ผลของการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี ความสามารถในการแก้ปัญหา และความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6

Effect of STEM Education on Chemistry Achievement, Problem Solving Ability and Instructional Satisfaction of Grade 12 Students

Prince of Songkla University Pattani Campus

เกรียงศักดิ์ วิเชียรสร้าง

Kreangsak Wicheansang

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิตสาขาวิชาหลักสูตรและการสอน
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree of Master of Education in Curriculum and Instruction Prince of Songkla University

2560

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

ชื่อวิทยานิพนธ์ ผลของการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี ความสามารถในการแก้ปัญหา และความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6

ผู้เขียน นายเกรียงศักดิ์ วิเชียรสร้าง

สาขาวิชา หลักสูตรและการสอน

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

.....

(ดร.ณัฐินี โมพันธุ์)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

.....

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อาฟีฟี ลาเต๊ะ)

คณะกรรมการสอบ

.....ประธานกรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จรีรัตน์ รวมเจริญ)

.....กรรมการ

(ดร.ณัฐินี โมพันธุ์)

.....กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อาฟีฟี ลาเต๊ะ)

.....กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สิงหา ประสิทธิ์พงศ์)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน

.....

(รองศาสตราจารย์ ดร.ดำรงศักดิ์ ฟ้ารุ่งสาง)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

Prince of Songkla University Pattani Campus

ขอรับรองว่า ผลงานวิจัยนี้มาจากการศึกษาวิจัยของนักศึกษาเอง และได้แสดงความขอบคุณบุคคลที่มีส่วนช่วยเหลือแล้ว

ลงชื่อ .....
(ดร.ณัฐินี โมพันธุ์)
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

ลงชื่อ .....
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อาฟีฟี ลาเต๊ะ)
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

ลงชื่อ .....
(นายเกรียงศักดิ์ วิเชียรสร้าง)
นักศึกษา

Prince of Songkla University
Pattani Campus

ข้าพเจ้าขอรับรองว่า ผลงานวิจัยนี้ไม่เคยเป็นส่วนหนึ่งในการอนุมัติปริญญาในระดับใดมาก่อน และไม่ได้ถูกใช้ในการยื่นขออนุมัติปริญญาในขณะนี้

ลงชื่อ .....

(นายเกรียงศักดิ์ วิเชียรสร้าง)

นักศึกษา

Prince of Songkla University
Pattani Campus

ชื่อวิทยานิพนธ์	ผลของการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี ความสามารถในการแก้ปัญหา และความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6
ผู้เขียน	นายเกรียงศักดิ์ วิเชียรสร้าง
สาขาวิชา	หลักสูตรและการสอน
ปีการศึกษา	2560

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้ศึกษาผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี ความสามารถในการแก้ปัญหา และความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 กลุ่มเป้าหมายคือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนคุระบุรีชัยพัฒนาพิทยาคม อำเภอคุระบุรี จังหวัดพังงา สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเขต 14 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2560 จำนวน 1 ห้องเรียน มีนักเรียนรวม 30 คน ใช้เวลาในการจัดการเรียนรู้ 24 ชั่วโมง เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย แผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี แบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหา แบบวัดความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ ดำเนินการทดลองตามรูปแบบ กลุ่มเดียววัดหลายครั้งแบบอนุกรมเวลา (The One-Group Pretest-Posttest Time-Series Research Design) วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน การหาค่าคะแนนพัฒนาการ (Growth Score) การทดสอบค่าทีชนิดกลุ่มตัวอย่างไม่อิสระต่อกัน (t-test dependent group) และ Repeated ANOVA Test ผลการวิจัยพบว่า 1. นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษามีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเฉลี่ยวิชาเคมีหลังการเรียนรู้สูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และมีคะแนนพัฒนาการทางการเรียนวิชาเคมีเฉลี่ยร้อยละ 54.67 ซึ่งมีพัฒนาการระดับสูง 2. นักเรียนมีความสามารถในการแก้ปัญหาหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยทางสถิติที่ระดับ .01 3. นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษามีความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ในระดับมากที่สุด

Prince of Songkla University Pattani Campus

Thesis Title	Effect of STEM Education on Chemistry Achievement, Problem Solving Ability and Instructional Satisfaction of Grade 12 Students
Author	Mr. Kreangsak Wicheansang
Major Program	Curriculum and Instruction
Academic Year	2017

ABSTRACT

This research aimed to study the Effect of STEM Education on Chemistry Achievement, Problem Solving Ability and Instructional Satisfaction of Grade 12 Students. The target group stood for 30 students of grade 12 at Kuraburi Chaipattana Pittayakom School, Churaburi District, Phangnga Province, which is under jurisdiction of the Secondary Educational Service Area Office 14, in the first semester of the 2017 academic year. They were instructed through using STEM Education approach learning for 24 hours. The research instruments consisted of lesson plan of the STEM Education, a Chemistry achievement test, a Problem Solving Ability test, and a questionnaire of Instructional Satisfaction. The experimental research was conducted using one group pretest-posttest time-series research design. The data were analyzed by means, standard deviations, the growth scores, T-test dependent group and Repeated ANOVA Test. The study found that 1. The students' achievement mean score on Chemistry in the post-test was higher than that in the pre-test after learning by STEM Education approach at the 0.01 level of significance and the growth score of Chemistry achievement was 54.67 % which was in the maximum level. 2. The students'Problem Solving Ability mean score in the post-test was higher than that in the pre-test after learning by STEM Education approach at the 0.01 level of significance. 3. The students' Instructional Satisfaction towards STEM Education approach was at maximum level.

Prince of Songkla University Pattani Campus

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยพระเมตตาแห่งอัลเลาะฮ์ และด้วยความช่วยเหลืออย่างดียิ่งจาก ดร.ณัฐินี โมพันธุ์ และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อาฟีฟี ลาเต๊ะ ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลักและอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ที่ได้กรุณาให้ความรู้ คำปรึกษา คำแนะนำ ข้อเสนอแนะ ตลอดจนแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ และเสนอแนวทางในการศึกษาด้วยความเอาใจใส่อย่างดียิ่งตลอดมา

ผู้วิจัยขอขอบคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จรีรัตน์ รวมเจริญ ดร.ณัฐินี โมพันธุ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อาฟีฟี ลาเต๊ะ และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สิงหา ประสิทธิ์พงศ์ ที่ได้ให้ความกรุณาเป็นคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์และได้ตรวจทาน ให้แนวคิด คำแนะนำ จนทำให้วิทยานิพนธ์เล่มนี้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น ผู้วิจัยขอขอบคุณเป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

ผู้วิจัยขอขอบคุณ ช่วยศาสตราจารย์ ประยูร ดำรงรักษ์ คุณครูณัฐธีวรรณ ลิมป์ไตรรัตน์ ดร.สุบฮาน สาและ ดร.ฮาซัน ดอปอ ดร.มัฮดี แวดราแม อาจารย์อาอีเซาะส์ เบ็ญหาวัน และอาจารย์ภราดร วารีศรี ที่ได้กรุณาให้คำแนะนำ ตรวจสอบแก้ไข และให้ข้อเสนอแนะต่าง ๆ ในการตรวจเครื่องมือวิจัย ทำให้วิทยานิพนธ์มีความถูกต้องสมบูรณ์

ผู้วิจัยขอขอบคุณผู้อำนวยการ ครูและนักเรียน โรงเรียนคุระบุรีชัยพัฒนาพิทยาคม อำเภอคุระบุรี จังหวัดพังงา ที่มีส่วนเกี่ยวข้องทุกท่านในการเก็บข้อมูลเป็นอย่างดียิ่ง ข้อมูลที่ได้รับจากทุกท่านนับได้ว่ามีคุณค่า และเป็นประโยชน์อย่างยิ่งในการเขียนวิทยานิพนธ์

ผู้วิจัยขอขอบคุณบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ที่มอบทุนสนับสนุนงบประมาณเพื่อการวิจัยของบัณฑิตวิทยาลัยสำหรับดำเนินการวิจัยในครั้งนี้

ผู้วิจัยขอขอบคุณ คุณพ่อ คุณแม่ และครอบครัวที่คอยให้กำลังใจและสนับสนุนในการทำวิจัยมาโดยตลอด เพื่อน ๆ พี่ ๆ น้อง ๆ ที่ได้ให้ความช่วยเหลืออย่างดียิ่งในการศึกษา และตรวจทาน จนทำให้วิทยานิพนธ์นี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี

สุดท้ายนี้ผู้วิจัยขอน้อมถวายมวลการสรรเสริญแด่อัลเลาะฮ์ ผู้ทรงประทานพลังกาย พลังใจและสติปัญญา ให้ผู้วิจัยสามารถดำเนินวิทยานิพนธ์นี้จนสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

เกรียงศักดิ์ วิเชียรสร้าง

Prince of Songkla University Pattani Campus

สารบัญ

		หน้า
บทคัดย่อ		(5)
ABTSRACT		(6)
กิตติกรรมประกาศ		(7)
สารบัญ		(8)
รายการตาราง		(11)
รายการภาพประกอบ		(13)
บทที่		
1	**บทนำ**	1
	วัตถุประสงค์ของการวิจัย	7
	สมมติฐานของการวิจัย	7
	ความสำคัญและประโยชน์ของการวิจัย	7
	ขอบเขตของการวิจัย	8
	นิยามศัพท์เฉพาะ	8
	กรอบแนวคิด	10
2	**เอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง**	11
	การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา (STEM Education)	12
	ความสามารถในการแก้ปัญหา	38
	ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน	51
	ความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้	58
	งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	59
	คะแนนพัฒนาการ	62
3	**วิธีการวิจัย**	65
	แบบแผนการวิจัย	65
	กลุ่มที่ศึกษา	66
	เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย	66

Prince of Songkla University Pattani Campus

สารบัญ (ต่อ)

		หน้า
	การสร้างเครื่องมือ	66
	การเก็บรวบรวมข้อมูล	73
	การวิเคราะห์ข้อมูล	74
	สถิติที่ใช้ในการวิจัย	76
4	**ผลการวิจัย**	80
	ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมีของนักเรียน ก่อนและหลังได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา	80
	ผลการศึกษาความสามารถในการแก้ปัญหาก่อนเรียน ระหว่างเรียนและหลังเรียน เมื่อได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา	88
	ผลการศึกษาคะแนนพัฒนาการของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และความสามารถในการแก้ปัญหา หลังจากได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา	93
	ผลการศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา	98
5	**การอภิปรายผลการวิจัย**	107
	จุดประสงค์ของการวิจัย	107
	สมมติฐานของการวิจัย	107
	ขอบเขตของการวิจัย	108
	เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย	108
	การเก็บรวบรวมข้อมูล	109
	การวิเคราะห์ข้อมูล	112
	สรุปผลการวิจัย	114
	อภิปรายผลการวิจัย	114
	ข้อเสนอแนะ	126
บรรณานุกรม		128
ภาคผนวก		139

Prince of Songkla University Pattani Campus

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
ภาคผนวก ก รายชื่อผู้เชี่ยวชาญตรวจเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย.....	140
ภาคผนวก ข หนังสือนำส่ง.....	143
ภาคผนวก ค เครื่องมือที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้.....	151
ภาคผนวก ง เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล.....	187
ภาคผนวก จ คุณภาพของแบบทดสอบและแบบวัด.....	194
ภาคผนวก ฉ ภาพการจัดกิจกรรมการเรียนรู้.....	201
ประวัติผู้เขียน.....	206

Prince of Songkla University
Pattani Campus

รายการตาราง

ตาราง		หน้า
1	ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรายวิชาเคมี 4 ว30224.....	6
2	ตารางเปรียบเทียบแนวปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์ วิศวกรรมศาสตร์ เทคโนโลยี และคณิตศาสตร์.....	21
3	สังเคราะห์ขั้นตอนการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา.....	26
4	รูปแบบการแก้ปัญหา.....	42
5	ขั้นตอนการแก้ปัญหา.....	46
6	เกณฑ์การให้คะแนนความสามารถในการแก้ปัญหา.....	70
7	เกณฑ์การประเมินระดับพัฒนาการ.....	75
8	คะแนนผลสัมฤทธิ์ก่อนเรียนและหลังเรียน.....	81
9	ระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมีหลังการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา โดยพิจารณาความถี่.....	83
10	ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมี (คะแนนเต็ม 40 คะแนน)	84
11	คะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียน เรื่อง ไฟฟ้าเคมี (n=30) ...	88
12	ผลการทดสอบความแปรปรวนของคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียน.....	90
13	ผลการเปรียบเทียบผลต่างของคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาเฉลี่ยในแต่ละครั้ง.....	90
14	คะแนนพัฒนาการ (Growth score) คะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์ (Relative Gain Score) และระดับพัฒนาการของนักเรียน.....	94
15	ร้อยละของระดับพัฒนาการผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียน.....	95
16	คะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียน เรื่อง ไฟฟ้าเคมี (n =30)...	96
17	ร้อยละของระดับพัฒนาการผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียน.....	98
18	แสดงค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) และระดับความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา.....	99
19	เกณฑ์การให้คะแนนความสามารถในการแก้ปัญหา.....	113

Prince of Songkla University Pattani Campus

รายการตาราง (ต่อ)

ตาราง		หน้า
20	ระดับความสามารถในการแก้ปัญหาที่เกิดกับผู้เรียนในแต่ละขั้นขอการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา.....	122
21	ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) แผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา	195
22	ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่องไฟฟ้าเคมี.....…….	197
23	ค่าความยากง่าย (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมีเรื่อง ไฟฟ้าเคมี จำนวน 40 ข้อ.....	198
24	ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหา.....	199
25	ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบวัดความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา.....	200

Prince of Songkla University Pattani Campus

รายการภาพประกอบ

ภาพประกอบ		หน้า
1	กรอบแนวคิดวิจัย.....	10
2	รูปแบบ PIRPOSAL ที่ได้จากการบูรณาการสะเต็มศึกษา.....	19
3	กระบวนการแก้ปัญหา ร่วมกับ แนวคิดสะเต็ม ที่ใช้ตอบคำถามพื้นฐานเพื่อนำไปสู่คำตอบของปัญหา.....	21
4	การออกแบบเชิงวิศวกรรม.....	24
5	เครือข่ายสะเต็มศึกษาของ สสวท.	34
6	ความสัมพันธ์ของการแก้ปัญหากับเจตคติ กระบวนการ และเนื้อหา.....	38
7	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างส่วนประกอบของปัญหาและปัญหา.....	39
8	แสดงขั้นตอนการวิเคราะห์ปัญหาอย่างเป็นระบบ.....	43
9	แสดงรายละเอียดเกี่ยวกับการรวบรวมข้อมูลที่เป็นปัญหา.....	44
10	ทฤษฎี 4 ขั้นตอนของวอลเลส (Wallace)	45
11	รูปแบบการแก้ปัญหาของ Lunetta และ Tamir.....	48
12	ขั้นตอนการวางแผนการสร้างแบบสอบ.....	56
13	ความสอดคล้องระหว่างจุดมุ่งหมาย.....	57
14	หลักการคำนวณคะแนนพัฒนาการ.....	63
15	ขั้นตอนการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมี.....	69
16	แสดงการเปรียบเทียบคะแนนผลสัมฤทธิ์ก่อนเรียนและหลังเรียน.....	82
17	ระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียน.....	83
18	แสดงการเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการแก้ปัญหา.....	89
19	ระดับพัฒนาการผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียน.....	95
20	นักเรียนทัศนศึกษาที่ท่าเทียบเรือประมงพาณิช.....	102
21	นักเรียนออกแบบและนำเสนอนวัตกรรม.....	118
22	นักเรียนทัศนศึกษา ณ ท่าเทียบเรือ.....	202
23	ระบุสิ่งที่จำเป็นต้องเรียนรู้เพื่อการแก้ปัญหา.....	202
24	รวบรวมข้อมูลแนวคิดที่เกี่ยวข้องและสะท้อนความคิดความเข้าใจ.....	203
25	ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา.....	204

Prince of Songkla University Pattani Campus

รายการภาพประกอบ (ต่อ)

ภาพประกอบ		หน้า
26	วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา.....	204
27	ทดสอบ ประเมินผลและปรับปรุง.....	205
28	นำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหา.....	205

Prince of Songkla University
Pattani Campus

บทที่ 1
บทนำ

ความเป็นมาของปัญหา

วิทยาศาสตร์มีความสำคัญต่อชีวิตและการประกอบอาชีพต่าง ๆ เพราะทุกคนใช้เทคโนโลยีที่สร้างขึ้นเพื่อความสะดวกสบายในการดำรงชีวิต ทั้งหมดนี้ล้วนเป็นผลของความรู้วิทยาศาสตร์ ผสมผสานความคิดสร้างสรรค์และศาสตร์อื่น ๆ ช่วยให้มนุษย์พัฒนาวิธีคิดเชิงเหตุผล คิดวิเคราะห์ คิดสร้างสรรค์ มีทักษะในการสืบเสาะหาความรู้ ส่งผลให้เกิดการพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างเป็นขั้นตอนโดยมีแบบแผน ผ่านการตัดสินใจด้วยความรู้จำนวนมากและมีหลักฐานเชิงประจักษ์ที่พิสูจน์ได้ วิทยาศาสตร์เป็นศาสตร์ของโลกสมัยใหม่ซึ่งเป็นโลกแห่งการเรียนรู้ (knowledge-based society) (กระทรวงศึกษาธิการ, 2551: 92) วิทยาศาสตร์เป็นการเรียนรู้เพื่อเข้าใจธรรมชาติ ผ่านกระบวนการทางวิทยาศาสตร์โดยเริ่มจากการสังเกต การสำรวจ และทำการทดลองเกี่ยวกับปรากฏการณ์ธรรมชาติต่าง ๆ แล้วนำผลมาวิเคราะห์ สร้างทฤษฎี และพัฒนาแนวคิดเพื่อสร้างเทคโนโลยี ดังนั้นการเรียนวิทยาศาสตร์จึงมุ่งให้ผู้เรียนเป็นผู้สืบเสาะหาความรู้ให้มากที่สุดเพื่อให้ได้ทักษะกระบวนการและความรู้ในการดำรงชีวิต ทุกคนจึงต้องเรียนวิทยาศาสตร์ เพื่อที่จะเข้าใจในธรรมชาติและเทคโนโลยี พร้อมนำความรู้ไปใช้อย่างสร้างสรรค์ มีเหตุผล และมีคุณธรรม

วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเป็นพื้นฐานของการพัฒนาทางเศรษฐกิจ ประเทศชาติจึงให้คุณค่ากับการเรียนวิทยาศาสตร์ (สุนีย์ คล้ายนิล, 2555: 1) การพัฒนาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิจัย และนวัตกรรม คือพลังผลักดันการพัฒนาเศรษฐกิจให้เติบโตอย่างมีประสิทธิภาพและยั่งยืน เน้นการนำความคิดสร้างสรรค์ ภูมิปัญญาท้องถิ่น ทรัพย์สินทางปัญญา วิจัยและพัฒนาต่อยอดถ่ายทอด และประยุกต์ใช้ประโยชน์ทั้งในเชิงพาณิชย์ สังคม และชุมชน โดยสร้างสภาพแวดล้อมที่ส่งผลในการพัฒนาและประยุกต์ใช้วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิจัย และนวัตกรรมที่ทำให้เกิดความคิดสร้างสรรค์และสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับภาคการผลิต ตลอดจนพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานทางวิทยาศาสตร์ วิจัย เทคโนโลยี และนวัตกรรมให้ทั่วถึงและเพียงพอทั้งด้านคุณภาพและปริมาณในลักษณะของความร่วมมือระหว่างภาครัฐและเอกชน (สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ, 2554: 14)

ระบบเศรษฐกิจโลกมาพร้อมกับการอุบัติของภาคอุตสาหกรรมและอาชีพ มีการสร้างความร่วมมือระดับสากลเกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว ความก้าวหน้าของการสื่อสารโดยใช้เทคโนโลยีในภาคเศรษฐกิจบริการที่ขับเคลื่อนด้วยข้อมูล ความรู้ พร้อมสร้างสรรค์นวัตกรรมเข้ามาแทนที่ภาค

เศรษฐกิจอุตสาหกรรมและได้เปลี่ยนแปลงวงการธุรกิจและการทำงาน เทคโนโลยีเข้ามาแทนที่การทำงานแบบซ้ำซาก คนที่มีความรู้และทักษะในการรับมือกับแปลเปลี่ยนที่อุบัติขึ้นและสามารถปรับตัวเองให้เข้ากับเหตุการณ์ใหม่ ๆ ได้ทันถึงจะประสบความสำเร็จ (วรพจน์ วงศ์กิจรุ่งเรือง และอธิป จิตตกฤษ์, 2556: 36-37) ดังนั้น การเตรียมผู้เรียนในวันนี้จึงมีจุดหมายเพื่อเปลี่ยนแปลงผู้เรียนให้สามารถใช้ชีวิตในโลกที่มีการเปลี่ยนแปลงและพร้อมที่จะเผชิญหน้ากับสังคม เศรษฐกิจและเทคโนโลยีในอนาคต ตระหนักรู้และเตรียมพร้อมต่อการแปรเปลี่ยนที่จะเกิดขึ้น (พรทิพย์ ศิริภัทราชัย, 2556: 55) สามารถใช้ความรู้และทักษะในสถานการณ์และบริบทต่าง ๆ อย่างกว้างขวางในชีวิตจริง แผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 12 จึงเล็งเห็นความสำคัญของการศึกษาและจัดทำยุทธศาสตร์เพื่อการพัฒนาชาติด้วยการพัฒนาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิจัย เพื่อสร้างสรรค์นวัตกรรม โดยจะเร่งการผลิตบุคลากรสายวิทยาศาสตร์ให้มีคุณภาพตามความต้องการโดยเฉพาะในสาขาวิทยาศาสตร์ (Science) เทคโนโลยี (Technology) วิศวกรรมศาสตร์ (Engineer) และคณิตศาสตร์ (Mathematics) (สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ 2559: 163)

พระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2542 มาตรา 22 ถึง มาตรา 30 ได้ระบุว่าการเรียนรู้ต้องให้บุคคลทุกระดับในระบบการศึกษา เป็นนักเรียนรู้ (learner) เพื่อทำให้สังคมไทยเป็นสังคมแห่งการเรียนรู้ คนไทยเป็นคนเก่ง ดี และมีสุข มาตรา 27 และมาตรา 28 เน้นให้สถานศึกษาจัดหลักสูตรแบบบูรณาการมาตรา 22, 23 และ 24 เน้นให้จัดการเรียนรู้โดยยึดผู้เรียนเป็นสำคัญ กระบวนการที่เน้นกิจกรรมการเรียนรู้จะส่งผลต่อการเรียนรู้ของนักเรียน เพราะนักเรียนเรียนรู้จากสถานการณ์ที่เกิดขึ้นจริง ด้วยวิธีการที่เหมาะสมนั้น สามารถฝึกทักษะ พัฒนาการคิด การจัดการ จากการเผชิญเหตุการณ์ แล้วสร้างค่านิยมต่อสังคม ส่งผลให้ผู้เรียนคิด ตัดสินใจ เลือกทำอย่างชาญฉลาด และสามารถแก้ปัญหาที่ต้องเผชิญได้ในทุกสถานการณ์ (พิมพันธ์ เดชะคุปต์, 2557: 5) มาตรา 66 ได้กำหนดเป้าหมายของการจัดการเรียนรู้ให้ผู้เรียนมีสิทธิ์ได้รับการพัฒนาขีดความสามารถในการใช้เทคโนโลยีเพื่อการเรียนรู้ในโอกาสแรกที่ทำได้ เพื่อให้มีความรู้และทักษะเพียงพอที่จะใช้เทคโนโลยีเพื่อการสืบเสาะหาความรู้ด้วยตนเองตลอดชีวิต เพื่อให้ผู้เรียนได้เรียนรู้อย่างแท้จริง ตามพระราชบัญญัติการศึกษา พ.ศ. 2542 โดยเฉพาะมาตรา 24 ที่กำหนดรูปแบบการเรียนรู้ให้ผู้เรียน ได้ฝึกทักษะการคิด ฝึกปฏิบัติให้ทำได้ คิดได้ และประยุกต์ใช้ความรู้ในการแก้ปัญหา และมีการย้ำว่าการเรียนรู้ต้องยึดผู้เรียนมีความสามารถในการเรียนและสามารถพัฒนาตนเองได้ โดยยึดผู้เรียนสำคัญอันดับแรก ดังนั้น ความรู้จึงเกิดขึ้นจากการเรียนรู้ที่มีความหมายต่อผู้เรียนเอง (ชนาธิป พรพิกุล, 2544: 15)

การสอนวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์และเทคโนโลยี ในปัจจุบันควรมีการผสมผสานระหว่างวิชามากขึ้นและมีความเชื่อมโยงกับชีวิตจริง รวมทั้งการใช้ทักษะสำคัญในศตวรรษที่ 21 เพื่อให้ผู้เรียนเห็นคุณค่าของวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์และเทคโนโลยีในชั้นเรียนกับบริบทของความเป็นจริง เกิดทักษะสำคัญเพื่อการดำรงชีพและนำมาซึ่งการพัฒนานวัตกรรม เพื่อเพิ่มความสามารถในการแข่งขันของประเทศ (อุปการ จีระพันธุ์, 2556: 35) การเสนอแนวคิดเกี่ยวกับทักษะจำเป็นในศตวรรษที่ 21 ส่งผลให้กระบวนการทางการศึกษาเปลี่ยนแปลงไป การเรียนรู้ทุกระดับเน้นให้ผู้เรียนเกิดทักษะการคิดขั้นสูง เช่น คิดแก้ปัญหา คิดสร้างสรรค์ คิดแบบวิจารณญาณ ฯลฯ รวมทั้งการพัฒนาสมรรถนะในการสื่อสาร ทักษะการอยู่ร่วมกันด้วยความร่วมมือ การใช้เทคโนโลยีช่วยในการสืบเสาะหาความรู้ จึงส่งผลให้แนวโน้มการจัดการเรียนรู้ ต้องให้ความสำคัญกับการบูรณาการทั้งด้านศาสตร์ต่าง ๆ และบูรณาการการเรียนในห้องเรียนกับชีวิตจริง ทำให้การเรียนนั้นมีความหมายต่อผู้เรียน ซึ่งผู้เรียนจะเห็นคุณค่า และประโยชน์ของการเรียน อันจะนำไปสู่ประยุกต์ใช้ได้ (พรทิพย์ ศิริภัทราชัย, 2556: 49)

การปรับปรุงและพัฒนาการศึกษานั้นควรพัฒนาสมองระดับสูง ดังนั้นหลักสูตรที่ดีควรมุ่งพัฒนาสมองระดับสูงซึ่งได้แก่ ทักษะการแก้ปัญหา ทักษะการวิเคราะห์ ความคิดสร้างสรรค์ ความคิดอย่างมีวิจารณญาณ สามารถนำไปใช้ เพราะกระบวนการดังกล่าวช่วยให้ผู้เรียนสามารถสืบเสาะความรู้เพิ่มเติม จากการเผชิญกับปัญหาในชีวิตจริงและสามารถต่อสู้กับการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นอย่างรวดเร็วในโลกปัจจุบัน ทั้งนี้เนื่องจากความรู้เนื้อหาวิชาที่ศึกษา ผู้เรียนอาจลืมได้หลังจากเรียนจบไปแล้ว แต่ความสามารถทางสมองระดับสูงยังคงติดตัวผู้เรียนตลอดไป ซึ่งเป็นคุณลักษณะที่สำคัญ และจำเป็น ช่วยให้ผู้เรียนดำรงชีวิตในสังคมนอกโรงเรียนได้ (ประเทือง ทิพย์ นวพรไพศาล, 2535: 1)

