วยให้ฉันแก้ปัญหาในชีวิตประจำวันได้					

ข้อ	ประเด็น	ระดับเจตคติ				
		มากที่สุด (5)	มาก (4)	ปานกลาง (3)	น้อย (2)	น้อยที่สุด (1)
13	ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ช่วยให้ฉันมีชีวิตอย่างมีคุณภาพ					
14	ความรู้ทางวิทยาศาสตร์สามารถสร้างความน่าเชื่อถือได้					
15	ฉันสามารถประกอบอาชีพได้ โดยไม่ต้องมีความรู้วิทยาศาสตร์					
	ความชอบในวิชาวิทยาศาสตร์					
16	ฉันชอบทำกิจกรรมการทดลองในวิชาวิทยาศาสตร์					
17	ฉันมีความสุขที่ได้เรียนวิชาวิทยาศาสตร์					
18	ฉันรู้สึกง่วงทุกครั้งที่เรียนวิชาวิทยาศาสตร์					
19	เมื่อมีกิจกรรมเกี่ยวกับวิชาวิทยาศาสตร์ฉันจะเข้าร่วมเสมอ					
20	วิทยาศาสตร์เป็นวิชาที่ยากสำหรับฉัน					

****

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ	นางสาวกานต์ชนก บุญน้อม
วัน เดือน ปีเกิด	21 กุมภาพันธ์ 2535
สถานที่เกิด	จังหวัดสระบุรี
ประวัติการศึกษา	ครุศาสตรบัณฑิต (มัธยมศึกษา-วิทยาศาสตร์) คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย พ.ศ. 2558
สถานที่ทำงาน	วิทยาลัยเทคนิคสระบุรี อำเภอเมืองสระบุรี จังหวัดสระบุรี
ตำแหน่ง	ครู ระดับ ค.ศ.1