ผลการรู้วิทยาศาสตร์ จากการประเมินโดยองค์กรเพื่อการพัฒนาทางเศรษฐกิจ และความร่วมมือ (OECD) ซึ่งเป็นการประเมินนักเรียนไทยร่วมกับนานาชาติ (PISA) พบว่า นักเรียนไทยรู้วิทยาศาสตร์น้อยกว่าชาติอื่น จากผลการประเมิน ปี 2012 พบว่า คะแนนของนักเรียนไทยเฉลี่ยเท่ากับ 444 ซึ่งจัดอยู่ในอันดับ 44-49 จากทั้งหมด 65 ประเทศ โดยคะแนนเฉลี่ยวิทยาศาสตร์มาตรฐาน OECD เท่ากับ 501 (สสวท., 2557: 147-149) การทดสอบ PISA มุ่งวัดสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์เพื่อแก้ปัญหา 3 ด้าน อันได้แก่ 1) ด้านการอธิบายปรากฏการณ์ทางธรรมชาติ 2) ด้านการประเมินและกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ และ 3) ด้านการตีความข้อมูลโดยมีหลักฐานในเชิงวิทยาศาสตร์ การทำข้อสอบของนักเรียน ต้องใช้ความรู้เนื้อหา ทักษะกระบวนการและเจตคติของผู้เรียน ซึ่งเกิดขึ้นจากความรู้สึกพอใจและเห็นความสำคัญของวิทยาศาสตร์ (นันทวัน นันทวนิช, 2557: 40-41) จากผลสอบนักเรียนของไทยมีสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์จัดอยู่ในอันดับ

2 จาก 6 อันดับ ซึ่งเป็นอันดับที่นักเรียนมีความรู้วิทยาศาสตร์พอที่จะสร้างคำอธิบายที่พอจะเป็นไปได้ในเหตุการณ์ที่คุ้นเคยและสามารถสรุปจากการสำรวจที่ไม่ซับซ้อน สามารถใช้เหตุผลและตีความตรง ๆ จากผลการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (สสวท., 2557: 153-160) ผลที่เกิดขึ้นสะท้อนให้เห็นว่า นักเรียนไทยไม่สามารถใช้ความรู้และทักษะเพื่อแก้ปัญหาในชีวิตประจำวันได้

การดำรงชีวิตของมนุษย์นั้นมักจะต้องเผชิญกับปัญหา ซึ่งมีความยุ่งยากซับซ้อน มนุษย์จึงจำเป็นต้องมีความสามารถในการแก้ปัญหา เพื่อการปรับตัวในการอยู่ร่วมกันอย่างสงบสุข (สุภัทรา สิริรุ่งเรือง และ ชานนท์ จันทรา, 2554: 14) การเรียนรู้วิทยาศาสตร์จึงมีเป้าหมายเพื่อเตรียมความพร้อมบุคคล โดยเฉพาะผู้เรียนมัธยมปลาย ที่มีการมุ่งมั่นพัฒนาด้านการคิด การหาความรู้เพื่อการดำรงชีวิต พร้อมกับใช้เทคโนโลยีเพื่อการเรียนรู้ (สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน , 2553: 2) ด้วยการส่งเสริมการบูรณาการทักษะชีวิตไปสู่การแก้ปัญหาในชีวิตจริง

วิชาเคมีเป็นส่วนประกอบภาคบังคับของหลักสูตร ความเข้าใจเคมีมี 4 ระดับความเข้าใจ คือ ระดับมหภาค ระดับจุลภาค สัญลักษณ์และ วิธีการ ความเข้าใจในวิชาเคมีต้องใช้ความสามารถในสร้างความสัมพันธ์จาก 4 กลุ่มเหล่านี้แล้วอธิบายการเปลี่ยนแปลงในระดับมหภาค ในแง่ของการมีปฏิสัมพันธ์ระหว่างอะตอมกับอะตอม อะตอมกับโมเลกุล และโมเลกุลกับโมเลกุล จนได้แนวความคิด และสามารถที่จะใช้เป็นแนวคิดใหม่ ในสถานการณ์ที่ไม่คุ้นเคยที่จะเชื่อมโยงแนวคิดใหม่กับแนวคิดเดิมแล้วอธิบายและสรุปให้เป็นแนวคิดใหม่ความเข้าใจแนวคิดเป็นผลสำคัญของขั้นตอนการศึกษา เพื่อให้เกิดการเรียนรู้ การสร้างสภาพแวดล้อมการเรียนรู้ที่เหมาะสมเพื่อพัฒนาความเข้าใจแนวคิดเป็นหนึ่งในเป้าหมายของการพัฒนาความเข้าใจมโนทัศน์ที่ถูกต้องของปัญหาวิทยาศาสตร์นักเรียนควรจะสามารถที่จะดำเนินกระบวนการของการสะท้อนผ่านการอภิปรายของนักเรียนจากแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ที่นักเรียนพัฒนาขึ้นวิชาเคมีเป็นหนึ่งในกลุ่มของนักวิจัยแนะนำให้บูรณาการกับสะเต็มศึกษาด้วยการประยุกต์ใช้ในชีวิตจริง ซึ่งจะช่วยให้ผู้เรียนเห็นภาพว่าทุกสาขาของสะเต็มมีความสัมพันธ์กันและเสริมระหว่างสาขาวิชากันอย่างไร วิธีการนี้จะสนับสนุนการมีส่วนร่วมในการสร้างและการตรวจสอบการทดลองของนักเรียน นอกจากนี้ยังมีผลต่อทักษะและทัศนคติของนักเรียนมัธยมศึกษาต่อการบูรณาการสะเต็มศึกษาด้วย (Chonkaew, Sukhummek and Faikhamtab, 2016)

สะเต็มศึกษา เป็นการศึกษาที่สามารถพัฒนาให้ผู้เรียนทั้งด้านความรู้ ทักษะการคิดและทักษะอื่น ๆ มาใช้ในการแก้ปัญหา การค้นหา สร้าง และพัฒนาคิดค้นสิ่งต่าง ๆในโลกปัจจุบันเน้นความเข้าใจลึกซึ้ง การมีส่วนร่วมของผู้เรียนกับข้อมูลเครื่องมือทางเทคโนโลยี การสร้างความยืดหยุ่นในเนื้อหาวิชา ความท้าทาย ความสร้างสรรค์ ความแปลกใหม่ และการแก้ปัญหาอย่างมีความหมายของบทเรียน (พรทิพย์ ศิริภัทราชัย, 2556: 55) สะเต็มศึกษาจึงเป็นการบูรณาการความรู้

ผ่านกระบวนการทางวิศวกรรมศาสตร์ ตลอดจนมีการบูรณาการพฤติกรรมที่ประสงค์ให้เกิดกับผู้เรียนจากการเรียนรู้เนื้อหา รวมถึงการกระตุ้นให้เกิดความสนใจที่จะสืบเสาะความรู้ การสำรวจตรวจสอบ ผ่านการคิดอย่างมีเหตุผลในเชิงตรรกะ รวมถึงทักษะของผู้เรียนหรือการทำงานแบบร่วมมือ (สุพรรณี ชาญประเสริฐ, 2557: 3) ซึ่งจะทำให้เข้าใจ ความคิดสำคัญ ผ่านกระบวนการออกแบบ จนนำไปสู่การสร้างทฤษฎี (Mitts, 2016: 34) เพื่อมุ่งเน้นให้สามารถนำทักษะ ความรู้ และความสามารถที่ได้ การจัดการเรียนรู้ไปใช้แก้ปัญหาในชีวิตจริง ซึ่งจะเป็นประโยชน์ต่อการดำเนินชีวิต (สุพรรณี ชาญประเสริฐ, 2557: 3) สะเต็มศึกษาเป็นแนวทางการเรียนรู้ที่เริ่มต้นจากปัญหาที่ในชีวิตประจำวัน และการจูงใจจากสถานการณ์การเรียนรู้ที่เริ่มต้นจากปัญหา (Asunda, 2015: 9) เพื่อให้เกิดการแก้ปัญหานั้น ทำให้นักเรียนค้นพบความรู้และทักษะทางสะเต็มศึกษา ผ่านวิธีการและเทคนิคการแก้ปัญหา ที่ช่วยให้นักเรียนค้นพบด้วยตนเอง อันได้แก่ ทฤษฎี กระบวนการ การออกแบบ และนำเสนอความคิดสำคัญที่ซ่อนอยู่ (Mitts, 2016: 34) ซึ่งจะช่วยให้นักเรียนเข้าใจความสัมพันธ์กันของ สะเต็มศึกษาได้อย่างสมบูรณ์ ซึ่งจะส่งผลให้ค้นพบวิธีการแก้ปัญหาเพื่อพัฒนาสังคม โดยความคิดเช่นนี้จะพัฒนาขึ้นผ่านกระบวนการเรียนรู้ (Asunda, 2015: 9) ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาซึ่งจะส่งผลต่อการพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ความสามารถในการแก้ปัญหา และความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ของนักเรียน

แนวทางการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาจึงเป็นแนวทางหนึ่งที่ช่วยแก้ปัญหาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และความสามารถในการแก้ปัญหา ด้านการเรียนวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ที่มีแนวโน้มต่ำลงเรื่อย ๆ และช่วยแก้ปัญหาการขาดแคลนทรัพยากรบุคคลในด้านสะเต็มศึกษาเพื่อพัฒนาสังคม และความมั่นคงทางเศรษฐกิจ ในศตวรรษที่ 21 (รักษ์พล ธนานุวงศ์, 2556: 16) ซึ่งจะตอบสนองยุทธศาสตร์สำคัญที่เน้นในเรื่องการพัฒนาสู่ “ความมั่นคง มั่งคั่ง และยั่งยืน” ด้วยการสร้าง “ความเข้มแข็งจากภายใน” ขับเคลื่อนตามแนวคิด “ปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง” ผ่านกลไก “ประชารัฐ” นำพาประเทศก้าวสู่โมเดล “ประเทศไทย 4.0” หรือ “ไทยแลนด์ 4.0” คือ เปลี่ยนแปลงโครงสร้างเศรษฐกิจไปสู่เศรษฐกิจที่ขับเคลื่อนด้วยนวัตกรรม (Value-Based Economy) (ธีระเกียรติ เจริญเศรษฐศิลป์, 2559: ออนไลน์) อีกทั้งยังคล้ายคลึงกับแนวการศึกษาตามพระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2542 คือ ทำให้ผู้เรียนเกิดทักษะการคิดวิเคราะห์เพื่อแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ ผู้เรียนร่วมกันลงมือปฏิบัติมากขึ้น นอกจากนี้ ยังมีโอกาสออกไปสืบเสาะความรู้ด้วยตัวเองจากแหล่งทรัพยากรรอบตัวผู้เรียน ในส่วนของผู้สอนก็จะลดบทบาทของการเป็นผู้ควบคุมในชั้นเรียนลง แต่ผู้เรียนจะมีอำนาจในการจัดการควบคุมตนเอง ผู้เรียนต้องสืบเสาะความรู้อย่างต่อเนื่อง ทำให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้อย่างมีแบบแผนตลอดชีวิต (lifelong process) เพราะความรู้เก่าที่

ผู้เรียนมีอยู่แล้วจะถูกนำมาเชื่อมโยงให้เข้ากับความรู้ใหม่ตลอดเวลา จึงทำให้ผู้เรียนทันต่อเหตุการณ์ทันโลก และมีความสามารถเปลี่ยนแปลตัวเองเพื่อใช้ชีวิตสังคมโลกในอนาคตได้อย่างดี

จากการเรียนรู้ในรายวิชาเคมีที่ผ่านมาพบว่านักเรียนมีทัศนคติว่าวิชาวิทยาศาสตร์เป็นวิชาที่เรียนยาก จึงทำให้มีนักเรียนเลือกเรียนในแผนการเรียนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์เป็นจำนวนน้อย และจากผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรายวิชา เคมี 4 ว 30224 ในปีการศึกษาที่ผ่านมา ดังนี้

ตาราง 1 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรายวิชาเคมี 4 ว 30224

ปีการศึกษา	จำนวนนักเรียน (คน)	คะแนนเฉลี่ย ($\overline{X}$)	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.)	คะแนนสูงสุด	คะแนนต่ำสุด
2556	31	61.48	8.50	83	48
2557	28	66.21	10.19	89	53

อีกทั้งเมื่อนักเรียนที่จบระดับการศึกษาแล้วนักเรียนยังเลือกเรียนด้านวิทยาศาสตร์ในระดับอุดมศึกษาเป็นจำนวนน้อยด้วยในขณะเรียน นักเรียนให้ความสำคัญกับวิชาวิทยาศาสตร์น้อย ซึ่งอาจเป็นเพราะนักเรียนคิดว่าวิทยาศาสตร์ไม่เกี่ยวข้องเชื่อมโยงกับการดำรงชีวิต จึงส่งผลให้นักเรียนที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ต่ำ ซึ่งอาจเป็นเพราะกระบวนการเรียนรู้ที่เน้นบทบาทของครูเป็นศูนย์กลางมากเกินไป การเรียนรู้ไม่เชื่อมโยงกับชีวิตประจำวันของผู้เรียน จึงส่งผลให้นักเรียนไม่เห็นประโยชน์ของการเรียน ดังนั้นการเปลี่ยนวิธีการเรียนรู้จึงอาจมีผลต่อการเรียนของนักเรียน เนื่องจาก “วิทยาศาสตร์เป็นกระบวนการของการหาความรู้” (Science as a process of enquiry) การจัดการเรียนรู้จึงให้ความสำคัญกระบวนการเป็นหัวใจสำคัญ เพื่อให้ผู้เรียนสืบเสาะหาความรู้โดยตรง (Active role) บทบาทตรงของผู้เรียนจึงอยู่ในฐานะผู้แสวงหาความรู้ (Active learning) (สุนีย์ คล้ายนิล, 2555: 5-6)

จากปัญหาและความสำคัญข้างต้น ผู้วิจัยได้สนใจศึกษา ผลของการจัดการเรียนรู้เรื่องไฟฟ้าเคมีตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ความสามารถในการแก้ปัญหา และความพึงพอใจของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ของนักเรียนโรงเรียนคุระบุรีชัยพัฒนาพิทยาคม จังหวัดพังงา โดยการจัดการเรียนรู้ในครั้งนี้ สามารถใช้เป็นแนวทางในการพัฒนากระบวนการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาในปัจจุบัน เพื่อการพัฒนานักเรียนด้านสมรรถนะและคุณลักษณะอันพึงประสงค์ตามแนวทางการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 และหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ดังที่กำหนดไว้

Prince of Songkla University Pattani Campus

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ก่อนและหลังได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา

2. เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหาก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา

3. เพื่อศึกษาคะแนนพัฒนาการของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ระหว่างเรียน และความสามารถในการแก้ปัญหา ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 หลังจากได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา

4. เพื่อศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา

สมมติฐานของการวิจัย

1. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน

2. ความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน

Prince of Songkla University Pattani Campus

ความสำคัญและประโยชน์ของการวิจัย

1. ได้พัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ วิชาเคมี เรื่องไฟฟ้าเคมี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา

2. นักเรียนมีความสามารถในการแก้ปัญหาและสามารถนำความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์และคณิตศาสตร์ มาใช้แก้ปัญหาในชีวิตประจำวันได้

3. เป็นแนวทางให้ครูและผู้ที่สนใจ ได้นำวิธีการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ไปใช้ในการเรียนการสอนในเนื้อหากลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์หรือสาขาอื่นต่อไป

ขอบเขตของการวิจัย

1. กลุ่มเป้าหมาย

นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนคุระบุรีชัยพัฒนาพิทยาคม อำเภอคุระบุรี จังหวัดพังงา จำนวน 1 ห้องเรียน 30 คน

2. เนื้อหาที่ใช้ในการศึกษา

เนื้อหาวิจัยครั้งนี้ เป็นเนื้อหาวิชาเคมี หน่วยที่ 1 เรื่องไฟฟ้าเคมี ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551

3. ตัวแปรที่ศึกษา

3.1 ตัวแปรอิสระ ได้แก่ การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา

3.2 ตัวแปรตาม ได้แก่

3.2.1 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี

3.2.2 ความสามารถในการแก้ปัญหา

3.2.3 ความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้

4. ระยะเวลาที่ใช้ในการศึกษา

ผู้วิจัยได้ดำเนินการวิจัยในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2560 รวมเวลา 8 สัปดาห์ จำนวน 24 ชั่วโมง

Prince of Songkla University Pattani Campus

นิยามศัพท์เฉพาะ

1. **การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา** หมายถึง กระบวนการเรียนรู้ที่ผู้วิจัยให้ผู้เรียนใช้สถานการณ์ปัญหาที่เกิดขึ้นในการดำรงชีวิตเป็นตัวกระตุ้นให้เกิดความอยากรู้ ซึ่งผู้เรียนต้องคิดแก้ปัญหาจากเหตุการณ์ปัญหาที่เกิดขึ้นนั้น โดยใช้เนื้อหาความรู้วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี คณิตศาสตร์ มาบูรณาการ ผ่านกระบวนการทางวิศวกรรมศาสตร์ ซึ่งมีขั้นตอนดังนี้ 1) เชื่อมโยงและระบุปัญหาในชีวิตจริง 2) ระบุสิ่งที่จำเป็นต้องเรียนรู้เพื่อแก้ปัญหา 3) รวบรวมข้อมูลแนวคิดที่เกี่ยวข้องและสะท้อนความคิดความเข้าใจ 4) ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา 5)วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา 6) ทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุง 7) นำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหา 8) เชื่อมโยงการแก้ปัญหาไปยังสถานการณ์อื่น ๆ

2. **ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี** หมายถึง สมรรถนะของแต่ละบุคคลตามระดับความสามารถ ในระดับ ความรู้ความจำ ความเข้าใจ นำไปใช้ วิเคราะห์ และสร้างสรรค์วิชาเคมี เรื่อง ไฟฟ้าเคมี ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาปีที่ 6/1 วัดได้จากแบบวัดผลสัมฤทธิ์วิชาเคมี เรื่อง

ไฟฟ้าเคมี ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาปีที่ 6/1 ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นตามจุดประสงค์การเรียนรู้ เป็นแบบปรนัยแบบเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 40 ข้อ

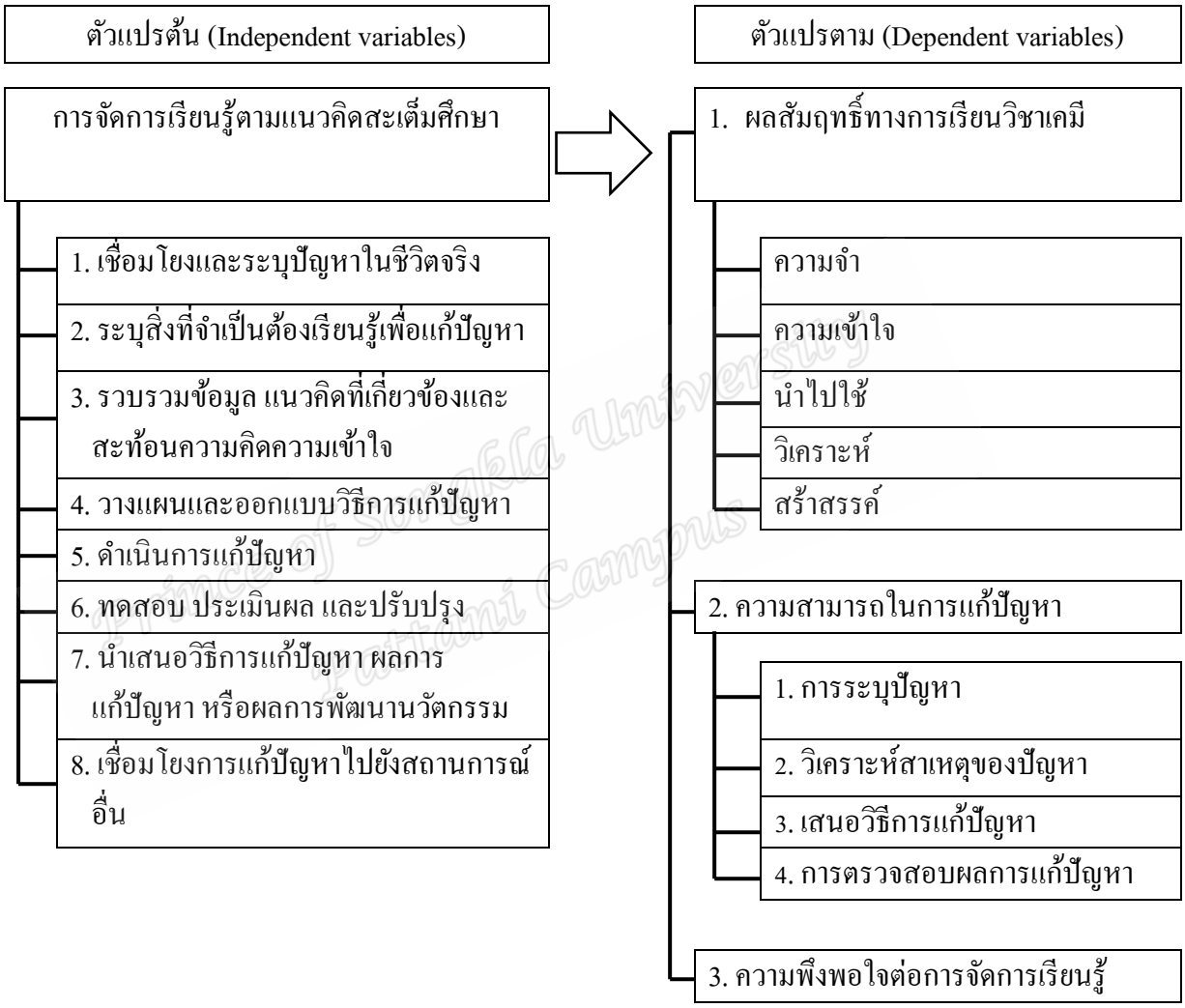
3. **ความสามารถในการแก้ปัญหา** หมายถึง สมรรถนะของผู้เรียนในการใช้ทักษะ ประสบการณ์ และความรู้ที่มีอยู่มาวิเคราะห์ สังเคราะห์ และบูรณาการ เพื่อใช้ตัดสินใจแก้ปัญหาจากเหตุการณ์ที่เกิดขึ้น อย่างมีแบบแผน โดยผู้เรียนสามารถระบุปัญหา วิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหา นำเสนอวิธีแก้ปัญหา และตรวจสอบผลลัพธ์ที่ได้จากวิธีการแก้ปัญหา ซึ่งวัดจากคะแนนที่นักเรียนตอบแบบทดสอบความสามารถในการแก้ปัญหา ซึ่งเป็นแบบอัตนัยที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น

4. **ความพึงพอใจ** หมายถึง ความชอบ ความรู้สึกพอใจ อันเกิดจากการได้เรียนตามแนวคิดสะเต็มศึกษา และสภาพบรรยากาศโดยทั่วไปของการเรียนรู้ซึ่งเกิดจากผู้เรียนทำกิจกรรม ซึ่งสามารถวัดโดยแบบประเมินความพึงพอใจที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น

Prince of Songkla University
Pattani Campus

กรอบแนวคิด

จากการที่ผู้วิจัยได้ศึกษาทฤษฎี แนวคิด จากงานวิจัย ที่เกี่ยวข้องกับการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาซึ่งส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ความสามารถในการแก้ปัญหา และความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ของนักเรียน ผู้วิจัยจึงได้สร้างกรอบแนวคิดในการวิจัย ดังต่อไปนี้



ภาพประกอบ 1 กรอบแนวคิดวิจัย

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การวิจัยเรื่อง ผลของการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี ความสามารถในการแก้ปัญหา และความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ผู้วิจัยได้ค้นคว้าเอกสารและงานวิจัยที่สอดคล้อง เพื่อสร้างฐานความรู้ในการวิจัย ดังนี้

2.1 การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา
- 2.1.1 แนวคิดและลักษณะของสะเต็มศึกษา
- 2.1.2 แนวทางการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา
- 2.1.3 การวัดผลและประเมินผลตามแนวคิดสะเต็มศึกษา

2.2 ความสามารถในการแก้ปัญหา
- 2.2.1 แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับความสามารถในการแก้ปัญหา
- 2.2.2 ขั้นตอนในกระบวนการแก้ปัญหา
- 2.2.3 เครื่องมือและวิธีวัดความสามารถในการแก้ปัญหา

2.3 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
- 2.3.1 ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
- 2.3.2 แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
- 2.3.3 การวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์
- 2.3.4 หลักการและขั้นตอนในการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

2.4 ความพึงพอใจ
- 2.4.1 ความหมายของความพึงพอใจ
- 2.4.2 การวัดความพึงพอใจ

2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
- 2.5.1 ผลของสะเต็มศึกษาที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
- 2.5.2 ผลของสะเต็มศึกษาที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหา
- 2.5.3 ผลของสะเต็มศึกษาที่มีต่อความพึงพอในในการจัดการเรียนรู้
- 2.5.4 ผลของสะเต็มศึกษาที่มีต่อความสามารถด้านอื่น ๆ

2.6 คะแนนพัฒนาการ

Prince of Songkla University Pattani Campus

2.1 การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา

2.1.1 แนวคิดและลักษณะของสะเต็มศึกษา

สะเต็มศึกษา (STEM Education) หมายถึง แนวทางการบูรณาการความรู้วิทยาศาสตร์ (Science: S) เทคโนโลยี (Technology: T) วิศวกรรมศาสตร์ (Engineer: E) และคณิตศาสตร์ (Mathematics: M) ที่มุ่งแก้ปัญหาที่พบเห็นในชีวิตจริง ซึ่งไม่เน้นเพียงการท่องจำสูตรหรือทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์หรือสมการทางคณิตศาสตร์เพียงอย่างเดียว เพื่อสร้างเสริมทักษะ พัฒนาวิธีการคิดวิเคราะห์ การคิดแก้ปัญหา การคิดอย่างมีเหตุผลในเชิงตรรกะ ทักษะชีวิต ทักษะการร่วมมือในการทำงาน ความคิดสร้างสรรค์ ฝึกให้ผู้เรียนรู้จักวิธีคิด การตั้งคำถาม แก้ปัญหาและสร้างทักษะการหาข้อมูลและการวิเคราะห์ข้อค้นพบใหม่ ๆ อันเป็นการเตรียมความพร้อมให้นักเรียนในการทำงานที่ต้องใช้ความรู้และทักษะกระบวนการด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์และเทคโนโลยี โดยนำกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม (Engineering design process) มาใช้เป็นส่วนหนึ่งในการปฏิบัติงานเพื่อสร้างสรรค์ชิ้นงานหรือวิธีการ เพื่อเตรียมความพร้อมในการสร้างนวัตกรรมในอนาคต (พรพรรณ ไวทยางกูร,2558: 40; มนตรี จุฬาวัฒนฑล, 2556: 16; สสวท., 2557: 4; สุพรรณี ชาญประเสริฐ, 2557: 3 ; สุรัชน์ อินทสังข์, 2557: 19; ศานิกานต์ เสนีวงศ์, 2556: 30; พรทิพย์ ศิริภัทราชัย, 2556: 50 ; อลงกต ใหม่ด้วง, 2557:27; สนธิ พลชัยยา, 2557: 10; กฤษลดา ชูสินคุณาวุฒิ, 2557: 10)

ดังนั้น สะเต็มศึกษาจึงเป็นการบูรณาการความรู้ วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ ผ่านกระบวนการทางวิศวกรรมศาสตร์ เพื่อสร้างสรรค์เทคโนโลยี โดยนำความรู้ของแต่ละวิชามาบูรณาการให้เป็นหนึ่งเดียว เพื่อให้ผู้เรียนเห็นถึงความสัมพันธ์และความสำคัญของสาขาวิชาทั้งสี่ และเพื่อให้ผู้เรียนนำความรู้ทุกแขนงมาใช้เพื่อแก้ปัญหา ค้นคว้า สร้างสรรค์และพัฒนาสิ่งต่าง ๆ ในสถานการณ์โลกปัจจุบัน

การจัดการศึกษาตามแนวคิดสะเต็มศึกษามีลักษณะ ดังนี้ (Dejarnett, 2012; Wayne, 2012; Breiner, et al., 2012; ธวัช ชิตตระการ, 2555; รักษพล ธนานุวงศ์, 2556; อภิสิทธิ์ ธงไชย และคณะ, 2555 อ้างอิงใน พรทิพย์ ศิริภัทราชัย, 2556: 50-51)

1. เป็นการบูรณาการระหว่างสาระวิชา (Interdisciplinary Integration) ได้แก่ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ โดยได้นำจุดเด่นของธรรมชาติตลอดจนการสอนของแต่ละสาขาวิชามาผสมผสานกัน กล่าวคือวิทยาศาสตร์ เน้นความจริงในธรรมชาติ การสอนวิทยาศาสตร์ในสะเต็มศึกษา จะทำให้นักเรียนสนใจ มีความตื่นเต้น รู้สึกท้าทาย

Prince of Songkla University Pattani Campus

และเกิดความมั่นใจในการเรียน เทคโนโลยี เป็นกระบวนการแก้ปัญหา ปรับปรุง พัฒนาสิ่งต่าง ๆ หรือกระบวนการต่าง ๆ เพื่อพัฒนาคุณภาพชีวิตของมนุษย์โดยผ่านรูปแบบการทำงานทางเทคโนโลยี ที่เรียกว่า Engineering Design หรือ Design Process ซึ่งคล้ายกับกระบวนการสืบเสาะวิศวกรรมศาสตร์ เป็นการสร้างสรรค์ พัฒนานวัตกรรม โดยใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์และเทคโนโลยี โดยคณิตศาสตร์ ประกอบด้วยองค์ประกอบ ดังนี้ 1) กระบวนการคิดคณิตศาสตร์ (Mathematical thinking) เช่น การเปรียบเทียบ การจำแนกหรือจัดกลุ่ม การจัดรูปแบบ การบอกรูปร่างและคุณสมบัติ 2) ภาษาคณิตศาสตร์ นักเรียนจะสามารถถ่ายทอดความคิดรวบยอด (Concept) ทางคณิตศาสตร์ได้ โดยการสื่อสารด้วยสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ เช่น มากกว่า น้อยกว่า เล็กกว่า ใหญ่กว่า เป็นต้น 3) การส่งเสริมการคิดขั้นสูงทางคณิตศาสตร์ (Higher-Level Math Thinking)

2. สามารถจัดสอนได้ทุกระดับชั้น โดยการบูรณาการด้านบริบท (Context Integration) ที่สอดคล้องกับชีวิตประจำวัน ซึ่งทำให้การสอนนั้นมีความหมายต่อผู้เรียน ทำให้ผู้เรียนเห็นประโยชน์จากการเรียนและสามารถใช้ประโยชน์ในการดำรงชีวิตได้

3. ทำให้ผู้เรียนเกิดพัฒนาการด้านต่าง ๆ อย่างครบถ้วน เพื่อพัฒนานักเรียนให้มีคุณภาพในศตวรรษที่ 21 ได้แก่ 1) ด้านปัญญา ผู้เรียนเข้าใจสาระวิชา 2) ด้านการคิด ผู้เรียนพัฒนาทักษะการคิด โดยเฉพาะการคิดขั้นสูง ได้แก่ คิดวิเคราะห์ สังเคราะห์ สร้างสรรค์ ฯลฯ 3) ด้านลักษะอันพึงประสงค์ ผู้เรียนสามารถทำงานร่วมกัน มีความสามารถในการสื่อสารได้อย่างดี เป็นผู้นำตลอดจนการน้อมรับคำวิพากษ์วิจารณ์จากผู้อื่น

ทฤษฎีสรรคนิยม (Constructivist theory) เป็นแนวคิดที่อธิบายและค้นหาการเรียนรู้ของมนุษย์ (Fosnot, 1996: 9) ทฤษฎีนี้เป็นพื้นฐานแนวคิดในการพัฒนาการศึกษาด้านต่าง ๆ เช่น การพัฒนาแบบแผนการเรียนรู้ การเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ และมีอิทธิพลต่อการจัดกิจกรรมการเรียนที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ โดยมีรากฐานมาจากปรัชญาและจิตวิทยาการศึกษามากมาย สำหรับด้านปรัชญาการศึกษานั้น ทฤษฎีนี้มีแนวคิดสอดคล้องกับปรัชญาในกลุ่มปฏิบัตินิยม (Pragmatism) ที่เสนอโดย James และ Dewey โดย James (1975: 125) มีความเห็นว่า ความรู้เป็น ความสามารถในการปรับประสบการณ์หรือความเชื่อเดิมที่มีอยู่ให้เข้ากับประสบการณ์ใหม่ได้ด้วยวิธีการพิสูจน์ให้เห็นจริงได้และมีความสมเหตุสมผล (Process of verification and validation) เพื่อลดความขัดแย้งระหว่างความคิดของประสบการณ์เก่าและประสบการณ์ใหม่ ซึ่งแนวคิดตามปรัชญาปฏิบัตินิยมนั้นยอมรับประสบการณ์และข้อเท็จจริงที่ได้รับผ่านประสาทสัมผัส แต่ไม่ถือเอาประสาทสัมผัสเพียง

อย่างเดียวเป็นบ่อเกิดของความรู้ และไม่ใช่ประสบการณ์ทุกประสบการณ์จะเป็นความรู้ ความรู้จะเกิดเมื่อได้มีการไตร่ตรองประสบการณ์ที่ผ่านเข้ามาในชีวิต (Dewey, 1929: 29)

สำหรับรากฐานทางจิตวิทยา มาจากความเชื่อพื้นฐานที่แตกต่างกันในการสร้างความรู้ของนักจิตวิทยา 2 กลุ่ม คือ กลุ่มพุทธินิยม (Cognitive constructivism) มี Piaget (Piaget, 1985) และกลุ่มที่เน้นบริบททางสังคม (Social constructivism) จากทฤษฎีพัฒนาการเชาวน์ปัญญาของ Vygotsky โดยแนวคิดในกลุ่มพุทธินิยมนั้น Piaget อธิบายว่า พัฒนาการทางเชาวน์ปัญญาของบุคคลมีการปรับตัวโดยใช้กลไกพื้นฐาน 2 อย่าง คือ การดูดซึมเข้าสู่โครงสร้าง (Assimilation) และการปรับโครงสร้างทางปัญญา (Accommodation) (Sutherland, 1992: 52) พัฒนาการเกิดขึ้นเมื่อบุคคลรับและซึมซาบความรู้จากประสบการณ์ใหม่ แล้วสร้างความสัมพันธ์กับความรู้หรือโครงสร้างทางปัญญาเดิมที่มีอยู่ หากข้อมูลนั้นไม่สัมพันธ์กับโครงสร้างเดิมจะเกิดภาวะไม่สมดุลขึ้น บุคคลจะพยายามปรับสภาวะให้อยู่ในสมดุลโดยใช้วิธีการปรับโครงสร้างทางปัญญา

ทฤษฎีสรรคนิยมในกลุ่มพุทธินิยมสามารถใช้ในการจัดเรียนรู้ มีหลักสำคัญ 2 ประการ คือ

1. การเรียนรู้เป็นกระบวนการที่เกิดจากการลงมือทำ (Learning is active process) ค้นหาวิธีการแก้ปัญหาเพื่อสร้างประสบการณ์ตรง เป็นสิ่งจำเป็นต่อการดูดซึมข้อมูล เพื่อเปลี่ยนแปลงโครงสร้างทางปัญญา

2. การเรียนรู้ควรเป็นองค์รวม เน้นความจริงที่เกิดขึ้น (Learng should be whole, authentic, and real)

Vygotsky (1987: 19-24) ให้ความสำคัญกับสภาพการทางสังคมและวัฒนธรรม โดยอธิบายว่ามนุษย์ได้รับผลกระทบจากสภาพแวดล้อมตั้งแต่แรกเกิด ทั้งสิ่งแวดล้อมทางสังคมและทางธรรมชาติ ดังนั้นสถาบันในสังคมจึงมีอิทธิพลต่อการพัฒนาเชาวน์ปัญญาของบุคคล ผ่านการสนทนาแลกเปลี่ยนเรียนรู้ซึ่งกันและกัน โดยมีภาษาเป็นสื่อสำคัญสำคัญของการคิดและการพัฒนาเชาวน์ปัญญาขั้นสูง ส่วนการวัดและพัฒนาเชาวน์ปัญญานั้น Vygotskyได้อธิบายว่า ทุกคนมีระดับการพัฒนาการทางปัญญาที่ตัวเองเป็นอยู่และมีขั้นพัฒนาการที่ตัวเองมีความสามารถจะไปให้ถึงได้ เรียกว่า “Zone of Proximal Development (ZPD)” ซึ่งช่วงห่างนี้จะต่างกันในแต่ละคล นักเรียนบางคนอาจเรียนรู้ได้ด้วยตนเอง แต่บางคนต้องได้รับความช่วยเหลือจากครู (Scaffolding) เพื่อให้สามารถเรียนรู้ได้ดีขึ้น ดังนั้นการที่ครูรู้ความรู้พื้นฐานเดิมของผู้เรียนก่อนจัดกิจกรรมการเรียนรู้จึงเป็นเรื่องสำคัญ ซึ่งแนวคิดที่เกี่ยวกับความแตกต่างของระดับการพัฒนาการที่นักเรียนมีอยู่

กับพัฒนาการที่นักเรียนสามารถไปได้ถึงนั้น ส่งผลถึงการเปลี่ยนแนวคิดในการจัดการเรียนรู้ จากเดิมที่เคยมีลักษณะเป็นเส้นตรง (Linear) เปลี่ยนแปลงไปอยู่ในลักษณะที่เหลื่อมกัน โดยการจัดการเรียนรู้จะต้องนำหน้าระดับพัฒนาการเสมอ

ดังนั้น ทฤษฎีสรรคนิยม จึงเน้นองค์ประกอบ 4 ประการ (สำนักงานเลขาธิการ สภาการศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ, 2550: 11-12)

1. การเรียนรู้เน้นความสำคัญของความรู้พื้นฐานข้องผู้เรียน

2. เปิดโอกาสให้ผู้เรียนเป็นผู้แสดงความรู้และสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง

3. ผู้เรียนได้ฝึกปฏิบัติจริง สืบเสาะความรู้ด้วยตนเอง จนพบความรู้และรู้จักสิ่งที่ค้นพบ ได้เรียนรู้ วิเคราะห์ ศึกษา ค้นคว้าจนรู้แจ้ง

4. ผู้เรียนได้ฝึกทักษะการร่วมกันทำงานเป็นทีม อันเป็นพื้นฐานของการอยู่ร่วมกันในสังคมอย่างเป็นสุข

จะเห็นว่า แนวคิดของทฤษฎีสรรคนิยมที่กล่าวมาทำให้ครูจำเป็นที่จะต้องเปลี่ยนแปลงแนวคิดและเปลี่ยนบทบาทของตนเองจากการเป็นผู้ให้ความรู้และเป็นผู้ควบคุมชั้นเรียนไปเป็นผู้อำนวยความสะดวก (Facilitator) เพื่อช่วยให้ผู้เรียนเกิดการทบทวนข้อมูล ความคิดผ่านการเรียนรู้ที่มีคุณค่า โดยกระตุ้นให้ผู้เรียนได้แสดงความคิดเห็น อภิปรายความรู้ ประสบการณ์กับครูและเพื่อนร่วมชั้นผ่านการใช้คำถามปลายเปิด โดยใช้การเรียนรู้แบบร่วมมือ เพื่อให้เกิดปฏิสัมพันธ์ทางสังคมจนนำไปสู่การเรียนรู้ร่วมกัน เพื่อเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้มีการไตร่ตรองและสร้างความสัมพันธ์ของความคิดนั้น ๆ (Gore, 2001: 2) การถามและสนทนาร่วมกันทำให้ครูได้ทราบถึงพื้นฐานเดิมของผู้เรียน อันเป็นหลักสำคัญของการเรียนรู้ตามทฤษฎีนี้ ซึ่งจะเป็นประโยชน์ในการวางแผนการสอนต่อไป และสามารถกระตุ้นความสนใจให้กับผู้เรียนในการเรียนรู้หัวข้อนั้น ๆ (Tobin, 1993: 273) นอกจากนี้ ครูต้องเป็นผู้ให้กำลังใจและให้ความช่วยเหลือ เมื่อผู้เรียนทำผิดพลาดหรือเกิดปัญหาในการเรียน เป็นผู้สร้างแรงจูงใจให้ผู้เรียนเกิดอยากรู้ อยากเห็น และเปิดใจยอมรับว่าผู้เรียนทุกคนสามารถเรียนรู้ได้ตามศักยภาพของแต่ละบุคคล (Smith, 1994; Brooks, 1993: online) และพร้อมที่จะเป็นต้นแบบของคุณลักษณะของการเป็นผู้เรียนรู้ตลอดชีวิตให้กับผู้เรียน

สำหรับบทบาทของผู้เรียนตามทฤษฎีสรรคนิยม ผู้เรียนจะเปลี่ยนบทบาทจากการเป็นผู้รับข้อมูลความรู้จากครูมาเป็นผู้ที่สร้างข้อมูลจากการประมวลผลของข้อมูลใหม่กับข้อมูลเก่าผ่านกระบวนการดูดซึมและปรับโครงสร้างทางปัญญาด้วยตัวเอง การเรียนรู้จะเกิดขึ้นจากการลงมือปฏิบัติด้วยตนเองผ่านกระบวนการกลุ่มเพื่อแลกเปลี่ยนแนวคิด โต้แย้งจนเกิดการเรียนรู้ร่วมกัน

ทฤษฎีสรรคนิยม จึงเชื่อว่าการเรียนรู้เกิดขึ้นจากตัวผู้เรียน โดยความรู้นั้นเกิดจากกระบวนการดูดซึมประสบการณ์จากสิ่งแวดล้อมอันเนื่องมาจากการมีปฏิสัมพันธ์ทางสังคมที่ขัดแย้งกับประสบการณ์เดิมทำให้เกิดความไม่สมดุลทางปัญญาซึ่งนำไปสู่การสร้างความรู้ด้วยตนเอง ซึ่งเป็นพื้นฐานและประสบการณ์เดิมของผู้เรียน การจัดประสบการณ์ใหม่ที่สอดคล้องกับความสนใจของผู้เรียน ตลอดจนวิธีการจัดการเรียนรู้ที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนค้นหาความหมายของประสบการณ์เหล่านั้นด้วยตนเองผ่านการอภิปรายโดยใช้กระบวนการกลุ่ม โดยมีครูเป็นผู้อำนวยความสะดวกเพื่อฝึกให้ผู้เรียนลงมือปฏิบัติและทำกิจกรรมด้วยตนเองจนเกิดการเรียนรู้ ซึ่งสอดคล้องกับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา

2.1.2 แนวทางการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา

กฤษณพงศ์ กิติ ได้กล่าวในการประชุมวิชาการวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ในโรงเรียน ครั้งที่ 22 ว่า ทักษะในศตวรรษที่ 21 ที่เด็กไทยควรมี ได้แก่ ความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม การสื่อสารและการทำงานเป็นทีม ความเชี่ยวชาญในสืบค้นข้อมูล การคิดวิพากษ์ การแก้ปัญหา การตัดสินใจ และเป็นพลเมืองดิจิทัล (Digital Citizenship) รวมทั้งความสามารถในการใช้เทคโนโลยี “เรากำลังเตรียมนักเรียนเพื่องานและอาชีพที่ยังไม่มีในปัจจุบัน เพื่อใช้เทคโนโลยีที่ยังไม่ได้ประดิษฐ์ขึ้น เพื่อจะแก้ปัญหาที่เรายังไม่รู้ปัญหา หรือปัญหาที่ยังไม่เกิดขึ้น การเปลี่ยนแปลงที่รวดเร็วมากทำให้การหาข้อมูลความรู้และการใช้ชีวิตเปลี่ยนไป และจะต้องมีการปรับระบบการศึกษาเพื่อรับมือกับความเปลี่ยนแปลง” การจัดการเรียนรู้ที่เกี่ยวข้องกับสะเต็มศึกษา สามารถเชื่อมโยงจากโจทย์จริงในชีวิต “ในการพัฒนาประเทศไทย คนไทยจะต้องมีความเข้าใจวิทยาศาสตร์เพื่อเป็นฐานความรู้สำหรับการดำรงชีวิตประจำวัน สร้างสังคมให้มีเหตุผล มีการคิดวิเคราะห์เพื่อแก้ปัญหา และมีการใช้ความรู้ต่อยอดไปเพื่อสร้างความเข้มแข็งทางเศรษฐกิจ”

ประเทศไทยจำเป็นที่จะต้องปรับเปลี่ยนวิธีการเรียนวิทยาศาสตร์ เพราะนักเรียนที่สนใจเรียนในสาขาวิทยาศาสตร์น้อยลง เนื่องจากเป็นวิชาที่ยาก แต่สาขาศิลปศาสตร์เรียนได้ง่ายกว่า งานด้านวิทยาศาสตร์หายากกว่า ได้ค่าตอบแทนน้อยกว่างานด้านอื่น ๆ เช่น บันเทิง ธุรกิจ ท่องเที่ยว แฟชั่น หรือการกีฬา เหตุผลหลักที่ประเทศไทยต้องเปลี่ยนวิธีการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์มาเป็นสะเต็มศึกษามีดังต่อไปนี้

1) ความรู้ความสามารถด้านวิทยาศาสตร์ของเยาวชนไทยยังด้อยกว่านานาชาติซึ่งจากการทดสอบขั้นพื้นฐานระดับชาติ (O-NET) และทดสอบความรู้ทักษะด้านการอ่านวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ โดย PISA และ สถาบันส่งเสริมการสอนคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์ระหว่าง

ประเทศ (Trend in Internationnal Mathamatics and Science Study หรือ TIMSS) ผลการทดสอบบ่งชี้ว่าการศึกษาวิทยาศาสตร์ และคณิตศาสตร์ในระดับโรงเรียนมีคุณภาพต่ำโดยเฉลี่ย (สสวท., 2558: ออนไลน์) แสดงให้เห็นว่าเยาวชนไทยยังแพ้เยาวชนอีกหลายประเทศ สาเหตุหลักเกิดจากการท่องจำ แต่ขาดทักษะการคิดวิเคราะห์และสังเคราะห์

2) ประเทศไทยต้องการหลุดพ้นจากการเป็นประเทศที่มีรายได้ปานกลาง ดังนั้นไทยจะต้องเพิ่มศักยภาพในการแข่งขัน ความสามารถด้านวิทยาศาสตร์ และทักษะในการสร้างนวัตกรรมเป็นสิ่งที่คนรุ่นใหม่จำเป็นต้องได้รับการพัฒนา

3) จำนวนผู้เรียนสายวิทยาศาสตร์ลดลงในทุกระดับ (สสวท., 2558: ออนไลน์) ส่งผลให้กำลังคนด้านวิทยาศาสตร์ไม่สามารถรองรับการแข่งขันในอนาคต ข้อมูลจากสำนักงานคณะกรรมการนโยบายวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและนวัตกรรมแห่งชาติแสดงว่า ในปี 2554 ประเทศไทยมีกำลังแรงงาน 39 ล้านคน แต่มีเพียง 3 ล้านคน หรือต่ำกว่าร้อยละ 10 ของแรงงานทั้งหมด ที่เป็นกำลังคนที่ทำงานโดยอาศัยความรู้และทักษะด้านวิทยาศาสตร์ในจำนวนนี้ร้อยละ 89 สำเร็จการศึกษาต่ำกว่าปริญญาตรี (มนตรี จุฬาวัฒนฑล, 2556: 15-16)

การพัฒนากำลังคนที่ไม่เพียงแต่มีความรู้และทักษะด้านวิทยาศาสตร์ และคณิตศาสตร์ แต่สามารถประยุกต์ใช้ความรู้ดังกล่าวในการดำรงชีวิตประจำวันและการประกอบอาชีพ อีกทั้งมีทักษะพร้อมสำหรับโลกในศตวรรษที่ 21 กล่าวคือ เป็นผู้มีทักษะด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม ทักษะด้านสารสนเทศ ทักษะด้านชีวิตและอาชีพ ซึ่งทักษะต่าง ๆ เหล่านี้ เป็นสิ่งจำเป็นในการส่งเสริมการทำงานและประกอบอาชีพ อีกทั้งยังเป็นทักษะที่ช่วยเสริมสร้างให้เป็นผู้มีความคิดสร้างสรรค์และสร้างนวัตกรรมเพื่อเพิ่มมูลค่าของผลผลิต

ในการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยีนั้น มีจุดมุ่งหมายหลักในการพัฒนาผู้เรียนให้เป็นผู้รู้วิทยาศาสตร์ (science literate) ผู้รู้คณิตศาสตร์ (math literate) และผู้รู้เทคโนโลยี (technology literate) ซึ่งจุดมุ่งหมายของการเรียนรู้ในวิชาการที่เกี่ยวข้องกับสะเต็มศึกษา ประกอบด้วย (สสวท., 2559: ออนไลน์)

1) จุดมุ่งหมายของการสอนวิทยาศาสตร์ คือ การพัฒนาให้ผู้เรียนมีความรู้ ความเข้าใจเกี่ยวกับเนื้อหาอันได้แก่ หลักการ กฎ และทฤษฎี โดยสามารถสร้างความสัมพันธ์เกี่ยวเนื่องของเนื้อหาระหว่างสาระวิชา และมีทักษะในการปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ มีทักษะการคิดที่เป็นเหตุเป็นผล สามารถค้นหาความรู้และแก้ปัญหาอย่างเป็นลำดับขั้นตอน แล้วตัดสินใจบนพื้นฐานข้อมูลที่หลากหลายและมีหลักฐานตรวจสอบได้

2) จุดมุ่งหมายของการสอนคณิตศาสตร์ คือการพัฒนาผู้เรียนให้สามารถวิเคราะห์ให้เหตุผลและการประยุกต์แนวคิดทางคณิตศาสตร์ เพื่ออธิบายหรือทำนายปรากฏการณ์ต่าง ๆ ภายใต้บริบทที่แตกต่างกันรวมถึงสามารถใช้คณิตศาสตร์ช่วยในการวินิจฉัยและการตัดสินใจที่ดี

3) จุดมุ่งหมายของการสอนเทคโนโลยี คือ การพัฒนาให้ผู้เรียนเข้าใจ และสามารถในการใช้งาน จัดการ และเข้าถึงเทคโนโลยี อันได้แก่ กระบวนการหรือสิ่งประดิษฐ์ที่สร้างขึ้นเพื่ออำนวยความสะดวกแก่มนุษย์

4) จุดมุ่งหมายของการสอนวิศวกรรมศาสตร์ คือ การพัฒนาให้ผู้เรียนมีทักษะในออกแบบและสร้างเทคโนโลยีโดยประยุกต์ใช้ความรู้วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยีที่มีอยู่อย่างคุ้มค่า

สำหรับจุดมุ่งหมายของการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาที่เกี่ยวข้องกับผู้เรียนและผู้สอน ประกอบด้วย (สสวท., 2557: 4)

1) ผู้เรียนมีทักษะการคิดวิเคราะห์ คิดสร้างสรรค์ แก้ปัญหาในชีวิตจริงและสร้างนวัตกรรมที่ใช้สะเต็มเป็นพื้นฐาน

2) ผู้เรียนเรียนรู้อย่างมีความสุข และมองเห็นเส้นทางอาชีพในอนาคต

3) ผลสัมฤทธิ์ในการเรียนวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยีสูงขึ้น

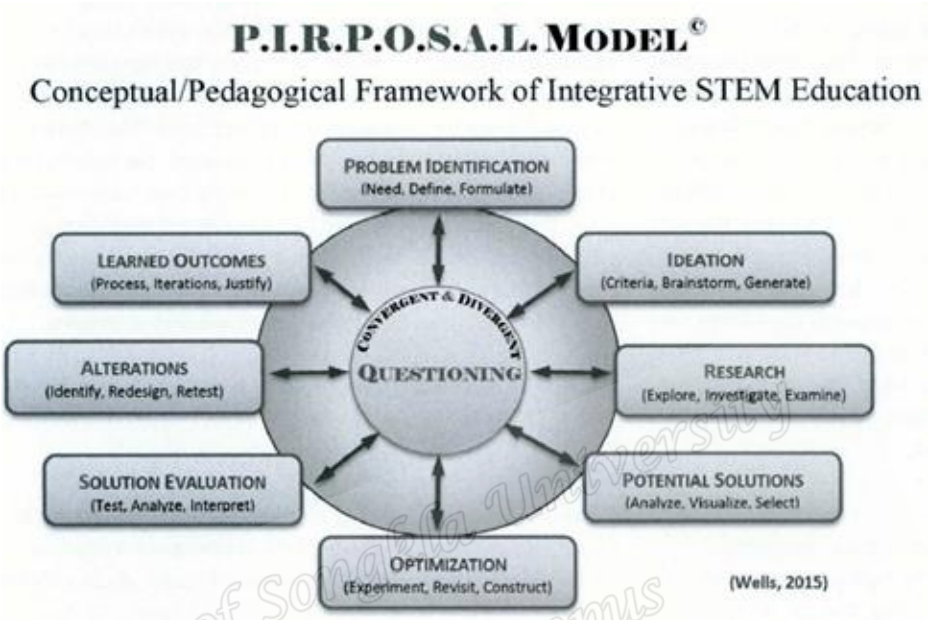
4) เพิ่มพูนโอกาสให้ผู้เรียนได้เรียนรู้วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี ในบริบทที่หลากหลาย มีความหมายและเชื่อมโยงกับชีวิตจริง

การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาจึงเป็นการจัดการเรียนรู้เพื่อตอบสนองความต้องการของการพัฒนาทรัพยากรมนุษย์ที่มีความสามารถทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี อีกทั้งยังเป็นการเรียนรู้ที่ช่วยให้ผู้เรียนเกิดทักษะทางด้านความรู้ควบคู่ไปกับทักษะชีวิตต่อไป

สะเต็มศึกษาเป็นแนวทางการจัดการเรียนรู้รูปแบบหนึ่งที่มีส่วนคล้ายกับกระบวนการเรียนรู้แบบสืบเสาะ (Inquiry Approaches) ที่ผู้เรียนต้องค้นหาและสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง ซึ่งคล้ายกับหาความรู้ของนักวิทยาศาสตร์ในขณะที่ครูหรือผู้สอนนั้น ทำหน้าที่เป็นผู้อำนวยความสะดวก (facilitator) และการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานในแง่ของการประยุกต์ความรู้มาใช้ในการแก้ปัญหาหรือสร้างนวัตกรรมใหม่ แต่จุดต่างคือ สะเต็มศึกษา จะเน้นการบูรณาการหลักการและศาสตร์ความรู้จาก 4 สาขา คือ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์เข้าด้วยกัน (สนธิ พลชัยยา, 2557: 7)

Prince of Songkla University Pattani Campus

Wells (2016: 15) ได้เสนอรูปแบบจากจัดการเรียนรู้โดยใช้สะเต็มศึกษา ชื่อว่า PIRPOSAL MODEL ซึ่งเป็นรูปแบบที่ผู้เรียนเริ่มต้นการทำงาน ไปสู่การแก้ปัญหาผ่านการออกแบบทางวิศวกรรม กระบวนการออกแบบขึ้นอยู่กับการออกแบบคำถาม การอภิปรายเริ่มต้นด้วยการตั้งคำถาม ตามมาด้วยวิธีการแนะนำนักเรียนผ่าน 8 ขั้นตอนของการออกแบบ ดังแผนภาพ



ภาพประกอบ 2 รูปแบบ PIRPOSAL ที่ได้จากการบูรณาการสะเต็มศึกษา

ที่มา: Wells, 2016: 15

แกนกลางคำถาม (Centrality of Questioning)

คำถามที่เกิดขึ้นแสดงให้เห็นถึงความต้องการความรู้ใหม่อันจะนำไปสู่การออกแบบกระบวนการ คำถามเกิดจากความรู้ที่มีอยู่จากการคิดที่สัมพันธ์กันกับความพยายามของผู้เรียนที่จะทำ เพื่อพิสูจน์ความจริง การสังเคราะห์ความรู้ให้เป็นองค์ความรู้ โดยนักเรียนจะเริ่มต้นด้วย คำถาม ว่า “อะไร....ถ้า”

ขั้นของ PIRPOSAL มีขั้นตอนดังนี้

ขั้นที่ 1 ระบุปัญหา (Problem Identification Phase)

ขั้นที่ 2 ระดมความคิด (Ideation Phase)

ขึ้นที่ 3 ค้นคว้า (Research Phase)

ขั้นที่ 4 การแก้ปัญหา (Potential Solutions Phase)

ขั้นที่ 5 การเพิ่มประสิทธิภาพ (Optimization Phase)

ขั้นที่ 6 ประเมินการแก้ปัญหา (Solution Evaluation Phase)

ขั้นที่ 7 ปรับปรุง (Alterations Phase)

ขั้นที่ 8 เรียนรู้ผลลัพธ์ (Learned Outcomes Phase)

Charles (2016: 33) ได้เสนอรูปแบบการเรียนรู้โดยใช้สะเต็มศึกษาร่วมกับกระบวนการแก้ปัญหา 7 ขั้นตอน ดังนี้

1. ระบุปัญหา (Identify)
2. จำกัดความปัญหา (Define)
3. เรียนรู้ปัญหา (Document)
4. ความเข้าใจปัญหา (Understand)
5. สร้างสรรค์การแก้ปัญหา (Research/Create)
6. ดำเนินการปฏิบัติแก้ปัญหา (Implement)
7. สื่อสารการแก้ปัญหา (Communicate)

ความเชื่อมโยงระหว่าง STEM กับ 4 องค์ประกอบของการแก้ปัญหาทั้งหมดเป็นดังนี้

วิยาศาสตร์ เป็นการนำเสนอ โดยใช้คำถาม “ทำไม” (Why) นำไปสู่การค้นพบทฤษฎี (theory)

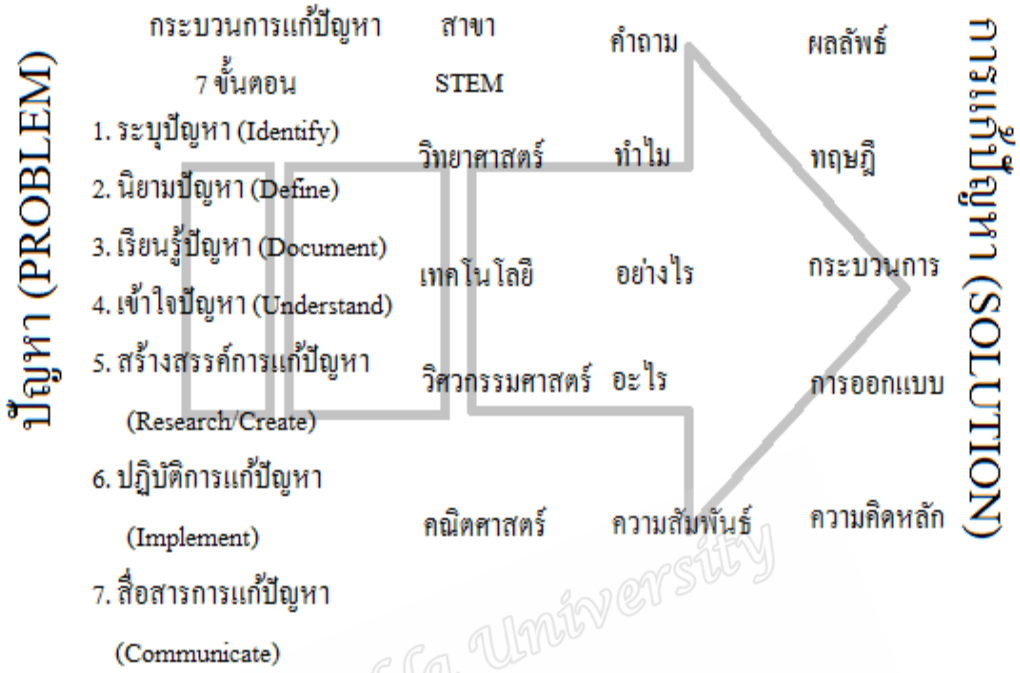
เทคโนโลยีเป็นการอธิบาย โดยใช้คำถาม “อย่างไร” (How) นำไปสู่กระบวนการ (process) ในการแก้ปัญหา

วิศวกรรมศาสตร์ เป็นการกำหนด โดยใช้คำถาม “อะไร” (What) นำไปสู่การออกแบบ (desing)

คณิตศาสตร์ เป็นการแสดงให้เห็น ความสัมพันธ์ (relationships) นำไปสู่ความคิดหลัก (concept)

Prince of Songkla University Pattani Campus

โดยสามารถสรุปได้ตามภาพประกอบ 3 ดังนี้



ภาพประกอบ 3 กระบวนการแก้ปัญหา ร่วมกับ แนวคิดสะเต็ม ที่ใช้ตอบคำถามพื้นฐานเพื่อนำไปสู่คำตอบของปัญหา

ที่มา : Charles, 2016: 33

สภาวิจัยแห่งประเทศสหรัฐอเมริกา (The NationalResearch Council: NRC) ได้ให้ความหมายของวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี พร้อมทั้งเปรียบเทียบทักษะของศาสตร์ทั้งสองกับทักษะทางวิทยาศาสตร์ไว้ดังตารางที่ 2

ตาราง 2 เปรียบเทียบแนวปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์ วิศวกรรมศาสตร์ เทคโนโลยีและคณิตศาสตร์

วิทยาศาสตร์	**วิศวกรรมศาสตร์**	**เทคโนโลยี**	**คณิตศาสตร์**
ตั้งคำถาม (เพื่อเข้าใจธรรมชาติ)	นิยามปัญหา (เพื่อพัฒนาคุณภาพชีวิต)	ตระหนักถึงบทบาทของเทคโนโลยีต่อสังคม	ทำความเข้าใจและพยายามแก้ปัญหา
พัฒนาและใช้โมเดล	พัฒนาและใช้โมเดล		ใช้คณิตศาสตร์ในการสร้างโมเดล
ออกแบบและลงมือทำการค้นคว้า วิจัย	ออกแบบและลงมือทำการค้นคว้า วิจัย	เรียนรู้วิธีการใช้งานเทคโนโลยีใหม่ ๆ	ใช้เครื่องมือที่เหมาะสมในการ

Prince of Songkla University Pattani Campus

วิทยาศาสตร์	วิศวกรรมศาสตร์	เทคโนโลยี	คณิตศาสตร์
ทดลอง	ทดลอง		แก้ปัญหา
วิเคราะห์ข้อมูล	วิเคราะห์ข้อมูล		ให้ความสำคัญกับความแม่นยำ
ใช้คณิตศาสตร์ ช่วยในการคำนวณ	ใช้คณิตศาสตร์ ช่วยในการคำนวณ	เข้าใจบทบาทของเทคโนโลยีในการพัฒนาด้านวิทยาศาสตร์ และวิศวกรรม	ใช้ตัวเลขในการให้ความหมายหรือเหตุผล
สร้างคำอธิบาย	ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา		พยายามหาวิธีการและใช้โครงงานในการแก้ปัญหา
ใช้หลักฐานในการยืนยันแนวคิด	ใช้หลักฐานในการยืนยันแนวคิด	ตัดสินใจเลือกใช้เทคโนโลยีโดยพิจารณาถึงผลกระทบต่อสังคมและสิ่งแวดล้อม	สร้างข้อโต้แย้งและสามารถวิพากษ์การให้เหตุผลของผู้อื่น
ประเมินและสื่อสารแนวคิด	ประเมินและสื่อสารแนวคิด		มองหาและนำเสนอระเบียบวิธีในการเหตุผล

ที่มา: Vasquez, Sneider, and Comer., 2013: 38.

จากตาราง 2 แนวปฏิบัติ (practice) ทางวิทยาศาสตร์มีกระบวนการส่วนใหญ่เหมือนกับแนวปฏิบัติทางวิศวกรรมศาสตร์ กล่าวคือ ทั้งสองศาสตร์มีการพัฒนาและใช้โมเดลในการดำเนินงาน มีการออกแบบและลงมือค้นคว้าวิจัยเพื่อรวบรวมข้อมูล และวิเคราะห์ข้อมูลดังกล่าว ทั้งวิทยาศาสตร์ และวิศวกรรมศาสตร์ต้องการความรู้ทางคณิตศาสตร์ในการคำนวณ นอกจากนี้ ทั้งนักวิทยาศาสตร์และวิศวกรมีการใช้หลักฐานในการยืนยันแนวคิดซึ่งอาจเป็นคำตอบของข้อสงสัยเกี่ยวกับธรรมชาติหรือปัญหา และสุดท้ายต้องมีการประเมินและสื่อสารแนวคิดดังกล่าว

อย่างไรก็ตาม แนวปฏิบัติทั้งสองมีความแตกต่างกันอยู่ 2 ประการ คือ

1) ในขณะที่วิชาวิทยาศาสตร์พยายามตั้งคำถามเพื่อเรียนรู้และทำความเข้าใจธรรมชาติ วิศวกรรมศาสตร์พยายามนิยามปัญหาซึ่งเกิดจากความไม่พอใจและต้องการพัฒนาคุณภาพชีวิตของมนุษย์

Prince of Songkla University Pattani Campus

2) ผลลัพธ์ของการทำงานทางวิทยาศาสตร์ คือการสร้างคำอธิบายเพื่อตอบข้อสงสัยเกี่ยวกับธรรมชาติ ในขณะที่ผลลัพธ์ของการทำงานทางวิศวกรรมศาสตร์คือวิธีการแก้ปัญหาเพื่อพัฒนาคุณภาพชีวิตของมนุษย์ และวิธีการดังกล่าวจะนำมาซึ่งผลผลิตที่เป็นเทคโนโลยีใหม่หรือนวัตกรรม

กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมประกอบด้วย 6 ขั้นตอน (สสวท., 2559: ออนไลน์) ได้แก่

1. ระบุปัญหา (Problem Identification) ขั้นตอนนี้เริ่มจากผู้แก้ปัญหาตระหนักถึงสิ่งที่เป็นปัญหาในชีวิตประจำวันและจำเป็นต้องหาวิธีการหรือสร้างสิ่งประดิษฐ์ (Innovation) เพื่อแก้ไขปัญหา ซึ่งในการแก้ปัญหาในชีวิตจริงบางครั้งคำถามหรือปัญหาที่เราระบุอาจประกอบด้วยปัญหาย่อย การระบุปัญหาผู้แก้ปัญหาจึงต้องพิจารณาปัญหาหรือกิจกรรมย่อยที่ต้องเกิดขึ้นเพื่อประกอบเป็นวิธีการในการแก้ปัญหาใหญ่ด้วย

2. รวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา (Related Information Search) หลังจากผู้แก้ปัญหาทำความเข้าใจปัญหาและระบุปัญหาย่อยได้แล้ว ขั้นต่อไปคือการรวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหาดังกล่าว การค้นหาแนวคิดที่เกี่ยวข้องผู้แก้ปัญหาอาจมีการดำเนินการ ดังนี้ 1) การรวบรวมข้อมูล คือการสืบค้นว่าเคยมีใครหาวิธีแก้ปัญหาดังกล่าวนี้แล้วหรือไม่ และหากมีเขาแก้ปัญหาอย่างไร และมีข้อเสนอแนะใดบ้าง 2) การค้นหาแนวคิด คือการค้นหาแนวคิดหรือความรู้ทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ หรือเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องและสามารถประยุกต์ในการแก้ปัญหาได้ ในขั้นตอนนี้ ผู้แก้ปัญหาควรพิจารณาแนวคิดหรือความรู้ทั้งหมดที่สามารถใช้แก้ปัญหาและจดบันทึกแนวคิดไว้เป็นทางเลือก และหลังจากการรวบรวมแนวคิดเหล่านั้นแล้วจึงประเมินแนวคิดเหล่านั้น โดยพิจารณาถึงความเป็นไปได้ ความคุ้มทุน ข้อดีและข้อด้อย และความเหมาะสมกับเงื่อนไขและขอบเขตของปัญหา แล้วจึงเลือกแนวคิดหรือวิธีการที่เหมาะสมที่สุด

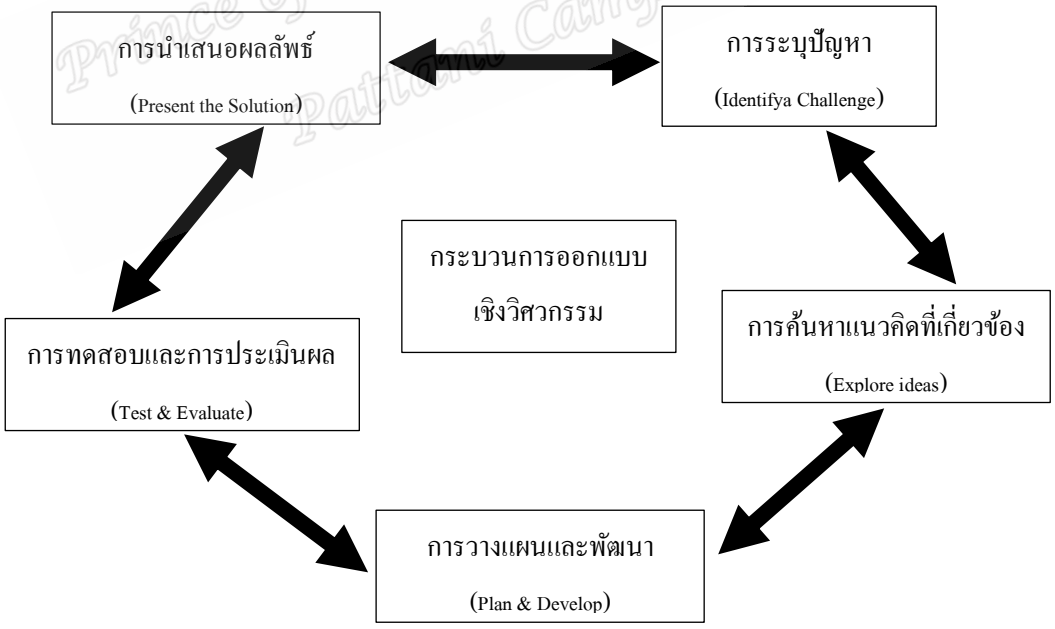
3. ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา (Solution Design) หลังจากเลือกแนวคิดที่เหมาะสมในการแก้ปัญหาแล้วขั้นตอนต่อไป คือ การนำความรู้ที่ได้รวบรวมมาประยุกต์เพื่อออกแบบวิธีการกำหนดองค์ประกอบของวิธีการหรือผลผลิต ทั้งนี้ ผู้แก้ปัญหาต้องอ้างอิงถึงความรู้วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยีที่รวบรวมได้ ประเมิน ตัดสินใจเลือกและใช้ความรู้ที่ได้มาในการสร้างภาพร่างหรือกำหนดเค้าโครงของวิธีการแก้ปัญหา

4. วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา (Planning and Development) หลังจากที่ได้ออกแบบวิธีการและกำหนดเค้าโครงของวิธีการแก้ปัญหาแล้ว ขั้นตอนต่อไปคือการพัฒนาต้นแบบ (Prototype) ของสิ่งที่ได้ออกแบบไว้ในขั้นตอนนี้ ผู้แก้ปัญหาต้องกำหนดขั้นตอนย่อยในการทำงาน รวมทั้งกำหนดเป้าหมายและระยะเวลาในการดำเนินการแต่ละขั้นตอนย่อยให้ชัดเจน

5. ทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน (Testing, Evaluation and Design Improvement) เป็นขั้นตอนทดสอบและประเมินการใช้งานต้นแบบเพื่อแก้ปัญหา ผลจากการทดสอบและประเมินอาจถูกนำมาใช้ในการแก้ไขและพัฒนาผลลัพธ์ให้สามารถแก้ปัญหาได้ดีขึ้น การทดสอบและประเมินผลสามารถเกิดขึ้นได้หลายครั้งในกระบวนการแก้ปัญหา

6. นำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน (Presentation) หลังจากปรับปรุงทดสอบและประเมินวิธีการแก้ปัญหาหรือผลลัพธ์จนมีประสิทธิภาพตามที่ต้องการแล้ว ผู้แก้ปัญหาต้องนำเสนอผลลัพธ์ต่อสาธารณชน โดยต้องออกแบบวิธีการนำเสนอข้อมูลที่เข้าใจง่ายและน่าสนใจ

Prince of Songkla University Pattani Campus



ภาพประกอบ 4 การออกแบบเชิงวิศวกรรม

ที่มา : สสวท. ออนไลน์ http://www.stemedthailand.org

การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาตามแนวคิดของสมาคมนักศึกษาด้านเทคโนโลยีและวิศวกรรมนานาชาติ จากการประชุมครั้งที่ 76 (76th ITEEA) สรุปได้ว่า การจัดการศึกษาตามรูปแบบสะเต็มศึกษาของสมาคมนักการศึกษาทางด้านเทคโนโลยีและวิศวกรรมพบว่าไม่ได้มีรูปแบบหรือแนวทางที่จำกัดตายตัว มีแต่เป้าหมายหลักคือ เพื่อส่งเสริมการพัฒนาการเรียนรู้ด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยีและวิศวกรรมศาสตร์ที่บูรณาการให้เชื่อมโยงกับชีวิตจริง มุ่งเน้นการแก้ปัญหา การออกแบบผ่านกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม ซึ่งมีอยู่หลายรูปแบบ แต่มีแนวคิดหลัก ๆ คือ 1) กำหนดปัญหาหรือความต้องการ 2) ศึกษาแนวทางแก้ปัญหา 3) ออกแบบและลงมือปฏิบัติ 4) ประเมินผลแล้วจึงนำเสนอผลงาน และนอกจากนี้ สะเต็มศึกษายังมุ่งฝึกทักษะสำคัญในศตวรรษที่ 21 และเพื่อสร้างกำลังคนด้านสะเต็ม หรือเรียกว่า STEM workforce นั่นเอง (อภิสิทธิ์ ธงไชย, 2557: 56)

คณะกรรมการพัฒนาหลักสูตรและคณะกรรมการขับเคลื่อนการจัดการเรียนการสอนสะเต็มในสถานศึกษา (สสวท., 2559: ออนไลน์) ได้มีการกำหนดขั้นตอนของกิจกรรมเรียนรู้ 6 ขั้นตอน ในรูปแบบของสะเต็มศึกษา ได้แก่

ขั้นที่ 1 ระบุปัญหาในชีวิตจริง/นวัตกรรมที่ต้องการพัฒนา (Problem Identification) เป็นการทำความเข้าใจปัญหาหรือความท้าทาย วิเคราะห์เงื่อนไขหรือข้อจำกัดของสถานการณ์ปัญหา เพื่อกำหนดขอบเขตของปัญหา ซึ่งจะนำไปสู่การสร้างชิ้นงานหรือวิธีการในการแก้ปัญหา

ขั้นที่ 2 รวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้อง (Related Information Search)เป็นการรวบรวมข้อมูลและแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับแนวทางการแก้ปัญหาและประเมินความเป็นไปได้ ข้อดีและข้อจำกัด

ขั้นที่ 3 ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา (Solution Design) เป็นการประยุกต์ใช้ข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องเพื่อการออกแบบชิ้นงานหรือวิธีการในการแก้ปัญหา โดยคำนึงถึงทรัพยากร ข้อจำกัดและเงื่อนไขตามสถานการณ์ที่กำหนด

ขั้นที่ 4 วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา (Planning and Development) เป็นการกำหนดลำดับขั้นตอนของการสร้างชิ้นงานหรือวิธีการ แล้วลงมือสร้างชิ้นงานหรือพัฒนาวิธีการเพื่อใช้ในการแก้ปัญหา

Prince of Songkla University Pattani Campus

ขั้นที่ 5 ทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุง (Testing, Evaluation and Design Improvement) เป็นการทดสอบและประเมินการใช้งานของชิ้นงานหรือวิธีการ โดยผลที่ได้อาจนำมาใช้ในการปรับปรุงและพัฒนาให้มีประสิทธิภาพในการแก้ปัญหาได้อย่างเหมาะสมที่สุด

ขั้นที่ 6 นำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหา หรือผลการพัฒนานวัตกรรม (Presentation) เป็นการนำเสนอแนวคิดและขั้นตอนการแก้ปัญหาของการสร้างชิ้นงานหรือการพัฒนาวิธีการ ให้ผู้อื่นเข้าใจและได้ข้อเสนอแนะเพื่อการพัฒนาต่อไป

การจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษา เป็นวิธีการรียนรู้ที่มีนักเรียนเป็นศูนย์กลาง (student-centred approach) เพื่อส่งเสริมการมีส่วนร่วมในหลายสาขาวิชาโดยการบูรณาการความรู้ไปสู่การแก้ปัญหาโดยการสร้างนวัตกรรม อันจะทำให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้อย่างมีความหมายและเห็นคุณค่าของการเรียน

วิธีการศึกษาแบบสะเต็มศึกษาที่จัดให้นักเรียน ในการเรียนเรื่องไฟฟ้าเคมีนั้น ผู้วิจัยใช้กระบวนการเรียนรู้ 8 ขั้นตอน ซึ่งสังเคราะห์ได้ดังนี้

ตาราง 3 สังเคราะห์ขั้นตอนการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา

สมาคมนักศึกษาด้านเทคโนโลยีและวิศวกรรมนานาชาติ (ITEEA)	**กระบวนการทางวิศวกรรม**	**คณะกรรมพัฒนาหลักสูตรและคณะกรรมการขับเคลื่อนการจัดการเรียนการสอนสะเต็มในสถานศึกษา**	**ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาที่ผู้วิจัยสังเคราะห์**
กำหนดปัญหา	การระบุปัญหา	ระบุปัญหาในชีวิตจริงหรือนวัตกรรมที่ต้องการพัฒนา	เชื่อมโยงและระบุปัญหาในชีวิตจริง
			ระบุสิ่งที่จำเป็นต้องเรียนรู้เพื่อแก้ปัญหา
ศึกษาแนวทางแก้ปัญหา	การค้นหาแนวคิดที่เกี่ยวข้อง	รวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้อง	รวบรวมข้อมูล แนวคิดที่เกี่ยวข้องและสะท้อนความคิดความเข้าใจ
ออกแบบและลงมือปฏิบัติ	การวางแผนและพัฒนา	ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา	วางแผนและออกแบบวิธีการแก้ปัญหา

สมาคมนักศึกษาด้านเทคโนโลยีและวิศวกรรมนานาชาติ (ITEEA)	**กระบวนการทางวิศวกรรม**	**คณะกรรมพัฒนาหลักสูตรและคณะกรรมการขับเคลื่อนการจัดการเรียนการสอนสะเต็มในสถานศึกษา**	**ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาที่ผู้วิจัยสังเคราะห์**
		วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา	ดำเนินการแก้ปัญหา
ประเมินผล	การทดสอบและการประเมินผล	ทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุง	ทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุง
	การนำเสนอผลลัพธ์	นำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหา หรือผลการพัฒนานวัตกรรม	นำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหา หรือผลการพัฒนานวัตกรรม
			เชื่อมโยงการแก้ปัญหาไปยังสถานการณ์อื่น

Prince of Songkla University Pattani Campus

จากการสังเคราะห์ขั้นตอนการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษานั้น ผู้วิจัยได้สังเคราะห์ จากขั้นตอนการเรียนรู้ของสมาคมนักศึกษาด้านเทคโนโลยีและวิศวกรรมนานาชาติ จากขั้นตอนการแก้ปัญหาผ่านกระบวนการทางวิศวกรรม และจากขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ของคณะกรรมการพัฒนาหลักสูตรและคณะกรรมการขับเคลื่อนการจัดการเรียนการสอนสะเต็มในสถานศึกษา ซึ่งจากการวิเคราะห์พบว่าการจัดการเรียนรู้ทั้งสามรูปแบบนั้นคล้ายกัน แต่จากการวิเคราะห์ผู้วิจัยมีความคิดเห็นว่า ควรเพิ่มขั้นที่ 2 คือ ระบุสิ่งที่จำเป็นต้องเรียนรู้เพื่อแก้ปัญหา เพื่อต้องการให้นักเรียนระบุสิ่งที่ต้องเรียนรู้แล้วสร้างขอบเขตของการค้นหาข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องในขั้นที่ 3 เพื่อให้นักเรียนค้นหาข้อมูลได้กระชับเร็วขึ้นและไม่หลงประเด็น ส่วนในขั้นที่ 8 คือ ขั้นเชื่อมโยงการแก้ปัญหาไปยังสถานการณ์อื่น เป็นขั้นที่ผู้วิจัยเพิ่มขึ้นมาเพื่อทดสอบการแก้ปัญหา เมื่อพบเจอในสถานการณ์ใหม่ที่แตกต่างจากที่เคยเรียนเพื่อดูความสามารถในการใช้ความรู้และความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียน

ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาที่ผู้วิจัยสังเคราะห์ ดังนี้

1. เชื่อมโยงและระบุปัญหาในชีวิตจริง

นักเรียนแต่ละกลุ่มทัศนศึกษาแหล่งเรียนรู้ในชุมชน และศึกษาใบความรู้เกี่ยวกับท้องถิ่น เพื่อให้ผู้เรียนวิเคราะห์ถึงประเด็นปัญหาและเงื่อนไขต่าง ๆ จากข้อมูล หรือเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นในชีวิตจริงพร้อมเชื่อมโยงสู่การเรียนรู้ในชั้นเรียน

2. ระบุสิ่งที่จำเป็นต้องเรียนรู้เพื่อแก้ปัญหา

นักเรียนร่วมกันวิเคราะห์ปัญหาที่พบในชีวิตจริง โดยวิเคราะห์ว่าจะใช้ความรู้ในเรื่องใดบ้างในการแก้ไขปัญหาแล้วระบุสิ่งที่ต้องเรียนรู้ว่ามีอะไรบ้าง เพื่อทำการวางแผนการหาข้อมูลพื้นฐานที่จะใช้ในแก้ปัญหา

3. รวบรวมข้อมูล แนวคิดที่เกี่ยวข้อง และสะท้อนความคิดความเข้าใจ

เป็นขั้นที่นักเรียนต้องรวบรวมข้อมูลต่าง ๆ ที่จำเป็นสำหรับการแก้ไขปัญหา หรือสถานการณ์ตามเงื่อนไขที่กำหนด โดยนักเรียนร่วมกันค้นหาข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องที่ละเรื่องตามที่นักเรียนระบุไว้ ด้วยการสืบค้นและทำการทดลอง เพื่อประกอบการตัดสินใจใช้สารเคมีและอุปกรณ์ ที่จะใช้ในการแก้ปัญหาและต้องสรุปองค์ความรู้นั้นเอง พร้อมบอกเหตุผลประกอบด้วยตัวของผู้เรียนเองทั้งหมด แล้วสะท้อนความคิดความเข้าใจโดยมีครูเป็นผู้คอยให้คำแนะนำ

4. วางแผนและออกแบบวิธีการแก้ปัญหา

ผู้เรียนช่วยกันระดมความคิด วางแผน วาดรูป และแสดงชิ้นงานที่ออกแบบไว้ ซึ่งการที่ผู้เรียนสามารถวาดรูปออกแบบชิ้นงานออกมาได้จะแสดงถึงการได้ผ่านกระบวนการคิดเป็นลำดับขั้นมาก่อนแล้วเพื่อนำไปสู่การสร้างชิ้นงานและปฏิบัติจริงแล้วนำเสนอวิธีแก้ปัญหาหน้าชั้นเรียนพร้อมระบุวัสดุอุปกรณ์ และสารเคมีที่จะต้องใช้

5. ดำเนินการแก้ปัญหา

นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันใช้อุปกรณ์และสารเคมีที่เตรียมไว้ดำเนินการสร้างนวัตกรรม ตามแผนที่วางไว้

6. ทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุง

นักเรียนแต่ละกลุ่มทดลองใช้นวัตกรรมที่สร้างขึ้น พร้อมทั้งบอกปัญหาที่เกิดขึ้นระหว่างการทดลองและบอกวิธีในการปรับปรุงแก้ไข หากยังไม่สามารถแก้ปัญหาตามเงื่อนไข หรือ

Prince of Songkla University Pattani Campus

อาจแก้ปัญหาได้ตามเงื่อนไข และยังต้องการปรับปรุงให้ดีขึ้นพร้อมทั้งอธิบายเหตุผลประกอบด้วย เพื่อประเมินประสิทธิภาพ ถ้ายังไม่ดีก็ดำเนินการปรับปรุงแก้ไข

7. นำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหา

ให้นักเรียนจัดแสดงนวัตกรรมของตนเอง พร้อมทำการสาธิตการใช้นวัตกรรม และอธิบายเชื่อมโยงความรู้สะเต็มศึกษา

8. เชื่อมโยงการแก้ปัญหาไปยังสถานการณ์อื่น

ครูกำหนดสถานการณ์อื่น ให้นักเรียนกลุ่มละ 1 สถานการณ์ จากนั้นให้นักเรียนระดมความคิดแล้วเสนอวิธีการแก้ปัญหาหน้าชั้นเรียน

การจัดการเรียนตามแนวคิดสะเต็มศึกษาผู้สอนมีบทบาทสำคัญ ดังนี้ (Clemm, 2012 ; Robert, Capraro, and Sunyoung Han, 2014 : xvi ; Claymier , et al., 2014 : 40 อ้างอิงในจำรัส อินทลาภาพร, มารุต พัฒผล, วิชัย วงษ์ใหญ่ และ ศรีสมร พุ่มสะอาด, 2558: 65-66)

1. จัดบรรยากาศและสภาพแวดล้อมที่ตื่นเต้น น่าสนใจ สนุกสนาน มีชีวิตชีวา เพื่อให้ผู้เรียนพัฒนากระบวนการคิดนำไปสู่การแก้ปัญหาในสถานการณ์จริง

2. ออกแบบการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาที่ท้าทายความรู้ความสามารถ ในการคิดและการแก้ปัญหาของผู้เรียน โดยใช้สถานการณ์ที่เป็นปัญหาในปัจจุบัน

3. จัดกิจกรรมที่ให้ผู้เรียนลงมือทำ

4. จัดกิจกรรมการเรียนรู้สอดแทรกกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม ไปพร้อมกับการบูรณาการวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี

5. จัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบโครงงานเป็นฐาน (Project-based learning) โดยสร้างสถานการณ์ที่เป็นปัญหาเกี่ยวกับชีวิตจริงและท้าทายผู้เรียนให้คิด เพื่อกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดการคิดหาคำตอบโดยใช้กระบวนการวิทยาศาสตร์และสามารถสร้างองค์ความรู้เองได้

6. ทำหน้าที่เป็นโค้ช (Coach) และเป็นพี่เลี้ยงทางวิชาการ (Mentor) คอยตั้งคำถามเพื่อกระตุ้นให้ผู้เรียนคิด

9. ประเมินกระบวนการทำงานและผลงานของผู้เรียนหลากหลายวิธี พร้อมให้ข้อมูลย้อนกลับระหว่างและหลังจากปฏิบัติการทดลอง โดยใช้การสื่อสารเชิงบวก

สะเต็มศึกษานำผู้เรียนไปสู่การคิดแก้ปัญหาและสร้างสรรค์นวัตกรรมใหม่ นอกจากนี้ยังช่วยให้ผู้เรียนสามารถเชื่อมโยงบทเรียนในห้องเรียนกับการนำความรู้ไปใช้ประโยชน์ในชีวิตประจำวันได้จริง การจัดการเรียนรู้ที่มีการบูรณาการหลักการสะเต็มศึกษาเข้าไปในหลักสูตร

หรืออาจนำมาใช้เพียงบางส่วนของเนื้อหาวิชา ก็นับได้ว่ามีการผสมผสานการเรียนรู้แบบผู้เรียนเป็นสำคัญเพราะผู้เรียนได้มีส่วนร่วมในการลงมือปฏิบัติ และสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง ซึ่งสอดคล้องกับการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ตลอดชีวิต จุดเด่นสำคัญอีกประการหนึ่งของสะเต็มศึกษาที่นอกเหนือจากการออกแบบการเรียนการสอนที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้บูรณาการความรู้ในสาขาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ คณิตศาสตร์เข้าด้วยกัน และการเชื่อมโยงความรู้จากบทเรียนในห้องเรียนเพื่อประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันแล้ว สะเต็มศึกษายังช่วยให้ผู้เรียนเกิดการคิดขั้นสูง (Higher-ordered thinking) ซึ่งเป็นทักษะที่จำเป็นในศตวรรษที่ 21 (21st Century skill) (สนธิ พลชัยยา, 2557: 7)

ข้อดีของการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา (อภิสิทธิ์ ธงไชย,2557: ออนไลน์; สนธิ พลชัยยา, 2557: 7; สสวท., 2557: 5; Chen, 2012: online; Gordon, 2013: 1-4) สามารถสรุปได้ ดังนี้

1. ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการทำงานเป็นทีม

2. ผู้เรียนเข้าใจสาระวิชาและกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์มากขึ้น

3.ส่งเสริมทักษะการแก้ปัญหา โดยกระตุ้นให้ผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติ สำรวจตรวจสอบผ่านปัญหาที่เป็นปลายเปิด

4.ส่งเสริมความเท่าเทียมกันทางการศึกษา

5. ส่งเสริมผู้เรียนรักและเห็นคุณค่าของการเรียนวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์

6. ส่งเสริมให้ผู้เรียนสามารถเชื่อมโยงแนวคิดในสาระวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ การงานอาชีพและเทคโนโลยี และกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม

7. ส่งเสริมให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการเรียนรู้แบบกระตือรือร้น และตระหนักถึงความหมายของการเรียนรู้เนื้อหาที่เฉพาะเจาะจง

8. ส่งเสริมให้ผู้เรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้น

9. ส่งเสริมให้ผู้เรียนสนใจประกอบอาชีพด้านสะเต็มมากขึ้น

10. พัฒนาทักษะการคิดวิเคราะห์ การคิดอย่างมีวิจารณญาณ การคิดเชิงระบบ (System thinking) การรู้วิทยาศาสตร์ตลอดจนสร้างนวัตกรรมรุ่นใหม่ในการสร้างสรรค์ผลิตภัณฑ์และกระบวนการใหม่ ๆ อย่างยั่งยืนภายใต้ระบบเศรษฐกิจที่เปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว

11. เปิดโอกาสให้ผู้เรียนเรียนรู้เนื้อหาเชิงลึกได้มากขึ้นจากการบูรณาการเนื้อหา ทักษะ กระบวนการที่สัมพันธ์กันของวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยี และกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม เป็นพื้นฐาน

12. แก้ปัญหาการขาดแคลนบุคลากรที่มีความสามารถทางด้านวิทยาศาสตร์และวิศวกรรมศาสตร์ซึ่งเป็นพื้นฐานของการพัฒนาประเทศในอนาคต

13. สร้างกำลังคนด้านสะเต็มของประเทศไทย เพื่อเพิ่มศักยภาพทางเศรษฐกิจของชาติ

14. ช่วยเพิ่มโอกาสในด้านเศรษฐกิจ การทำงาน และการเพิ่มมูลค่า

15. ช่วยสร้างเสริมความมั่นคงให้กับประเทศไทยโดยเฉพาะอย่างยิ่ง ในด้านความมั่นคงและความปลอดภัยด้านไซเบอร์ (cyber security) ในโลกปัจจุบันที่ต้องพึงพาเทคโนโลยีด้านการสื่อสารอย่างมาก

ถึงแม้ว่าสะเต็มศึกษาจะมีข้อดีหลายประการ แต่การนำหลักการการจัดกิจกรรมการเรียนรู้และรูปแบบสะเต็มศึกษาไปใช้ ควรต้องคำนึงถึงความเหมาะสมและบริบทของผู้เรียน โรงเรียน เนื้อหาวิชา รวมทั้งการคิดขั้นสูงที่ต้องการให้เกิดขึ้นกับผู้เรียนเป็นสำคัญ (สนธิ พลชัยยา, 2557: 7) นักการศึกษาหลายท่านได้ให้ความเห็นที่ตรงกันเกี่ยวกับข้อจำกัดบางประการที่จำเป็นต้องได้รับการพัฒนาและแก้ไขอย่างเร่งด่วนในสะเต็มศึกษา นั่นก็คือ (Chen, 2012: online; Herschbach, 2011: online; Lantz, 2009: 1-11)

1. รูปแบบของการบูรณาการหลักสูตร (Form) ที่ครูสามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้ในชั้นเรียนยังไม่มีความชัดเจน

2. เป้าหมาย (Function) ของการจัดการศึกษาแบบสะเต็ม ที่ต้องการให้เกิดขึ้นกับผู้เรียนยังไม่มีความชัดเจน

3. ครูขาดความเข้าใจ หรือมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนในการนำแนวคิดนี้ไปสู่การปฏิบัติ

ดังนั้นจะเห็นได้จาก การจัดการเรียนการสอนในระดับอนุบาลถึงมัธยมศึกษาปีที่ 6 จะให้ความสำคัญกับการเรียนการสอนในรายวิชาวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์เท่านั้น ส่วนรายวิชาเทคโนโลยีและวิศวกรรมศาสตร์มีบทบาทในระดับที่น้อยมาก จากปัญหาดังกล่าวส่งผลให้หน่วยงานที่รับผิดชอบ ได้แก่ สถาบันวิจัยแห่งชาติ (NRC) และสภาการศึกษาวิทยาศาสตร์แห่งชาติ (NAS) ได้พยายามแก้ปัญหาในเรื่องนี้โดยกำหนดกรอบแนวคิดสำหรับเป็นแนวทางให้ผู้เชี่ยวชาญ

จากหน่วยงานต่าง ๆ ในทุกภาคส่วนมาระดมความคิดร่วมกันในการพัฒนามาตรฐานการศึกษาแห่งชาติที่เรียกว่า มาตรฐานการจัดการศึกษาวิทยาศาสตร์สำหรับคนรุ่นใหม่ (NGSS) โดยกำหนดเป้าหมายหนึ่งที่สำคัญของการพัฒนามาตรฐานนี้คือ การบูรณาการวิศวกรรมศาตร์และเทคโนโลยีเข้ากับการศึกษาด้านวิทยาศาสตร์โดยกำหนดให้เป็นมิติ (Dimension) ด้านหนึ่งที่ชื่อว่า การปฏิบัติการด้านวิทยาศาสตร์และวิศวกรรมศาสตร์ (Scientific and engineering practices) โดยมุ่งหวังให้ครูเห็นความสัมพันธ์ของวิศวกรรมศาสตร์กับวิทยาศาสตร์และเห็นแนวทางในการนำความสัมพันธ์นี้ไปบูรณาการในการจัดการเรียนการสอนวิชาวิทยาศาสตร์ให้มากขึ้น

จะเห็นได้ว่าสะเต็มศึกษาเป็นแนวคิดการจัดการศึกษาที่มีจุดมุ่งหมายสำคัญคือ การแก้ปัญหาการขาดแคลนบุคลากรที่มีความรู้ความสามารถด้านสะเต็ม เพื่อเพิ่มขีดความสามารถของบุคลากรที่เป็นกำลังสำคัญในการแข่งขันทางเศรษฐกิจในโลกปัจจุบัน ถึงแม้ว่า สะเต็ม อาจยังมีข้อจำกัดในเรื่องความไม่ชัดเจน (ill-defined) เกี่ยวกับรูปแบบที่จะนำไปใช้ และเป้าหมายที่ต้องการให้เกิดขึ้นกับผู้เรียน แต่หากพิจารณาข้อดีภายใต้ข้อจำกัดแล้วจะพบว่าความไม่ชัดเจนนี้เปิดโอกาสให้ครูผู้สอนสามารถนำแนวคิดไปใช้ในการพัฒนาการสอนได้ตามความเข้าใจของตนเอง เพื่อบรรลุเป้าหมายสูงสุดร่วมกันคือ การพัฒนาผู้เรียนให้เป็นพลเมืองของชาติที่มีการรู้ด้านสะเต็ม ซึ่งจำเป็นสำหรับการดำรงชีวิตอย่างมีประสิทธิภาพในศตวรรษที่ 21 ต่อไป

แนวคิดในการจัดการศึกษาของไทยในปัจจุบัน มีการเน้นคุณภาพ ความสามารถของผู้สอน ลดปริมาณความซ้ำซ้อนของเนื้อหา มีการนำผลการศึกษาทางวิทยาศาสตร์ด้านสมองและจิตวิทยา การเรียนรู้ของมนุษย์ มาปรับเปลี่ยนวิธีการจัดการศึกษา มีการศึกษาวิจัยและนำผลการวิจัยมาปรับเปลี่ยนการจัดการศึกษาให้มีคุณภาพมากขึ้น มีการจัดการประชุมเชิงวิชาการจากทุกภาคส่วนที่เกี่ยวข้องเพื่อกระตุ้นให้นักการศึกษาได้เห็นความสำคัญและนำไปใช้เพื่อขับเคลื่อนนโยบายการจัดการศึกษาที่มุ่งเน้นให้ผู้เรียนมีทักษะที่จำเป็นในศตวรรษที่ 21 ในส่วนของผู้ปฏิบัติการ เช่น ครู อาจารย์ ให้ความสำคัญและให้ผู้เรียนมีบทบาทมากขึ้น มีวิธีการจัดการเรียนการสอนรูปแบบต่าง ๆ มาใช้เพื่อพัฒนาทักษะที่จำเป็นในศตวรรษที่ 21 โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ทักษะการคิด จากการปรับเปลี่ยนกระบวนทัศน์ในการจัดการศึกษาของไทย แสดงให้เห็นถึงความพร้อมของไทยในการนำ สะเต็มศึกษา มาสู่กระบวนการจัดการศึกษา

การนำสะเต็มศึกษา มาใช้ในประเทศไทยให้บรรลุเป้าหมาย และจุดประสงค์ตามหลักการที่กล่าวไว้อย่างมีประสิทธิภาพการทำความเข้าใจที่ถูกต้อง การศึกษาถึงข้อดี ผลการศึกษาวิจัย องค์ประกอบหรือปัจจัยต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง รวมทั้งการเตรียมพร้อมกับการใช้สะเต็มศึกษา

ในประเด็นต่อไปนี้ที่ทุกฝ่ายควรพิจารณา (Rachel, 2008; Bybee, 2009; The Wheelock College Aspire Institute, 2010; Bybee, 2011; Rapporteur, 2011; Carr, Bennetti, & Strobe, 2011; ยศวีร์ สายฟ้า, 2555 อ้างอิงใน พรทิพย์ ศิริภัทราชัย, 2556: 53-54)

1. หลักสูตรหรือบทเรียนสะเต็มศึกษา การสอนสะเต็มศึกษาเป็นการสอนแบบบูรณาการ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์และคณิตศาสตร์ ซึ่งเป็นกุญแจสำคัญที่ช่วยให้นักเรียนมีความรู้พื้นฐานเพื่อเข้าศึกษาต่อในระดับอุดมศึกษาได้ ประเทศไทยเมื่อพิจารณาด้านความพร้อมของหลักสูตรทั้ง 4 กลุ่มวิชา ของหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 จะเห็นได้ว่า ประเทศไทยมีเพียงหลักสูตรวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และคณิตศาสตร์ เท่านั้น แต่ไม่พบว่ามีหลักสูตรวิศวกรรมศาสตร์ปรากฏอย่างชัดเจนในระดับการศึกษาขั้นพื้นฐาน ดังนั้น การสร้างความชัดเจน ต่อเนื่องและสอดคล้องของแต่ละหลักสูตรวิชาจึงมีความสำคัญ

2. การพัฒนาครูประจำการ (Professional Development) สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ได้การเตรียมการศึกษาและวางแผนการใน สะเต็มศึกษา แล้วมีการอบรม เพื่อให้ความรู้แก่บุคลากรในสถาบัน การจัดการประชุมหรือการร่วมประชุมวิชาการนานาชาติ การเชิญผู้ทรงคุณวุฒิมาให้ความรู้ การศึกษาและวางแผนการวิจัย เพื่อให้สะเต็มศึกษานั้นเป็นรูปธรรม

3. การเตรียมความพร้อมในการผลิตบัณฑิตเพื่อเป็นผู้สอนสะเต็มศึกษา เน้นการสำรวจตรวจสอบและปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์รวมทั้งความรู้ความเข้าใจที่ถูกต้องเกี่ยวกับการจัดการศึกษาในศตวรรษที่ 21 นอกจากนี้สถาบันอุดมศึกษาที่ผลิตครูควรสร้างระบบการผลิตครูที่ชัดเจนเพื่อให้เกิดประโยชน์ต่อผู้มาเรียนและระบบการศึกษา

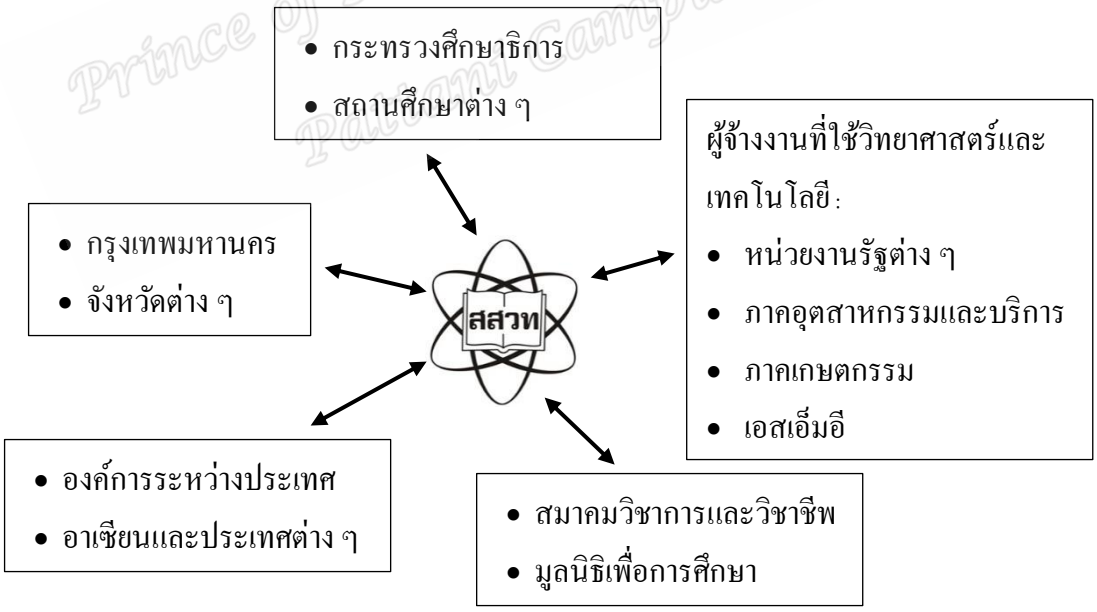
4. การเตรียมพร้อมของสถานศึกษา สะเต็มศึกษาต้องการผู้บริหารมืออาชีพ กล่าวคือ สามารถบริหารจัดการอย่างมียุทธศาสตร์ เป็นนักวิชาการ มุ่งพัฒนากระบวนการเรียนการสอนเป็นหลัก เปิดโอกาสให้ทุกฝ่ายเข้ามามีส่วนร่วมในการคิดและบริหาร สามารถสร้างพันธภาพที่ดีระหว่างครอบครัว ชุมชนและสถานศึกษา ให้ความสำคัญในการเปลี่ยนแปลงเพื่อการพัฒนา เป็นผู้นำที่ไม่หยุดนิ่ง พร้อมที่จะพัฒนาวิชาชีพของตนเองให้ก้าวทันการเปลี่ยนแปลงเสมอ

5. การศึกษาวิจัยเพื่อสนับสนุน การสอนสะเต็มศึกษาในระดับปฐมวัย เพื่อตอบสนองต่อการพัฒนาทางสติปัญญาโดยเฉพาะอย่างยิ่งทำให้เด็กเล็ก ๆ พัฒนาทักษะทางด้านวิศวกรรมศาสตร์ได้ การใช้สื่อเทคโนโลยี เช่น iPad และ Tablet เพื่อพัฒนาการสอนสะเต็มศึกษา ซึ่งพบว่าเด็กในระดับปฐมวัยสามารถพัฒนาได้เป็นอย่างดี (Aronin and Floyd, 2013: 16)

Prince of Songkla University Pattani Campus

ความสำเร็จของสะเต็มศึกษานอกจากจะเกิดจากความสอดคล้องต่อเนื่องของหลักสูตร คุณภาพของผู้สอน การมีระบบวัด ประเมินผลที่ชัดเจน และเวลาที่ใช้ในการสอนแล้ว ปัจจัยที่จะผลักดันอีกประการหนึ่งคือ การศึกษาวิจัยโดยรัฐ และผู้กำหนดนโยบายทางการศึกษา ควรสนับสนุนงานวิจัยเพิ่มขึ้น (National Research Council of the Nationnal Academes, 2011 อ้างอิงใน พรทิพย์ ศิริภัทราชัย, 2556: 54) ซึ่งในส่วนของประเทศไทย การสนับสนุนให้สะเต็มศึกษา ประสบความสำเร็จ ควรมาจากหลายภาคส่วนทั้งภาครัฐและเอกชน และสถาบันอุดมศึกษาเพื่อการวิจัยพัฒนาหลักสูตร สะเต็มศึกษา ในบริบทของประเทศไทย การพัฒนาครูผู้สอน การบริหารจัดการสถานศึกษา เป็นต้น

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี เป็นหน่วยงานริเริ่มสร้างเครือข่ายพันธมิตรกับหลายหน่วยงาน นับตั้งแต่โรงเรียน สถาบันอาชีวศึกษา สถาบันอุดมศึกษา ส่วนราชการในสังกัดกระทรวงศึกษาธิการ นอกจากนี้ยังขอความร่วมมือจากหน่วยงานภาครัฐและเอกชน ซึ่งเป็นผู้จ้างผู้สำเร็จสะเต็มศึกษาสาขาต่าง ๆ รวมเรียกว่า กำลังคนด้านสะเต็ม (STEM workforce) (มนตรี จุฬาวัฒนฑล, 2556: 17-18)



ภาพประกอบ 5 เครือข่ายสะเต็มศึกษาของ สสวท.

ที่มา : มนตรี จุฬาวัฒนฑล, 2556: 17-18

Prince of Songkla University Pattani Campus

ข่าวสำนักงานรัฐมนตรี (2559: ออนไลน์) รายงานผลประชุมคณะกรรมการนโยบาย "สะเต็มศึกษา" กระทรวงศึกษาธิการได้รายงานความคืบหน้าการดำเนินงานของคณะกรรมการทั้ง 2 คณะ ได้แก่ คณะกรรมการพัฒนาหลักสูตรและคณะกรรมการขับเคลื่อนการจัดการเรียนการสอนสะเต็มในสถานศึกษา โดยมีรายละเอียด ดังนี้

1) คณะกรรมการพัฒนาหลักสูตรการจัดการเรียนการสอนสะเต็มศึกษาในสถานศึกษาได้กำหนดนิยามของ "สะเต็มศึกษา" ว่า เป็นแนวทางการจัดการศึกษาให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้และสามารถบูรณาการความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี กระบวนการทางวิศวกรรม และคณิตศาสตร์ ไปใช้ในการเชื่อมโยงและแก้ปัญหาในชีวิตจริง รวมทั้งการพัฒนากระบวนการหรือผลผลิตใหม่ ควบคู่ไปกับการพัฒนาทักษะการเรียนรู้แห่งศตวรรษที่ 21

นอกจากนี้ได้ทำการพัฒนา "กิจกรรมสะเต็มศึกษา" ของนักเรียนในระดับชั้น ป.1-ม.6 ด้วยการกำหนดกิจกรรมในแต่ละภาคเรียน ซึ่ง สสวท. ได้ออกแบบคู่มือกิจกรรมสะเต็มศึกษาจำนวน 2 คู่มือ คือ "คู่มือกิจกรรมสำหรับครู" และ "คู่มือกิจกรรมสำหรับนักเรียน" โดยจัดทำเนื้อหาให้สอดคล้องกับสาระการเรียนรู้

ครูสามารถศึกษาสะเต็มศึกษาด้วยตนเองผ่านระบบออนไลน์ด้วย โดยผู้จัดทำได้นำกิจกรรมสะเต็มศึกษาและคู่มือกิจกรรมสะเต็มศึกษาสำหรับครูเผยแพร่บนเว็บไซต์ www.stemedthailand.org

2) คณะกรรมการขับเคลื่อนการจัดการเรียนการสอนสะเต็มในสถานศึกษา ได้ดำเนินการคัดเลือกโรงเรียนในสังกัดเข้าร่วมขับเคลื่อนสะเต็มศึกษาในปี 2559 จำนวน 2,495 แห่ง ซึ่งแบ่งออกเป็น 3 กลุ่มโรงเรียน ประกอบด้วย

- โรงเรียนกลุ่มเป้าหมายจากเขตพื้นที่การศึกษาเขตละ 10 โรงเรียน รวม 2,250 โรงเรียน
- โรงเรียนศูนย์ฝึกอบรมและให้คำปรึกษาหลักสูตรฝึกอบรมสะเต็มศึกษาในระบบออนไลน์ จำนวน 154 แห่ง อาทิ โรงเรียนจุฬาภรณราชวิทยาลัย ทั่วประเทศ
- โรงเรียนศูนย์สะเต็มศึกษาภาค จำนวน 13 แห่ง และโรงเรียนเครือข่ายสะเต็มศึกษา จำนวน 78 แห่งรวม 91 โรงเรียน

Prince of Songkla University Pattani Campus

2.1.3 การวัดผลและประเมินผลตามแนวคิดสะเต็มศึกษา

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2557: 17-24) ได้ให้แนวทางการวัดผลและประเมินผลตามแนวทางสะเต็มศึกษาดังนี้

การวัดผลและประเมินผลตามแนวทางสะเต็มศึกษานั้น เน้นการวัดและประเมินผลในสภาพจริงและที่ผู้เรียนแสดงออกขณะทำกิจกรรมการเรียนรู้ ซึ่งสามารถสะท้อนถึงความรู้ความคิด เจตคติทางวิทยาศาสตร์และความสามารถที่แท้จริงของผู้เรียน ผู้สอนจะได้ข้อมูลที่เป็นแนวทางในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้และปรับปรุงการจัดการเรียนรู้ให้ผู้เรียนมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น จะได้ใช้ข้อมูลจากการวัดและประเมินผลและพัฒนาผู้เรียนให้เต็มตามศักยภาพตามความถนัด และความสนใจของแต่ละบุคคล ซึ่งแนวทางการวัดและประเมินผลมีดังนี้ (สสวท., 2557: 17-20)

1. การประเมินตามสภาพจริง

การประเมินจากสภาพจริง (Authentic Assessment) คือการประเมินความสามารถที่แท้จริงของผู้เรียน จากการแสดงออก การกระทำหรือผลงานเพื่อสร้างความรู้ด้วยตนเอง

ลักษณะสำคัญของการประเมินจากสภาพจริง

1. การประเมินต้องผสมผสานไปกับการเรียนการสอนและต้องประเมินอย่างต่อเนื่อง โดยใช้วิธีประเมินหลาย ๆ วิธีที่ครอบคลุมพฤติกรรมหลาย ๆ ด้านในสถานการณ์ต่างกัน

2. สามารถประเมินกระบวนการคิดที่ซับซ้อน ความสามารถในการปฏิบัติงานศักยภาพของผู้เรียนในแง่ของผู้ผลิตและกระบวนการที่ได้ผลผลิตมากกว่าที่จะประเมินว่าผู้เรียนสามารถจดจำ ความรู้อะไรได้บ้าง

3. มุ่งเน้นประเมินศักยภาพโดยรวมของผู้เรียนทั้งด้านความรู้พื้นฐาน ความคิดระดับสูง ความสามารถในการแก้ปัญหา การสื่อสาร เจตคติ ลักษณะนิสัย ทักษะในด้านต่าง ๆ และความสามารถในการทำงานร่วมกับผู้อื่น ฯลฯ

4. ให้ความสำคัญต่อพัฒนาการของผู้เรียน ข้อมูลที่ได้จากการประเมินหลาย ๆ ด้านและหลากหลายวิธีสามารถนำมาใช้ในการวินิจฉัยจุดเด่นของผู้เรียนที่ควรจะให้การส่งเสริม และวินิจฉัยจุดด้อยที่จะต้องให้ความช่วยเหลือหรือแก้ไข เพื่อให้ผู้เรียนได้พัฒนาเต็มศักยภาพ

5. ข้อมูลที่ได้จากการประเมินจะสะท้อนให้เห็นถึงกระบวนการเรียนการสอน และการวางแผนการสอนของครูว่าเป็นไปตามจุดมุ่งหมายของการเรียนการสอนหรือไม่ ครูสามารถนำข้อมูลจากการประเมินมาปรับกระบวนการนำเสนอเนื้อหา กิจกรรมและตัวแปรอื่น ๆ

Prince of Songkla University Pattani Campus

6. เป็นการประเมินที่ผู้เรียนได้มีส่วนร่วมเพื่อส่งเสริมให้ผู้เรียนได้รู้จักตัวเอง เชื่อมั่นในตัวเองและสามารถพัฒนาตนเองได้

7. เป็นการประเมินที่ทำให้การเรียนการสอนมีความหมาย และเพิ่มความเชื่อมั่นได้ว่าผู้เรียนสามารถถ่ายโอนการเรียนรู้ไปสู่ใช้ชีวิตในสังคมได้

วิธีการและแหล่งข้อมูลที่ใช้

เพื่อให้การวัดและประเมินผลได้สะท้อนความสามารถที่แท้จริงของผู้เรียน ผลการประเมินอาจจะได้มาจากแหล่งข้อมูลและวิธีการต่าง ๆ ดังนี้

1. สังเกตการณ์แสดงออกเป็นรายบุคคลหรือรายกลุ่ม
2. ชิ้นงาน ผลงาน รายงาน
3. การสัมภาษณ์
4. บันทึกของผู้เรียน
5. การประชุมปรึกษาหารือร่วมกันระหว่างผู้เรียนและครู
6. การวัดและประเมินผลภาคปฏิบัติ (practical assessment)
7. การวัดและประเมินผลด้านความสามารถ (performance assessment)
8. การวัดและประเมินผลการเรียนรู้โดยใช้แฟ้มผลงาน (portfolio assessment)
9. การทดสอบ

2. การวัดและประเมินด้านความสามารถ (Performance Assessment)

1. ความสามารถของผู้เรียนประเมินได้จากการแสดงออกโดยตรงจากการทำงาน ที่กำหนดให้ และเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้แก้ปัญหาหรือปฏิบัติงานได้จริง โดยประเมินจากกระบวนการทำงานและกระบวนการคิด

2. การประเมินผลด้านความสามารถ ประเมินได้ทั้งการแสดงออก กระบวนการทำงานและผลผลิตของงานโดยจะให้ความสำคัญต่อกระบวนการทำงาน กระบวนการคิด คุณภาพของงานมากกว่าผลสำเร็จของงาน

3. ลักษณะสำคัญของการประเมินความสามารถ คือ กำหนดวัตถุประสงค์ของงาน วิธีการทำงาน ผลสำเร็จของงาน มีคำสั่งควบคุมสถานการณ์ในการปฏิบัติงาน และมีเกณฑ์การให้คะแนนที่ชัดเจน การประเมินความสามารถที่แสดงออกของผู้เรียนทำได้หลายแนวทางต่าง ๆ กัน ซึ่งขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อม สถานการณ์ และความสนใจของผู้เรียน

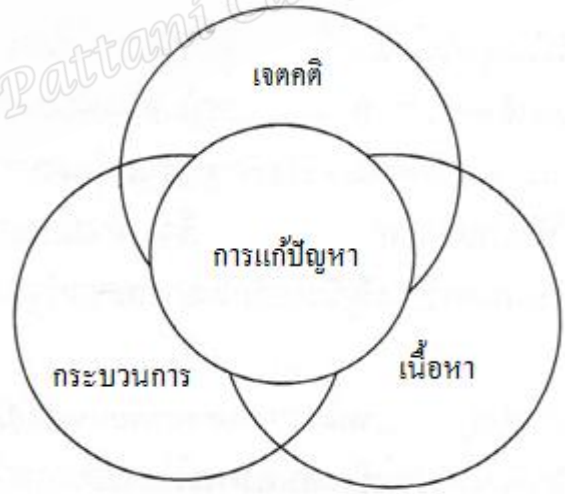
Prince of Songkla University Pattani Campus

แนวทางการประเมินตามสภาพจริง

การประเมินตามสภาพจริงให้ความสำคัญต่อการแสดงออกที่แท้จริงของผู้เรียนขณะทำกิจกรรม งานหรือกิจกรรมที่กำหนดให้ผู้เรียนทำ ซึ่งมีแนวทางไปสู่ความสำเร็จของงานและมีวิธีการหาคำตอบหลายแนวทาง คำตอบที่ได้อาจมิใช่แนวทางที่กำหนดไว้เสมอไป จึงทำให้การตรวจให้คะแนนไม่สามารถให้ได้อย่างชัดเจนแน่นอน ดังนั้นการประเมินตามสภาพจริงจึงต้องมีการกำหนดแนวทางการให้คะแนนอย่างชัดเจน การกำหนดแนวทางอาจทำโดยครู คณะครูหรือครูและผู้เรียนกำหนดร่วมกัน แนวทางการประเมินนั้นจะต้องมีมาตรวัดว่า ผู้เรียนทำอะไรได้สำเร็จอยู่ในระดับใด แนวทางการประเมินที่มีมาตรวัดนี้ เรียกว่า Rubric

2.2 ความสามารถในการแก้ปัญหา

การแก้ปัญหา (Problem solving) เป็นทักษะทางปัญญาซึ่งถือว่าเป็นสิ่งเฉพาะของแต่ละบุคคล แต่ไม่ว่าจะอยู่ในบริบทใดก็ตามการแก้ปัญหาในวิชาวิทยาศาสตร์จะเน้นการวางแผนการทดลอง การรวบรวม และการวิเคราะห์ข้อมูล เพื่อจุดประสงค์ในการค้นพบ และอธิบายแบบแผนและปรากฏการณ์ทางธรรมชาติ (วรรณทิพา รอดแรงค้า, 2544: 35)



ภาพประกอบ 6 ความสัมพันธ์ของการแก้ปัญหากับเจตคติ กระบวนการ และเนื้อหา

ที่มา: วรรณทิพา รอดแรงค้า, 2544: 35

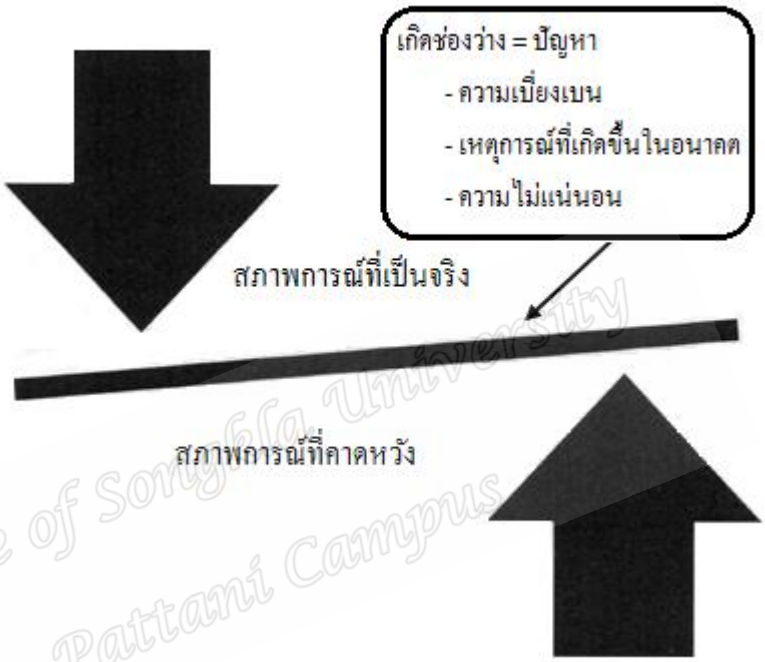
2.2.1 แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับความสามารถในการแก้ปัญหา

ตามพจนานุกรมฉบับราชบัณฑิตยสถาน (ราชบัญฑิตยสถาน, 2554: 733) ให้ความหมายคำว่า “ปัญหา” ว่าหมายถึง ข้อสงสัย หรือข้อขัดข้อง

Prince of Songkla University Pattani Campus

รศนา อัชชะกิจ (2539: 1) กล่าวว่า “ปัญหา” หมายถึง เหตุการณ์ยุ่งยากที่ต้องแก้ไข สภาวการณ์ที่ไม่พึงประสงค์ เหตุการณ์ที่เป็นไปไม่ตรงตามความคาดหวังโดยไม่ทราบสาเหตุ หรืออีกในหนึ่งคือ “ความแตกต่างระหว่างสภาวะที่เกิดจริงกับสภาวะที่ตั้งเป้าหมายว่าควรจะเป็น”

Kapner and Tregoe (Takahashi, 2551: 2) กล่าวว่า ปัญหา หมายถึง ช่องว่างระหว่างสิ่งที่คาดหวังกับสภาพปัจจุบัน



Prince of Songkla University Pattani Campus

ภาพประกอบ 7 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างส่วนประกอบของปัญหาและปัญหา

ที่มา : Takahashi, 2551: 2

จากการให้ความหมายของนักการศึกษาดังกล่าวข้างต้นสรุปได้ว่าปัญหา คือ ข้อสงสัย สิ่งที่เข้าใจยาก สิ่งที่ตนไม่รู้ หรือคำถาม เกี่ยวกับสิ่งที่เกิดขึ้นในปัจจุบัน ซึ่งไม่ตรงกับสิ่งที่เราคาดหวังไว้อันจะทำให้เกิดช่องว่างระหว่างสภาพปัจจุบันและสภาพที่เราต้องการให้มันเกิดขึ้นในอนาคตโดยสภาพการที่เกิดขึ้นหรือมีแนวโน้มที่จะเกิดขึ้นนั้นไม่ตรงกับความต้องการหรืออีกในหนึ่งคือ “ความแตกต่างระหว่างสภาวะที่เกิดจริงกับสภาวะที่ตั้งเป้าหมายว่าควรจะเป็น”

การดำรงชีวิตของมนุษย์นั้นมักจะต้องเผชิญกับปัญหา ซึ่งมีความยุ่งยากซับซ้อนต่าง ๆ กัน การดำเนินการแก้ปัญหาเป็นเรื่องสำคัญมาก และจำเป็นสำหรับมนุษย์ บุคคลที่ประสบปัญหาต่าง ๆ แล้วสามารถหาแนวทางการแก้ไขปัญหานั้นให้สำเร็จลุล่วงได้ ย่อมประสบกับความสำเร็จ ดังนั้น จึงควรมีการสอนและฝึกให้นักเรียนรู้จักแก้ปัญหาเพื่อส่งเสริมและพัฒนา

ความสามารถในการคิด แก้ปัญหาในสถานการณ์ในชีวิตจริงได้เป็นอย่างดี สำหรับความหมายของความสามารถในการคิดแก้ปัญหา มีนักการศึกษาหลายท่านได้ให้ความหมายอย่างกว้างขวาง ดังนี้

Piaget (1962: 120) ได้อธิบายถึงความสามารถในการแก้ปัญหาตามทฤษฎีทางด้านพัฒนาการในแง่ที่ว่าความสามารถด้านนี้จะเริ่มพัฒนามาตั้งแต่ขั้นที่ 3 คือ Stage of Concreate Operation เด็กที่มีอายุประมาณ 7-8 ปี จะเริ่มมีความสามารถในการแก้ปัญหาแบบง่าย ๆ ภายในขอบเขตจำกัด ต่อมาระดับพัฒนาขั้นที่ 4 คือ Stage of Formal Operation เด็กจะมีอายุประมาณ 11-14 ปี และสามารถแก้ปัญหาแบบซับซ้อนได้ และเด็กสามารถเรียนรู้ในสิ่งที่เป็นนามธรรมชนิดซับซ้อนได้

Bourne, et al. (1971: 44) กล่าวว่า การแก้ปัญหาเป็นกิจกรรมที่เป็นทั้งการแสดงความรู้ ความคิด จากประสบการณ์ก่อน ๆ และเป็นส่วนประกอบของสถานการณ์ที่เป็นปัจจุบันโดยนำมาจัดเรียงลำดับใหม่ เพื่อผลของความสำเร็จในจุดมุ่งหมายเฉพาะอย่าง

Gagne (1970: 63) ได้กล่าวว่า ความสามารถในการแก้ปัญหาเป็นการเรียนรู้อย่างหนึ่งที่ต้องอาศัยการเรียนรู้ประเภทหลักการที่มีความเกี่ยวข้องกันตั้งแต่สองประเภทขึ้นไปและใช้หลักการนั้นผสมผสานกันจนเป็นความสามารถชนิดใหม่ที่เรียกว่า ความสามารถทางด้านความคิดแก้ปัญหา โดยอาศัยการเรียนรู้ประเภทหลักการนี้ ต้องอาศัยการเรียนรู้ประเภทมโนมติ Gagneได้อธิบายว่า เป็นการเรียนรู้อีกประเภทหนึ่ง ที่ต้องอาศัยความสามารถในการมองเห็นลักษณะร่วมของสิ่งเร้าทั้งหลาย

Eysenck, et al. (1972: 44) ได้ให้ความหมายของการแก้ปัญหาว่าเป็นกระบวนการที่จำเป็นต้องอาศัยความรู้ในการพิจารณาสังเกตปรากฏการณ์และโครงสร้างของปัญหารวมทั้งต้องใช้กระบวนการคิดเพื่อให้บรรลุถึงจุดมุ่งหมายที่ต้องการ

Sdorow (1993: 361) ได้ให้นิยามการแก้ปัญหาไว้ว่า เป็นกระบวนการคิดแบบหนึ่งที่สามารถช่วยให้เราเอาชนะอุปสรรค เพื่อไปสู่เป้าหมายที่กำลังเผชิญอยู่ได้ มีความเข้าใจการคิดวิเคราะห์วิธีการ ทักษะ กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในการแก้ปัญหาเพื่อให้บรรลุเป้าหมายที่ต้องการ

Good (1973: 53) ได้ให้ความเห็นว่า วิธีการทางวิทยาศาสตร์ก็คือ การแก้ปัญหานั่นเอง ซึ่งกล่าวว่า “การแก้ปัญหาเป็นแบบแผนหรือวิธีดำเนินการ ซึ่งอยู่ในสภาวะที่มีความลำบากยุ่งยาก หรืออยู่ในสภาวะที่พยายามตรวจสิ่งที่หามาได้ ซึ่งมีความเกี่ยวข้องกับปัญหามีการ

ตั้งสมมติฐาน และมีการตรวจสอบสมมติฐานภายใต้การควบคุม มีการเก็บรวบรวมข้อมูลจากการทดลอง เพื่อหาความสัมพันธ์เพื่อทดสอบสมมติฐานนั้นว่าเป็นจริงหรือไม่"

Lefrancois (1985: 110) ได้ให้ความหมายไว้ว่า การแก้ปัญหาเป็นกระบวนการคิดแบบจัดลำดับขั้นสูง ที่นำเอาหลักเกณฑ์ซึ่งตัวเองทราบมาก่อน มาบูรณาการเพื่อสร้างเกณฑ์ขึ้นใหม่ โดยที่จะต้องเรียนรู้เกณฑ์เดิมก่อนมีเกณฑ์ใหม่ที่ผ่านมาแล้วมีความเหมาะสมสำหรับการแก้ปัญหาใหม่อย่างครบถ้วนสมบูรณ์ทั้งหมด โดยต้องอาศัยกฎเกณฑ์หลายอย่างเพื่อให้ประสบความสำเร็จ

Gleitman (1992: 202) ได้กล่าวว่า การแก้ปัญหานั้นว่า ผู้แก้ปัญหาจะต้องใช้กระบวนการคิด ซึ่งเกิดขึ้นจากภายในสมองอย่างเป็นขั้นตอนจะต้องมีการจัดระระบบองค์ประกอบต่าง ๆ โดยใช้วิธีการเฉพาะเป็นเรื่อง ๆเพื่อให้กระบวนการแก้ปัญหามีทิศทางมุ่งตรงไปสู่เป้าหมายและสามารถแก้ปัญหาได้ในที่สุด

อาชวินี ไชยสุนทร (2535: 11) ได้ให้ความหมายของการแก้ปัญหาว่า คือการดำเนินการที่มีแบบแผนหรือวิธีการที่สลับซับซ้อน โดยอาศัยสติปัญญา ความรู้ ความเข้าใจ ประสบการณ์และความคิด มาใช้ในการศึกษาเพื่อให้บรรลุจุดมุ่งหมายที่ต้องการ

หัสยา เถียรวิทวัส (2537: 24) และสมชัย อุ่นอนันต์ (2539: 46) ได้ให้ความหมายของความสามารถในการแก้ปัญหาว่าเป็นพฤติกรรมแบบแผนหรือวิธีการที่สลับซับซ้อน ต้องอาศัยความรู้ ความจำ ความเข้าใจ การคิดวิเคราะห์ วิธีการ ทักษะ กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในการแก้ปัญหาเพื่อให้บรรลุเป้าหมายที่ต้องการ

อรัญญา ชนะเพีย (2542: 8) ให้ความหมายของความสามารถในการแก้ปัญหาว่าเป็นความสามารถที่ต้องอาศัยกิจกรรมทางสมองในการคิดวิเคราะห์ พิจารณา ไตร่ตรองและตัดสินใจในการหาวิธีการหรือแสดงพฤติกรรมเพื่อขจัดอุปสรรคอันนำไปสู่การบรรลุเป้าหมายที่ต้องการ

จากแนวคิดของนักการศึกษาดังกล่าวข้างต้นสรุปได้ว่า ความสามารถในการแก้ปัญหา เป็นความสามารถที่ต้องอาศัยกิจกรรมทางสมองอย่างเป็นขั้นตอน มีแบบแผน มีวิธีดำเนินการ ในการคิดวิเคราะห์ พิจารณา ไตร่ตรองและตัดสินใจในการหาวิธีการหรือแสดงพฤติกรรมที่สลับซับซ้อน ต้องอาศัยสติปัญญา ความรู้ ความจำ ความเข้าใจ วิธีการ ประสบการณ์ ทักษะ กระบวนการคิดแบบจัดลำดับขั้นสูง มาผสมผสานจนเป็นความสามารถชนิดใหม่จากการนำเอาหลักเกณฑ์ซึ่งตัวเองทราบมาก่อน มาบูรณาการเพื่อสร้างเกณฑ์ขึ้นใหม่ในการแก้ปัญหา

เพื่อให้กระบวนการแก้ปัญหามีทิศทาง ขจัดอุปสรรคอันนำไปสู่การบรรลุเป้าหมายที่ต้องการและสามารถแก้ปัญหาได้ในที่สุด

ในการแก้ปัญหาจะต้องพยายามค้นหาสาเหตุที่แท้จริงของปัญหา แล้วมุ่งเน้นแก้สาเหตุแห่งปัญหา เมื่อทำได้ดังนี้แล้ว ก็เท่ากับว่าปัญหาได้รับการแก้ไขโดยปริยาย การแก้ไขสาเหตุแห่งปัญหาจะต้องแก้ไขให้ครบระบบ ถ้าแก้ไขเพียงส่วนใดส่วนหนึ่งปัญหาก็ยังคงมีอยู่ไม่จบสิ้น

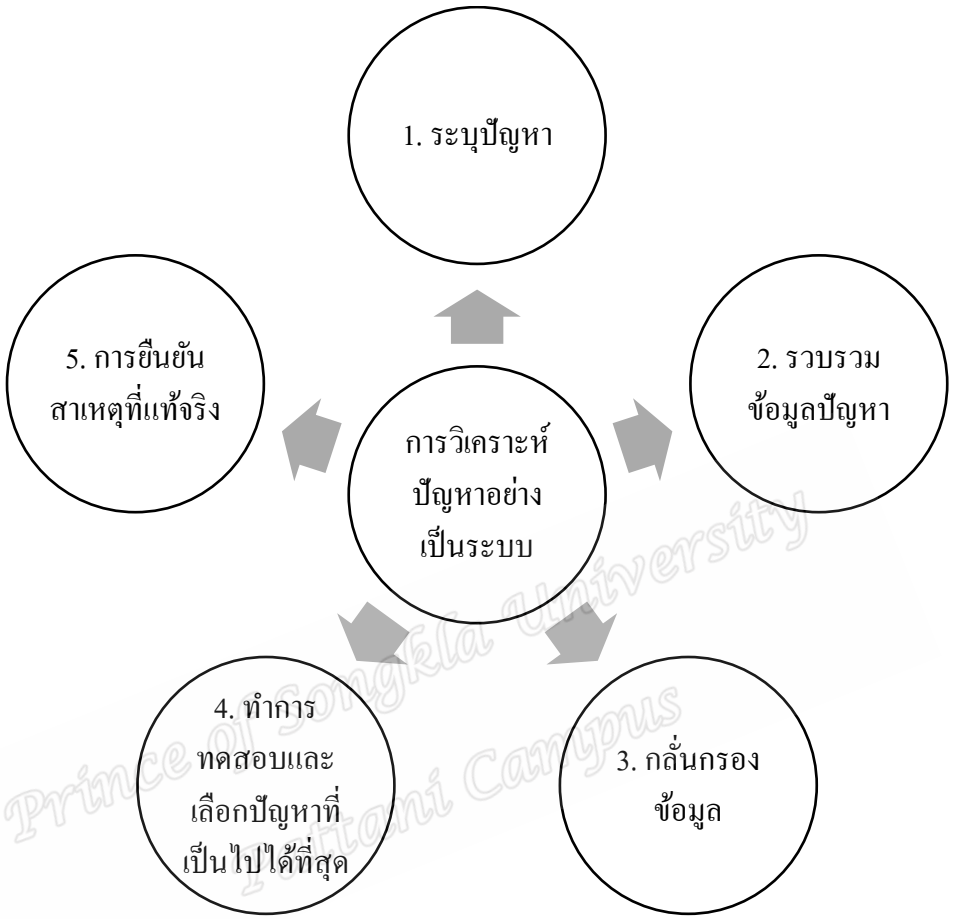
การแก้ปัญหาแต่ละรูปแบบจะประกอบด้วยขั้นตอนที่แตกต่างกัน (รศนา อัชชะกิจ, 2539: 15-17) ดังตารางที่ 4

ตาราง 4 รูปแบบการแก้ปัญหา

แบบที่ 1	**แบบที่ 2**	**แบบที่ 3**	**แบบที่ 4**	**แบบที่ 5**	**แบบที่ 6**
1. ระบุปัญหา 2. ระบุสาเหตุของปัญหา 3. กำหนดวัตถุประสงค์ในการแก้ปัญหา 4. เลือกแนวทางการแก้ปัญหา	1. ระบุปัญหา 2. ระบุสาเหตุของปัญหา 3. เสนอวิธีแก้ปัญหาหลายวิธี 4. ตัดสินใจเลือกวิธีดีที่สุด	1. กำหนดตัวปัญหาให้ชัดเจน 2. รวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้อง 3.วิเคราะห์ข้อมูลเพื่อหาสาเหตุ 4. กำหนดทางเลือกในการแก้ปัญหา 5. เลือกวิธีแก้ปัญหาที่เหมาะสม	1. ระบุปัญหาให้ชัดเจน 2. สะสมสมการที่จะนำมาใช้เป็นกุญแจไขปัญหา 3. ทำการคำนวณด้วยสมการที่คัดเลือกจากข้อ 2. 4. รวบรวมข้อมูลตรวจสอบหน่วยของผลการคำนวณ 5. ทบทวนตรวจสอบคำตอบ	1. ระบุปัญหา 2. พิจารณาปัญหาให้ครบสี่มิติ ได้แก่ อะไร ที่ไหน เมื่อไร และมากน้อยเท่าไร 3. สืบเสาะหาข้อมูลอันเป็นกุญแจไขปัญหาจากแนวทางที่กำหนดทั้งสี่มิติตามข้อ 2 4. ทดสอบสาเหตุที่มีความเป็นไปได้สูง 5. พิสูจน์หาสาเหตุที่แท้จริง	1. ค้นหาปัญหาเรื่องคุณภาพหรือข้อขัดข้องในการดำเนินงาน 2. หาสาเหตุของการเกิดปัญหาด้านคุณภาพ 3. เสนอแนวทางแก้ปัญหาคุณภาพ 4. ปรับปรุงคุณภาพตามแนวทางข้อ 3 5. เสริมสร้างคุณภาพและประสิทธิภาพในการดำเนินงาน

Prince of Songkla University Pattani Campus

ศิริพร ศรุตาพร (2554: 26-34) ได้กล่าวถึง ขั้นตอนการวิเคราะห์ปัญหาอย่างเป็นระบบ 5 ขั้นตอน ดังต่อไปนี้



ภาพประกอบ 8 แสดงขั้นตอนการวิเคราะห์ปัญหาอย่างเป็นระบบ

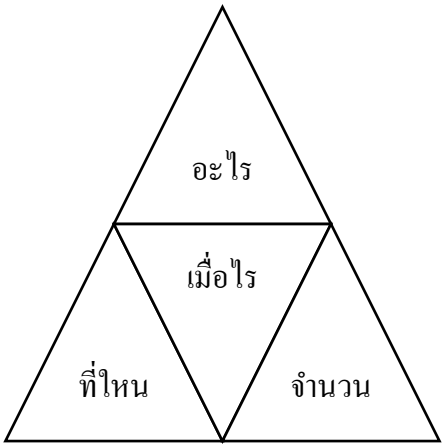
ที่มา : ศิริพร ศรุตาพร, 2554: 26

1. ระบุปัญหา เป็นการกำหนดหัวข้อแห่งปัญหา ซึ่งเป็นขั้นตอนแรกของการวิเคราะห์ปัญหาอย่างเป็นระบบ ประกอบด้วยลักษณะดังนี้

- เขียนเป็นอักษร เพื่อให้ทุกคนสามารถอ่านและทำความเข้าใจได้
- มีความชัดเจนเข้าใจง่าย เพราะช่วยให้ทุกคนเข้าใจและนำไปปฏิบัติได้
- ควรทำปัญหาให้เป็นเรื่องท้าทาย และอยากทำการแก้ไข

2. รวบรวมข้อมูลปัญหาเป็นการค้นหารายละเอียดของการเกิดปัญหา ซึ่งอาจต้องใช้เป็นคำถามในการพูดคุย หรือประชุมกันเพื่อให้ทุกคนสามารถระบุปัญหาได้โดยง่าย ได้แก่

Prince of Songkla University Pattani Campus



ภาพประกอบ 9 แสดงรายละเอียดเกี่ยวกับการรวบรวมข้อมูลที่เป็นปัญหา

ที่มา : ศิริพร ศรุตาพร, 2554: 28

3. กลั่นกรองข้อมูลเป็นการเปรียบเทียบว่าปัญหาใดมีความสำคัญอย่างเร่งด่วนและเป็นปัญหาจริง โดยนำปัญหาต่าง ๆ มาเปรียบเทียบ เพื่อให้ปัญหาดังกล่าวนั้นแคบลง และมีลักษณะเฉพาะเจาะจงมากขึ้น โดยวิเคราะห์จากหัวข้อต่อไปนี้

- ความสำคัญหรือความเร่งด่วนของปัญหานั้น
- การแก้ไขมีความเป็นไปได้มากน้อยเพียงไร
- ใครจะเป็นผู้แก้ไขปัญหา
- รายละเอียดของปัญหามีอะไรบ้าง

4. ทำการทดสอบและเลือกปัญหาที่เป็นไปได้มากที่สุด วิธีการที่ง่ายที่สุดคือ ตัดสาเหตุออกทีละสาเหตุ โดยพิจารณาจากข้อเท็จจริงที่รวบรวมมาได้ และทำการเลือกปัญหาที่มีความเป็นไปได้ที่สุด เพื่อให้ได้สาเหตุที่แท้จริงของปัญหา

5. การยืนยันสาเหตุที่แท้จริง อย่าด่วนปักใจเชื่อในทันทีทันใดจนกว่าจะได้มีการทดสอบแล้วว่าใช่ต้นตอของปัญหาจริง ๆ

ทฤษฎี 4 ขั้นตอนของวอลเลส (Wallace) (รังสรรค์ เลิศในสัตย์, 2551: 19-20) ได้เสนอขั้นตอนการแก้ปัญหา ดังนี้

1. การเตรียมการรวบรวมข่าวสารข้อมูลที่หลากหลายเกี่ยวกับปัญหานั้น แล้วทำการวิเคราะห์หลาย ๆ มุมมอง จากนั้นคิดถึงประเด็นหลักของปัญหาอย่างจริงจัง หรือเรียกว่า “การคิดให้รอบคอบ”

Prince of Songkla University Pattani Campus

2. การบ่มเพาะความคิดเมื่อพิจารณาปัญหาอย่างจริงจังแล้วอย่าด่วนตัดสินใจ ให้รอด้วยความอดทน เพราะถ้าพยายามคิดด้วยความตั้งใจและมีจิตสำนึกอย่างแท้จริงแล้วความเคยชินที่มีอยู่เดิมจะค่อย ๆ ซึมซับเข้าไปสู่ส่วนเดิมที่มีอยู่ หลังจากนั้น ค่อยค้นหาข่าวสารข้อมูล

3. การเกิดประกายความคิดเมื่อเชื่อมโยงปัญหากับข่าวสารข้อมูลเดิม ๆ ที่ดูเหมือนจะไม่เกี่ยวข้อง หรือข่าวสารข้อมูลภายนอก ก็จะเกิด “ประกายความคิด” ขึ้นทันที เช่น อาร์คิมีดีสได้รับคำสั่งจากกษัตริย์ซีราคิวส์ว่า “จงตรวจดูว่ามงกุฎทองนี้เป็นทองคำแท้หรือไม่” ซึ่งการค้นพบก็ได้เกิดขึ้นโดยบังเอิญในอ่างอาบน้ำสาธารณะและเป็นหลักการที่ได้รับการยอมรับมากว่า “ถ้าเอาสสารใส่เข้าไปในของเหลวสสารจะมีปริมาตรเท่ากับปริมาตรของของเหลวที่ถูกสสารแทนทีแล้วล้นออกมา”

4. การพิสูจน์ให้เห็นจริงต้องทำการ “พิสูจน์” ว่าความคิดนั้นสามารถทำให้เป็นจริงได้หรือไม่

ภาพประกอบ 10 ทฤษฎี 4 ขั้นตอนของวอลเลส (Wallace)

ที่มา: รังสรรค์ เลิศในสัตย์, 2551: 19-20

ตาราง 5 ขั้นตอนการแก้ปัญหา

ขั้นตอนการแก้ปัญหาโดยใช้ความคิดของแต่ละบุคคล			**ขั้นตอนการแก้ปัญหาโดยใช้ความคิดของกลุ่ม**		
1. G. Wallace	2. J. Young	3. A.F. Osborne	1. J.E. Duey	2. H.R. Ville	3. สถาบันการศึกษาเพื่อความคิดสร้างสรรค์สหรัฐอเมริกา
1. การเตรียมการ (คิดให้รอบคอบ) 2. การบ่มเพาะความคิด 3. การเกิดประกายความคิด 4. การพิสูจน์ให้เห็นจริง	1. รวบรวมข้อมูล 2. แปลข้อมูล 3. การบ่มเพาะความคิด 4. เกิดประกายความคิด 5. ทำความคิดให้เป็นรูปธรรม	1. กำหนดนโยบาย 2. เตรียมการ 3. วิเคราะห์ 4. กำหนดสมมุติฐาน 5. การบ่มเพาะความคิด 6. รวบรวม 7. พิจารณา	1. ค้นพบปัญหา 2. ทำปัญหาให้แจ่มชัด 3. คิดแก้ไขปัญหา 4. กำหนดสมมุติฐาน 5. พิจารณาสมมุติฐาน	1. รับรู้ 2. ให้คำจำกัดความ 3. วิเคราะห์ 4. รวบรวม 5. ประเมินผล 6. นำเสนอ	1. ค้นพบข้อเท็จจริง 2. ค้นพบปัญหา 3. ค้นพบความคิด 4. ค้นพบข้อเสนอแก้ไข 5. ค้นพบมาตรการที่ใช้

ที่มา: สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ, 2550: 65-69

Prince of Songkla University Pattani Campus

2.2.2 ขั้นตอนในกระบวนการแก้ปัญหา

ได้มีผู้เสนอแนวคิด กระบวนการแก้ปัญหา ซึ่งมีกระบวนการในการแก้ปัญหาที่คล้ายคลึงกัน ดังนี้

Bloom (1956: 122) กล่าวถึง กระบวนการแก้ปัญหา 6 ขั้นตอน คือ

1. ค้นพบปัญหาและสิ่งที่เคยพบเห็นที่เกี่ยวกับปัญหา
2. สร้างรูปแบบของปัญหาขึ้นมาใหม่
3. จำแนกและแยกแยะปัญหา
4. เลือกใช้ทฤษฎี หลักการความคิด และวิธีการที่เหมาะสมกับปัญหา
5. การใช้ข้อสรุปของวิธีการแก้ปัญหา
6. ผลที่ได้จากการแก้ปัญหา

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2546: 16-19) ได้เสนอกระบวนการแก้ปัญหามีขั้นตอนดังนี้

1. การทำความเข้าใจกับปัญหา
2. การวางแผนแก้ปัญหา
3. การดำเนินการแก้ปัญหาและประเมินผล
4. การตรวจสอบการแก้ปัญหา

วรรณทิพา รอดแรงค้า (2544:35) กล่าวว่า รูปแบบที่ใช้บรรยายการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ ไม่ว่ารูปแบบใดก็ตามจะมีลักษณะร่วมกันคือ

1. นักเรียนมีปฏิสัมพันธ์กับปรากฏการณ์และวัตถุจริง ๆ โดยการลงมือปฏิบัติ
2. มีการใช้ทักษะทางปัญญาขั้นสูง
3. ผลผลิตที่ได้มาต้องอาศัยความรู้และทักษะกระบวนการ
4. การแก้ปัญหาประกอบด้วยลำดับขั้นของการกระทำ

รูปแบบการแก้ปัญหาของ Lunetta และ Tamir (วรรณทิพา รอดแรงค้า, 2544: 36-37) มีส่วนประกอบสำคัญ 4 ส่วน ดังนี้

1. การวางแผน หมายถึง ยุทธวิธีในการแก้ปัญหา
2. การลงมือสืบเสาะหาความรู้ คือการลงมือทำตามยุทธวิธีที่วางไว้และการได้มาซึ่งข้อมูลและการวิเคราะห์ข้อมูลจากการออกแบบการทดลอง

Prince of Songkla University Pattani Campus

3. การตีความหมายข้อมูล เป็นการวิเคราะห์ข้อมูลที่รวบรวมมาได้ พร้อมกับอ้างอิงผลที่ได้จากการทดลองไปสู่ภายนอก

4. การนำไปใช้ เป็นการเสนอหลักการทั่วไปและทักษะที่ใช้ในการทดลองครั้งแรกไปใช้ในการแก้ปัญหาที่คล้ายคลึงกันต่อไป

การวางแผน/การออกแบบ

คำถาม/ปัญหาที่ต้องการศึกษา

ตั้งสมมติฐาน

ออกแบบปฏิบัติการที่ยุติธรรม

การลงมือสืบเสาะหาความรู้/การสาธิตกิจกรรมหรืองาน

ปฏิบัติการอย่างยุติธรรม

สังเกตด้วยความรอบคอบ

รวบรวมเครื่องมือวัดที่ถูกต้อง

วัดด้วยความถูกต้องแม่นยำ

บันทึกสิ่งที่สังเกตและวัดได้

ทำการคำนวณค่าต่าง ๆ

การวิเคราะห์และการตีความหมายข้อมูล

เปลี่ยนข้อมูลให้อยู่ในรูปของตารางและกราฟ

บ่งชี้ความสัมพันธ์

ลงข้อสรุปที่เหมาะสม

เสนอข้อสรุปทั่วไปหรือรูปแบบ

อธิบายสิ่งที่ได้ค้นพบ

ตีความหมายข้อมูลจากตาราง กราฟ และไดอะแกรม

การนำไปใช้

ทำนายหรือตั้งสมมติฐานจากผลที่ได้จากการสืบเสาะหาความรู้

นำทักษะที่ได้ไปใช้กับปัญหาหรือกับตัวแปรใหม่

ภาพประกอบ 11 รูปแบบการแก้ปัญหาของ Lunetta และ Tamir

ที่มา : วรรณทิพา รอดแรงค้า, 2544: 37

Prince of Songkla University Pattani Campus

Atkinson (1961: 224-225) อธิบายกระบวนการแก้ปัญหา ว่าเป็นวิธีเดียวกันกับกระบวนทางวิทยาศาสตร์ซึ่งประกอบด้วย 9 ขั้นตอน ดังนี้

1. กำหนดปัญหา
2. พิจารณาสำรวจประสบการณ์เดิม
3. เสาะหาข้อมูลมาสนับสนุนการแก้ปัญหา
4. เรียนรู้และประเมินผล
5. เลือกวิธีการดำเนินการที่ดีที่สุด
6. ทดสอบ
7. สรุป
8. นำข้อสรุปไปใช้ในสถานการณ์ที่เหมือนเดิม
9. นำข้อสรุปไปใช้ในการแก้ปัญหาใหม่

Dewey (1976: 130) ได้เสนอวิธีการแก้ปัญหาเป็นขั้นตอน ดังนี้

1. เตรียมการ (Preparation) หมายถึง การเรียนรู้และเข้าใจปัญหา ผู้ประสบปัญหาต้องเข้าใจในตัวปัญหาก่อนว่าปัญหาที่แท้จริงนั้น คือ อะไร

2. วิเคราะห์ปัญหา (Analysis) หมายถึง การระบุลักษณะของปัญหา ปัญหาที่เกิดขึ้นมีความยากง่ายที่แตกต่างกัน การแก้ไขย่อมแตกต่างกันจึงจำเป็นต้องพิจารณาสิ่งต่อไปนี้

2.1 ตัวแปรต้นหรือองค์ประกอบของปัญหาคืออะไร

2.2 สิ่งที่ต้องทำในการแก้ไขปัญหามีอะไรบ้าง

2.3 ให้ความสำคัญกับสิ่งที่เกิดขึ้นและแก้ปัญหาทีละตอน

2.4 ต้องรู้คำถามที่เป็นกุญแจสำหรับการแก้ปัญหา

2.5 พิจารณาแต่สิ่งที่เกี่ยวข้องกับปัญหาจริง ๆ

3. หาแนวทางในการแก้ปัญหา (Production) หมายถึง การหากระบวนการแก้ปัญหาให้ตรงกับสาเหตุของปัญหาในรูปของวิธีการ เป็นการรวมข้อมูลเกี่ยวกับปัญหา เพื่อตั้งสมมติฐาน

3.1 มีวิธีการหาข้อมูลเกี่ยวกับปัญหาอย่างไร ใครเป็นผู้ให้ข้อมูลนั้น

3.2 สร้างสมมติฐานที่เป็นไปได้เพื่อช่วยแก้ปัญหา

4. ตรวจสอบผล (Verification) หมายถึง การเสนอเกณฑ์เพื่อตรวจสอบผลลัพธ์ที่ได้ จากการเสนอวิธีการแก้ปัญหาใหม่ จนกว่าจะได้วิธีการที่ดีที่สุดหรือถูกต้องที่สุด

Prince of Songkla University Pattani Campus

5. การนำไปประยุกต์ใหม่ (Replication) หมายถึง การนำวิธีการแก้ปัญหาที่ถูกต้องไปใช้ในโอกาสข้างหน้า เมื่อพบกับเหตุการณ์คล้ายกับปัญหาที่เคยพบมาแล้ว

Weir (1974: 16-18) ได้เสนอขั้นตอนในการแก้ปัญหา ดังนี้

1. การวิเคราะห์ปัญหา

2. นิยามสาเหตุของปัญหา

3. ค้นหาแนวทางแก้ปัญหา

4. พิสูจน์คำตอบที่ได้จากการแก้ปัญหา

2.2.3 เครื่องมือและวิธีการที่ใช้วัดควาสามารถในการแก้ปัญหา

การวัดความสามารถในการแก้ปัญหาเป็นการวัดทางจิตวิทยา ต้องใช้เครื่องมือที่ช่วยกระตุ้นให้ผู้เรียนแสดงศักยภาพดังกล่าวออกมา ดังนั้น ครูจึงควรวัดและประเมินความสามารถในการแก้ปัญหาทั้งด้านการทดสอบและสังเกตพฤติกรรม (Beyer, 1985: 297-303)

สำนักทดสอบทางการศึกษา กรมวิชาการ (กรมวิชาการ, 2539: 66-74) ได้เสนอเครื่องมือและวิธีการวัดความสามารถในการแก้ปัญหาไว้ 4 ประเภท ดังนี้

1. การสังเกต เป็นครึ่งมือที่ใช้ในระหว่างการสอนของครู ช่วยให้เห็นการพัฒนาด้านการคิดของผู้เรียน การสังเกตการแก้ปัญหาของผู้เรียนมี 2 วิธี คือ

1.1 การสังเกตการณ์แบบไม่ได้ตั้งใจ โดยผู้สอนบันทึกกิจกรรมของผู้เรียนไว้เป็นข้อมูลในการพิจารณา

1.2 การสังเกตแบบตั้งใจ เป็นการสังเกตพร้อมกับบันทึกข้อมูลอย่างเป็นระบบ มีการจัดทำรายการและแบบฟอร์มการสังเกตไว้ล่วงหน้า

2. การประเมินตนเอง เป็นการที่ให้ผู้เรียนได้ประเมินตนเองว่ามีพฤติกรรมในเรื่องที่แก้ปัญหาอย่างไร ซึ่งการประเมินตนเองจะสะท้อนให้เห็นถึงการพัฒนากระบวนการแก้ปัญหาของผู้เรียน

3. แบบสำรวจรายการ เป็นเครื่องมือที่ผู้สอนสร้างขึ้น สำหรับใช้ประเมินพฤติกรรมของผู้เรียนในการแก้ปัญหาที่เป็นกระบวนการที่มีการแบ่งแยกการกระทำหรือการแสดงออกต่าง ๆ ไว้อย่างชัดเจน

4. แบบสอบข้อเขียน การสอบข้อเขียน เป็นเครื่องมือที่สะท้อนให้เห็นถึงความสามารถในการแก้ปัญหาของผู้เรียน ผู้สอนควรกำหนดเหตุการณ์ที่เป็นปัญหาให้ผู้เรียนได้แก้ปัญหา มีการกำหนดเกณฑ์การให้คะแนนในแต่ละขั้นตอน ตั้งแต่ขั้นแรกถึงขั้นสุดท้าย

2.3 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

การจัดการศึกษาด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 มีจุดเน้นสำคัญสำหรับการจัดการเรียนรู้เพื่อให้ผู้เรียนได้พัฒนาอย่างเต็มศักยภาพและเป็นไปตามธรรมชาติ เกิดการเรียนรู้ด้วยความเข้าใจสามารถเชื่อมโยงความรู้ที่หลากหลายให้เกิดความรู้แบบองค์รวม มีความสามารถในการคิดและการจัดการที่นำไปสู่การสร้างสรรค์และพัฒนาคุณภาพชีวิต มีความรับผิดชอบต่อสังคมและเห็นความสำคัญของธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมรวมทั้งจัดการเรียนรู้ให้มีความเป็นสากลที่สอดคล้องกับชีวิตจริงของสังคมไทย

2.3.1 ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ผลสัมฤทธิ์ (Achievement) เป็นผลการเรียนรู้ตามแผนที่กำหนดไว้ล่วงหน้าอันเกิดจากกระบวนการเรียนการสอนในช่วงระยะเวลาใดเวลาหนึ่งที่ผ่านมา (ศิริชัย กาญจนวาสี 2556: 166) เป็นความสามารถทางสมองด้านต่าง ๆ ที่นักเรียนได้รับประสบการณ์ทั้งทางตรงและทางอ้อมจากการจัดการเรียนรู้ ซึ่งมีนักวัดผลการศึกษาหลายท่านได้ให้ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนไว้ดังนี้

Klopfer (1971: 574-580) ได้กล่าวว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์เป็นการวัดพฤติกรรมที่เกิดจากความสามารถทางสมองของนักเรียนเมื่อผ่านการเรียนการสอนแล้วซึ่งมี 4 ด้าน ดังนี้

1. ด้านความรู้
2. ด้านความเข้าใจ
3. ด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์
4. ด้านการนำความรู้และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้

หน่วยศึกษานิเทศก์ กรมสามัญศึกษา (อ้างอิงในยุทธิ์ จันทร์คูเมือง, 2530: 27) ได้ให้ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนว่า เป็นผลรวมของคะแนนที่แทนความสามารถทางการเรียนของนักเรียนแต่ละรายวิชา

เผียน ไชยศร (2531: 321) ได้กล่าวว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหมายถึงความสามารถของบุคคลที่เกิดจากการได้เรียนรู้ ได้รับการฝึกฝน และได้รับการอบรม

นิภา เมธาวิชัย (2536: 65) ได้กล่าวว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง ความรู้และทักษะที่ได้รับก่อให้เกิดการพัฒนามาจากการเรียนการสอน การฝึกฝน และได้รับการอบรมโดยครูสามารถวัดผลการเรียนรู้และทักษะที่เกิดกับนักเรียนได้โดยใช้เครื่องมือวัดผล

Prince of Songkla University Pattani Campus

นิยม ศรียะพันธุ์ (2541: 34) ได้กล่าวว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง ความสำเร็จหรือความสามารถของบุคคลเป็นการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรม และประสบการณ์การเรียนรู้ที่เกิดจากการเรียนการสอน

ศิริพร สุวรรณการณ์ (2546: 41) ได้กล่าวว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหมายถึง ความสามารถของบุคคลที่ได้รับการฝึกอบรมแล้ว การวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเป็นการวัดระดับความสามารถในการเรียนรู้ของบุคคลที่ได้รับการฝึกฝนแล้ว

จากความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสามารถสรุปได้ว่า เป็นความรู้และทักษะที่ได้รับจากการเรียนการสอน การฝึกฝน และได้รับการอบรมสั่งสอน นำไปสู่ความสำเร็จหรือความสามารถของบุคคลซึ่งเป็นการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรม และประสบการณ์การเรียนรู้ที่เกิดจากการเรียนการสอนโดยครูอาศัยเครื่องมือวัดผลช่วยในการศึกษาว่านักเรียนมีความรู้และทักษะมากน้อยเพียงใดจากผลรวมของคะแนนที่แทนความสามารถของบุคคลที่ได้รับการฝึกอบรม การวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนจึงเป็นการวัดระดับความสามารถในการเรียนรู้ของบุคคลที่ได้รับการฝึกฝนแล้ว

2.3.2 แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

แบบวัดผลสัมฤทธิ์เป็นเครื่องมืออย่างหนึ่งที่ออกแบบไว้สำหรับวัดความรู้ หรือทักษะที่เกิดขึ้นกับผู้เรียนในช่วงเวลาหนึ่ง อันเป็นผลการเรียนการสอนที่กำหนดไว้ในจุดประสงค์และขอบเขตของเนื้อหาสาระอย่างชัดเจน (ศิริชัย กาญจนวาสี, 2556: 167)

บุญธรรม กิจปรีดาบริสุทธิ์ (2535: 44) กล่าวว่า แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเป็นแบบทดสอบที่ใช้วัดระดับความรู้ ความสามารถและทักษะทางวิชาการที่ได้จากการเรียนรู้

สมนึก ภัททิยธานี (2537: 45) กล่าวโดยสรุปว่า แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเป็นแบบทดสอบที่ใช้วัดระดับความรู้ ความสามารถและทักษะทางวิชาการที่ได้จากการเรียน

เยาวดี วิบูลย์ศรี (2540: 28) กล่าวโดยสรุปว่า แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเป็นแบบทดสอบที่ใช้วัดความรู้เชิงวิชาการ เน้นการวัดความสามารถจากการเรียนรู้ในอดีต หรือในสภาพปัจจุบัน

วิรัช วรรณรัตน์ (2541: 49) กล่าวว่า แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์เป็นแบบทดสอบที่ใช้วัดความรู้ ความสามารถของผู้เรียน เพื่อต้องการรู้ว่าผู้เรียนมีความรู้อะไรบ้าง เมื่อผ่านการเรียนแล้ว

Prince of Songkla University Pattani Campus

ผู้วิจัยจึงสรุปว่า แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เป็นเครื่องมือที่ออกแบบไว้สำหรับวัดระดับความรู้ ความสามารถหรือทักษะที่เกิดกับผู้เรียนในช่วงเวลาหนึ่งที่ได้จากการเรียนรู้อันเป็นผลจากการสอนที่กำหนดไว้ในจุดประสงค์และขอบเขตของเนื้อหาสาระอย่างชัดเจน เพื่อให้ทราบว่าผู้เรียนมีความรู้อะไรบ้าง เมื่อผ่านการเรียนไปแล้ว

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้สร้างแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ซึ่งครอบคลุมพฤติกรรมทั้ง 5 ด้าน คือ ด้านความรู้ความจำ ด้านความเข้าใจ ด้านการนำไปใช้ ด้านการวิเคราะห์และสังเคราะห์ ดังนั้นแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในการวิจัยครั้งนี้จึงหมายถึง ความสามารถในการเรียนวิชาเคมีของแต่ละบุคคล ซึ่งวัดได้จากแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่อง ไฟฟ้าเคมี ซึ่งผู้วิจัยสร้างขึ้นโดยพิจารณาให้ครอบคลุมผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง

2.3.3 การวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์

การวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์จะต้องกำหนดจุดประสงค์ของการประเมินให้ตรงกับแนวทางการจัดการเรียนรู้ที่ประกอบด้วยการประเมินด้านกระบวนการคิด การจัดการ การประยุกต์ความรู้ การมีคุณธรรม ค่านิยมที่ดี และคุณลักษณะอันพึงประสงค์ รวมทั้งต้องประเมินให้ครอบคลุมตามเป้าหมายการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ 7 ประการ (สสวท. 2555:1-2) ดังต่อไปนี้

1. เพื่อให้เข้าใจหลักการ ทฤษฎีที่เป็นพื้นฐานทางวิทยาศาสตร์

2. เพื่อให้เข้าใจขอบเขต ธรรมชาติ และข้อจำกัดของวิทยาศาสตร์

3. เพื่อให้มีทักษะที่สำคัญในการศึกษาค้นคว้าและคิดค้นทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

4. เพื่อพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาและการจัดการ ทักษะในการสื่อสารและความสามารถในการตัดสินใจ ผ่านกระบวนการคิดและจินตนาการ

5. เพื่อให้ตระหนักถึงความเกี่ยวข้องกันวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี มนุษย์และสภาพแวดล้อมในเชิงที่มีปฏิสัมพันธ์กัน

6. เพื่อนำความรู้ความเข้าใจในเรื่องวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีไปใช้ให้เกิดประโยชน์ต่อการดำรงชีวิตในสังคม

7. เพื่อให้เป็นคนมีจิตวิทยาศาสตร์ มีคุณธรรม จริยธรรม และค่านิยมในการใช้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอย่างสร้างสรรค์

Prince of Songkla University Pattani Campus

นอกจากนี้ การประเมินผลในชั้นเรียนจะต้องกำหนดจุดมุ่งหมายให้คลอบคลุม เพื่อจะได้นำผลประเมินไปใช้ประโยชน์ใน 3 ด้าน คือ

1. เพื่อวินิจฉัยผู้เรียนด้านความรู้วิทยาศาสตร์ กระบวนการเรียนรู้และความสามารถที่เป็นทักษะสำคัญของชีวิต และนำผลที่ได้จากการวินิจฉัยไปเป็นแนวทางในการจัดการเรียนรู้ให้เหมาะสมกับผู้เรียนต่อไป

2. เพื่อตรวจสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียนตามสาระการเรียนรู้และตัวชี้วัด หรือตามผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง และนำผลที่ได้จากการตรวจสอบนี้ไปใช้พัฒนาให้ผู้เรียนมีผลการเรียนรู้ที่ดียิ่งขึ้น

3. เพื่อจัดทำข้อมูลสารสนเทศในด้านการจัดการเรียนรู้ของผู้สอนหรือสถานศึกษา และใช้ข้อมูลตัดสินคุณภาพผู้เรียน ตลอดจนนำเสนอผลการประเมินต่อผู้เรียน ผู้ปกครอง หรือผู้ที่เกี่ยวข้องกับการจัดการศึกษา เพื่อให้สถานศึกษาได้มีข้อมูลสารสนเทศด้านการจัดการการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ไปวางแผนพัฒนาการจัดการศึกษาต่อไป

การที่จะบรรลุจุดมุ่งหมายทั้งสามประการดังกล่าว จะต้องทำการวัดผลประเมินผลอย่างต่อเนื่อง ด้วยวิธีการและเครื่องมือการประเมินที่หลากหลาย ผู้สอนจึงต้องศึกษาเพื่อหาแนวทางและวิธีการประเมินใหม่ ๆ ที่เหมาะสมมาใช้ในการเพิ่มประสิทธิภาพของการวัดผลประเมินผลอยู่เสมอ

การวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนนั้นสามารถทำได้โดยใช้วิธีการที่หลากหลายขึ้นอยู่กับดุลพิจของครูผู้สอนที่จะเลือกใช้ให้เหมาะสมกับจุดมุ่งหมายการเรียนรู้ และสิ่งที่ต้องการวัด สำหรับการวัดความสามารถทางสติปัญญานั้นนิยมใช้แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ซึ่งเป็นแบบปรนัย 4 ตัวเลือก โดยวัดความสามารถทางสติปัญญาตามแนวคิดของบลูม (Bloom) ทั้ง 6 ด้าน คือ ด้านความรู้ ความจำ ความเข้าใจ ด้านการนำไปใช้ ด้านการวิเคราะห์ ด้านการสังเคราะห์ และด้านการประเมินค่า

2.3.4 หลักการและขั้นตอนในการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

การสร้างแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนมีความจำเป็นอย่างยิ่งทางการเรียนโดยมีหลักในการวางแผนออกข้อสอบดังนี้ (Ebel, 1965: 57-80 อ้างอิงในปราณี ทองคำ, 2539: 19-20)

1. กำหนดเป้าหมายในการสอบ ในการเรียนการสอนอาจมีการสอบหลายครั้ง ครูจะต้องกำหนดว่าจะใช้แบบทดสอบเพื่อเป้าหมายใด เมื่อไร เพื่อจะได้สร้างแบบสอบที่เหมาะสม

Prince of Songkla University Pattani Campus

2. กำหนดพฤติกรรมต่าง ๆ ที่ต้องการเน้น ครูต้องกำหนดว่าจะวัดพฤติกรรมด้านพุทธิพิสัย จิตพิสัย หรือทักษะพิสัย การทดสอบความสัมพันธ์กับจุดมุ่งหมายของการเรียนการสอน จำนวนข้อสอบในเนื้อหาสาระแต่ละตอนจะต้องสัมพันธ์กับน้ำหนักความสำคัญ และเนื้อหาในตอนนั้น ๆ วิธีการที่จะช่วยให้บรรลุจุดมุ่งหมายคือ การจัดทำตารางวิเคราะห์หลักสูตร

3. เลือกรูปแบบข้อสอบ ประเภทของข้อสอบที่ใช้นั้นขึ้นอยู่กับจุดมุ่งหมายของการสอน และองค์ประกอบอื่น ๆ อีกหลายอย่าง เช่น พฤติกรรมที่ต้องการวัด ลักษณะเนื้อหาวิชา ธรรมชาติของผู้สอบ เป็นต้น

4. เวลาที่ใช้ในการสอบ ขึ้นอยู่กับจุดมุ่งหมาในการสอบ โดยทั่วไปเวลาสอบจะสัมพันธ์กับจำนวนข้อสอบ แบบทดสอบที่มีความยาวจะมีค่าความเที่ยงของคะแนนสูงขึ้น

5. กำหนดจุดประสงค์ในการเรียนการสอนที่จะออกข้อสอบ ข้อสอบควรเป็นตัวแทนของสิ่งที่ได้สอนไปแล้ว แต่ในการสอบนั้น ไม่สามารถที่จะวัดได้ครบทุกจุดประสงค์ ดังนั้นจึงจำเป็นต้องเลือกจุดประสงค์ที่สำคัญมาเป็นตัวแทนของสิ่งที่สอนไปแล้วมาสอบวัด

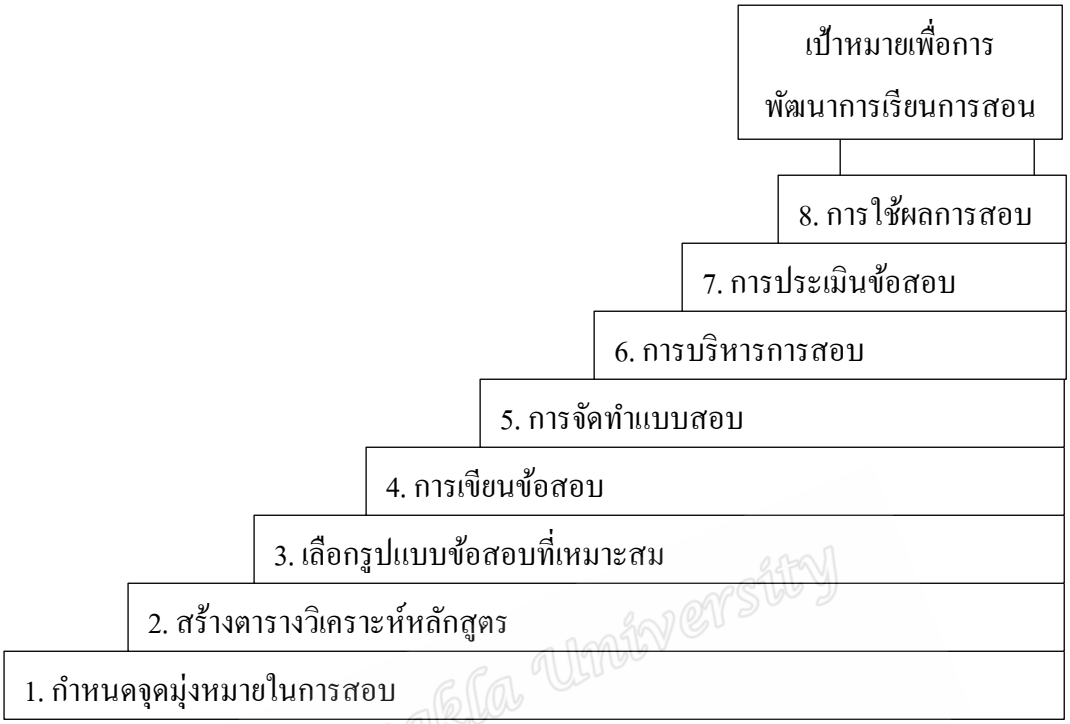
6. ตัดสินใจว่าข้อสอบควรมีความยากง่ายระดับใด ขึ้นอยู่กับจุดมุ่งหมายของการใช้แบบสอบ ถ้าเป็นแบบสอบที่ต้องการใช้ประเมินผลการเรียน ข้อสอบควรมีความยากง่ายปานกลาง เพื่อให้นักเรียนประมาณครึ่งหนึ่งตอบถูก และนักเรียนครึ่งหนึ่งตอบผิด ทำให้ข้อสอบมีอำนาจจำแนกสูงสุด

7. กำหนดวิธีการตอบแบบทดสอบของนักเรียน ครูจะต้องกำหนดลักษณะการตอบข้อสอบแต่ละแบบให้ชัดเจน เช่น ให้ทำในตัวข้อสอบหรือให้ตอบในกระดาษคำตอบ โดยแยกเป็นตอน ไม่ปะปนกัน ทั้งนี้ครูจะต้องกำหนดวิธีการตรวจข้อสอบไปพร้อมกันด้วย

8. กำหนดวิธีการจำแนกผลการทดสอบ เมื่อตรวจให้คะแนนเรียบร้อยแล้วจะแจกแจงและแปรความหมายของคะแนนอย่างไร ใช้ระบบอิงเกณฑ์หรืออิงกลุ่ม เป็นต้น

Prince of Songkla University Pattani Campus

ขั้นตอนการวางแผนการสร้างแบบสอบมี 8 ขั้นตอน ดังภาพประกอบต่อไปนี้



ภาพประกอบ 12 ขั้นตอนการวางแผนการสร้างแบบสอบ

ที่มา: Gronlund and Linn, 1990 : 10 อ้างอิงใน ปราณี ทองคำ, 2539: 21

Prince of Songkla University Pattani Campus

การวัดผลสัมฤธิ์ทางการเรียนมีข้อจำกัดหลายประการ ทำให้ผู้สอนไม่สามารถทำการวัดความรู้และทักษะที่สอนไปแล้วได้ทั้งหมด แบบทดสอบที่ใช่จึงเป็นเพียงกลุ่มตัวอย่างของเนื้อหาสาระส่วนหนึ่งที่ใช้เป็นตัวแทนมวลเนื้อหาหรือประสบการณ์ที่เป็นไปได้ทั้งหมด ดังนั้นการสร้างแบบทดสอบเพื่อวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียน จึงตั้งอยู่บนข้อตกลงเบื้องต้น 3 ประการ ดังนี้

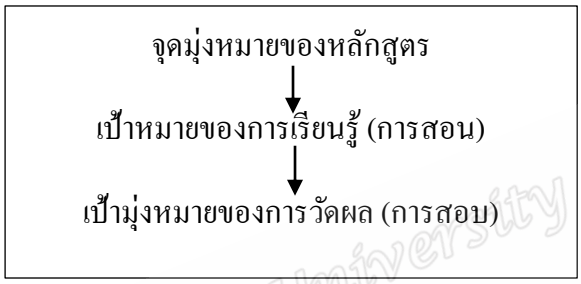
1) มวลเนื้อเรื่อง หรือทักษะที่เป็นจุดมุงหมายของการเรียนการสอน สามารถนำมาระบุได้อย่างชัดเจน (Well defined) ในเชิงพฤติกรรมหรือกลุ่มพฤติกรรม นั่นคือผลลัพธ์อันเป็นเป้าหมายของการเรียนรู้ที่ต้องการให้เกิดกับผู้เรียนนั้นจะต้องสามารถนำไปใช้สื่อความหมายและความสำคัญให้เป็นที่เข้าใจกันโดยทั่วไปได้

2) แบบทดสอบที่สร้างขึ้นมาต้องมีความตรงตามเนื้อเรื่อง (Content validity)

3) ผู้สอบได้มีโอกาสเรียนรู้ครอบคลุมสิ่งที่แบบสอบมุ่งวัด การวัดผลสัมฤทธิ์ของผู้เรียนจะนำมาแปลผลได้อย่างมีความหมาย เมื่อผู้เรียนมีโอกาสได้เรียนรู้ (Opportunity to learn) ครอบคลุมสิ่งที่แบบสอบมุ่งวัด (ศิริชัย กาญจนวาสี, 2556: 167)

ขั้นตอนการสร้างและการพัฒนาแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์มีดังนี้

1) กำหนดเป้าหมายของการสอบ (Specification of Purpose) จะต้องมีความสัมพันธ์กับจุดประสงค์ของการเรียนรู้ และเป้าหมายของหลักสูตร ตามลำดับ ดังภาพต่อไปนี้



ภาพประกอบ 13 ความสอดคล้องระหว่างจุดมุ่งหมาย

ที่มา: ศิริชัย กาญจนวาสี, 2556: 167

2) ออกแบบการสร้างแบบสอบ เป็นการกำหนดรูปแบบ ขอบเขตและแนวทางการสร้างเพื่อให้ได้มาซึ่งข้อสอบและแบบสอบที่มีคุณภาพ การออกแบบการสร้างแบบสอบจะประกอบด้วยกิจกรรมการดำเนินงาน ดังนี้

2.1) วางแผนการทดสอบผู้สอนจะต้องวางแผนการสอบให้สอดคล้องกับแผนการวัดผลที่กำหนดไว้นั้น โดยจะต้องวางแผนว่าเพื่อให้บรรลุจุดมุ่งหมายของการสอบและสนองต่อแผนการวัดผลที่ต้องการว่าจะต้องทำการทดสอบทั้งหมดกี่ครั้งควรมีความถี่ห่างของการสอบเท่าใดและแต่ละครั้งต้องครอบคลุมเนื้อหาหรือจุดมุ่งหมายใด และจะใช้เวลาเท่าใด

2.2) กำหนดรูปแบบของแบบทดสอบ ผู้สอนจะต้องเลือกรูปแบบของแบบสอบว่ารูปแบบใดน่าจะเหมาะสมกับสมรรถภาพและเนื้อหาที่มุ่งวัดสำหรับการทดสอบแต่ละครั้ง (ศิริชัย กาญจนวาสี, 2556: 51)

Prince of Songkla University Pattani Campus

2.4 ความพึงพอใจในการจัดการเรียนรู้

2.4.1 ความหมายของความพึงพอใจ

ความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ทำให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้อย่างมีความหมาย ส่งผลให้การจัดการเรียนรู้มีประสิทธิภาพ สามารถใช้ในชีวิตประจำวันได้ โดยนักการศึกษาได้ให้ความหมายของความพึงพอใจไว้ ดังนี้

ธีรพงศ์ แก่นอินทร์ (2545: 36) ได้ให้ความหมายความพึงพอใจต่อการเรียนการสอนว่า เป็นความรู้สึกพึงพอใจต่อการปฏิบัติของนักศึกษา ในระหว่างการเรียนการสอน การปฏิบัติของอาจารย์ ผู้สอน และสภาพบรรยากาศโดยทั่วไปของการเรียนการสอน

อัมพวา รักบิดา (2549: 47) ความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ หมายถึง ความรู้สึกที่ดีต่อการจัดการเรียนรู้หรือความชอบของผู้เรียน ที่เป็นผลมาจากการจัดการเรียนรู้ซึ่งเกิดขึ้น เมื่อผู้เรียนปฏิบัติกิจกรรมและได้ผลสำเร็จตามความมุ่งหมาย รวมทั้งได้รับผลตอบแทนตามความต้องการของผู้เรียน

วิรุฬ พรรณเทวี (2542: 11) ให้ความหมายของความพึงพอใจว่า เป็นความรู้สึกทางจิตใจมนุษย์ที่ไม่เหมือนกัน ซึ่งขึ้นอยู่กับแต่ละบุคคลว่าจะคาดหมายกับสิ่งหนึ่ง สิ่งใดอย่างไร ถ้าคาดหวังหรือมีความตั้งใจมากและได้รับการตอบสนองด้วยดี จะมีความพึงพอใจมาก แต่ในทางตรงกันข้าม อาจผิดหวังหรือไม่พึงพอใจเป็นอย่างยิ่ง เมื่อไม่ได้รับการตอบสนองตามที่คาดหวังไว้ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับสิ่งที่ตนตั้งใจไว้ว่ามีมากหรือน้อย

รุสดา จะปะเกีย (2558: 48) ให้ความหมายของความพึงพอใจในการจัดการเรียนรู้ว่า เป็นความพึงพอใจของนักเรียนที่เกิดขึ้นหลังการจัดการเรียนรู้ อาจแสดงถึงความรู้สึกในด้านบวก หรือด้านลบ ชอบหรือไม่ชอบ ในการจัดกิจกรรมโดยครอบคลุมในด้านบทบาทของผู้สอน บทบาทของผู้เรียน การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ การวัดและการประเมินผล และประโยชน์ที่ได้รับ

สุดารัตน์ อะหลีแอ (2558: 48) ให้ความหมายความพึงพอใจว่า ความรู้สึกดี ความชอบและการให้คุณค่าของผู้เรียนต่อการจัดการเรียนรู้ อันเป็นผลมาจากการจัดการเรียนรู้ ผู้สอน ความพร้อมและบรรยากาศของการจัดการเรียนรู้ รวมถึงการที่ผู้เรียนปฏิบัติกิจกรรมแล้วประสบผลสำเร็จตามความต้องการของผู้เรียน

ผู้วิจัยขอสรุปความหมายของความพึงพอใจว่า เป็นความรู้สึกที่ดี ความชอบและการให้คุณค่าต่อการจัดการเรียนรู้ ที่เป็นผลมาจากการจัดการเรียนรู้ของครูผู้สอน และสภาพบรรยากาศโดยทั่วไปของการจัดการเรียนรู้ซึ่งเกิดขึ้น เมื่อผู้เรียนปฏิบัติกิจกรรมได้สำเร็จตามความ

Prince of Songkla University Pattani Campus

เป้าหมาย รวมถึงการได้รับผลตอบแทนตามความคาดหวังของผู้เรียน โดยเป็นความรู้สึกทางใจที่ไม่เหมือนกัน ซึ่งขึ้นอยู่กับแต่ละบุคคลว่าจะคาดหมายกับสิ่งหนึ่ง สิ่งใดอย่างไร ถ้าคาดหวังหรือมีความตั้งใจมากและได้รับการตอบสนองด้วยดี จะมีความพึงพอใจมาก แต่ในทางตรงกันข้าม อาจผิดหวังหรือไม่พึงพอใจเป็นอย่างยิ่ง เมื่อไม่ได้รับการตอบสนองตามที่คาดหวังไว้ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับสิ่งที่ตนตั้งใจไว้ว่ามีมากหรือน้อย

2.4.2 การวัดความพึงพอใจ

การวัดความพึงพอใจสามารถวัดได้หลายวิธี ดังนี้ (อมรลักษณ์ ปรีชาหาญ, 2535: 44)

1. การสังเกต เป็นการวัดความพึงพอใจโดยผู้สอบถามจะสังเกตพฤติกรรมของบุคคลเป้าหมาย ไม่ว่าจะเป็นการแสดงออกทางการพูด การแสดงออกทางกิริยาท่าทาง วิธีนี้ผู้สอบถามต้องอาศัยการกระทำอย่างจริงจัง และการสังเกตอย่างมีระเบียบแบบแผน

2. การสัมภาษณ์ เป็นการวัดความพึงพอใจซึ่งต้องอาศัยเทคนิคและวิธีการที่ดี ซึ่งจะส่งผลให้ผู้สอบถามได้รับข้อมูลที่เป็นจริงได้

3. การใช้แบบสอบถาม เป็นการวัดความพึงพอใจโดยผู้สอบถามจะต้องออกแบบสอบถามเพื่อต้องการทราบความคิดเห็นจากบุคคลเป้าหมาย ซึ่งสามารถทำได้หลายรูปแบบ ได้แก่ ลักษณะที่กำหนดคำตอบให้เลือก หรือตอบคำถามอิสระ โดยคำถามดังกล่าวอาจเป็นคำถามความพึงพอใจในด้านต่าง ๆ เช่น การควบคุมงาน การบริการ และเงื่อนไขต่าง ๆ เป็นต้น

Prince of Songkla University Pattani Campus

2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การวิจัยในครั้งนี้ผู้วิจัยได้ศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ซึ่งพบว่างานวิจัยที่ศึกษาผลการจัดการเรียนเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ความสามารถในการแก้ปัญหาและความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ของนักเรียน มีดังนี้

2.5.1 ผลของสะเต็มศึกษาที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

นัสรินทร์ บือซา (2557: 85-94) ได้ศึกษา ผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา ความสามารถในการแก้ปัญหาและความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 พบว่า นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ชีววิทยา ความสามารถในการแก้ปัญหาสูงขึ้น และนักเรียนมีความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาอยู่ในระดับมากเนื่องจากการจัดการเรียนรู้ที่ให้นักเรียนบูรณาการด้านเนื้อหาวิชาร่วมกับหลักการและทักษะกระบวนการคิด การออกแบบ และการแก้ปัญหา มาบูรณาการร่วมกับกระบวนการทางวิศวกรรมและเทคโนโลยี ส่งเสริมให้นักเรียนได้เรียนรู้และก่อให้เกิดทักษะต่าง ๆ ที่สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในสถานการณ์หลากหลายที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวัน

ศิริลักษณ์ ชาวลุ่มบัว (2558: 146) ได้พัฒนาหลักสูตรตามแนวทางสะเต็มศึกษา เรื่อง อ้อย สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3โดยใช้รูปแบบการสอนแบบ สืบเสาะ 5 ขั้นตอน (5E) พบว่า นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ความตระหนักต่อสิ่งแวดล้อมเพิ่มสูงขึ้น และนักเรียนมีความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้อยู่ในระดับมาก เนื่องจากสะเต็มศึกษาเป็นหลักสูตรบูรณาการ ทำให้ผู้เรียนเรียนรู้เนื้อหาและสิ่งต่าง ๆ รอบตัวอย่างมีความหมาย และผู้เรียนได้เรียนรู้เนื้อหาจากสิ่งใกล้ตัว สัมพันธ์กับประสบการณ์เดิมของตนเอง ช่วยให้ผู้เรียนเรียนรู้อย่างกระตือรือร้นตามหัวเรื่องนั้น ๆ

2.5.2 ผลของสะเต็มศึกษาที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหา

นัสรินทร์ บือซา (2557: 85-94) ได้ศึกษา ผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา ความสามารถในการแก้ปัญหาและความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 พบว่า นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา ความสามารถในการแก้ปัญหาสูงขึ้น และนักเรียนมีความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาอยู่ในระดับมาก

ดวงพร สมจันทร์ตา, มนตรี มณีภาค และสมเกียรติ พรพิสุทธิ์ (2559: 353-359) ได้ศึกษาความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายที่ได้รับการจัดการเรียนตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง กายวิภาคของพืช พบว่า ความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ และผลสัมฤทธิ์ของนักเรียนสูงขึ้น

ดารารัตน์ ชัยพิลา (2558: 81-82) ได้ศึกษาผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบโครงงานตามแนวคิดสะเต็มศึกษาที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์เรื่อง ปฏิกิริยาเคมี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 พบว่า ผู้เรียนได้เรียนรู้กระบวนการแก้ปัญหาโดยอาศัยความรู้ต่าง ๆ มาบูรณาการร่วมกันเพื่อหาแนวทางหรือวิธีแก้ปัญหา

2.5.3 ผลของสะเต็มศึกษาที่มีต่อความพึงพอต่อการจัดการเรียนรู้

พลศักดิ์ แสงพรมศรี (2558:74-75) ได้ศึกษา การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ และเจตคติต่อการเรียนวิชาเคมี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษากับแบบปกติ พบว่า นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการและเจตคติต่อการเรียนวิชาเคมีสูงกว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ เนื่องจากกิจกรรมการเรียนรู้สะเต็มศึกษาเป็นการเรียนรู้ที่ตั้งอยู่บนพื้นฐานของการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้และการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานเพื่อกำหนดกรอบหรือขอบเขตในการศึกษาหาแนวทางในการแก้ปัญหา โดยใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์มาช่วยแก้ปัญหา มีการสะท้อนความคิดจากประสบการณ์โดยตรงของนักเรียน รวมทั้งมีการใช้สื่อเทคโนโลยีเข้าร่วม จนนำไปสู่โครงงานเพื่อสร้างสิ่งประดิษฐ์ขึ้นใช้ในการแก้ปัญหาในที่สุดนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษา มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ และเจตคติต่อการเรียนวิชาเคมี สูงกว่าการเรียนรู้แบบปกติ

Chonkaew, et al. (2016) ได้พัฒนาความสามารถในการคิดวิเคราะห์และทัศนคติต่อการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้สะเต็มศึกษาในการศึกษาเรื่องปริมาณสารสัมพันธ์ พบว่าว่ากิจกรรมสะเต็มศึกษาบนพื้นฐานของการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานนั้นประสบความสำเร็จในการพัฒนาความสามารถในการคิดวิเคราะห์และทัศนคติต่อการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ นักเรียนตระหนักถึงความสำคัญของทฤษฎีและสามารถบูรณาการความรู้จากสาขาต่าง ๆ ในการแก้ปัญหาและสร้างนวัตกรรมใหม่ ๆ นักเรียนมีความสามารถในการคิดวิเคราะห์สูงขึ้น

นัสรินทร์ บือซา (2557: 85-94) ได้ศึกษา ผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา ความสามารถในการแก้ปัญหาและความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 พบว่า นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา ความสามารถในการแก้ปัญหาสูงขึ้น และนักเรียนมีความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาอยู่ในระดับมาก

ศิริลักษณ์ ชาวลุ่มบัว (2558: 146) ได้พัฒนาหลักสูตรตามแนวทางสะเต็มศึกษาเรื่อง อ้อย สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 พบว่า นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ความตระหนักต่อสิ่งแวดล้อมเพิ่มสูงขึ้น และนักเรียนมีความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้อยู่ในระดับมากเนื่องจากผู้วิจัยจัดการเรียนรู้ในบรรยากาศที่ผ่อน

คลาย เป็นกันเอง ทำให้ผู้เรียนเกิดความไว้วางใจ กล้าคิด กล้าแสดงออก ทำให้นักเรียนให้ความร่วมมือในการทำกิจกรรมและกล้าซักถามเมื่อมีข้อสงสัย หรือไม่เข้าใจในบทเรียน

2.5.4 ผลของสะเต็มศึกษาที่มีต่อความสามารถด้านอื่น ๆ

บุญลอย หนูน้อย และคณะ (2559: 278) ได้ศึกษา ผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์และคณิตศาสตร์ที่เพิ่มทักษะการคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์เรื่องวงจรไฟฟ้าของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่6 พบว่า นักเรียนมีความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์เพิ่มขึ้น และนักเรียนมีความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้อยู่ในระดับมาก

ภัสสร ติดมา (2558: 94) ได้ศึกษา การพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ เรื่อง ระบบร่างกายมนุษย์ ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมตามแนวทางสะเต็มศึกษา ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 พบว่า การจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมสามารถพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนได้ โดยพบว่า แรงบันดาลใจในการออกแบบและสร้างสรรค์แบบจำลองอวัยวะที่เกิดจากปัญหาที่เกิดขึ้นกับตัวผู้เรียนเอง ทำให้ผู้เรียนมีความกระตือรือร้นและสนใจที่จะออกแบบและสร้างแบบจำลองอวัยวะขึ้น

จากงานวิจัยข้างต้น การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ทำให้นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเป็นไปในทิศทางที่ดีขึ้นและผ่านเกณฑ์ที่กำหนด ส่งผลต่อคุณภาพของผู้เรียนได้อย่างเป็นที่น่าพอใจและมีประสิทธิภาพ นักเรียนสามารถบูรณาการความรู้ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์และคณิตศาสตร์ เข้ากับบริบทในชีวิตจริง ส่งผลให้นักเรียนมีทักษะการคิดขั้นสูง เช่น การคิดแก้ปัญหา การคิดสร้างสรรค์ เป็นต้น ทำให้นักเรียนเรียนรู้อย่างมีความหมาย มีความสามารถด้านการคิดพร้อมลงมือปฏิบัติ และมีความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ดังนั้น การเลือกจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาจึงเป็นการจัดการเรียนรู้ที่เหมาะสมสามารถช่วยพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนได้ตามวัตถุประสงค์ที่ต้องการได้

2.6 คะแนนพัฒนาการ

2.6.1 ความหมายของคะแนนพัฒนาการ

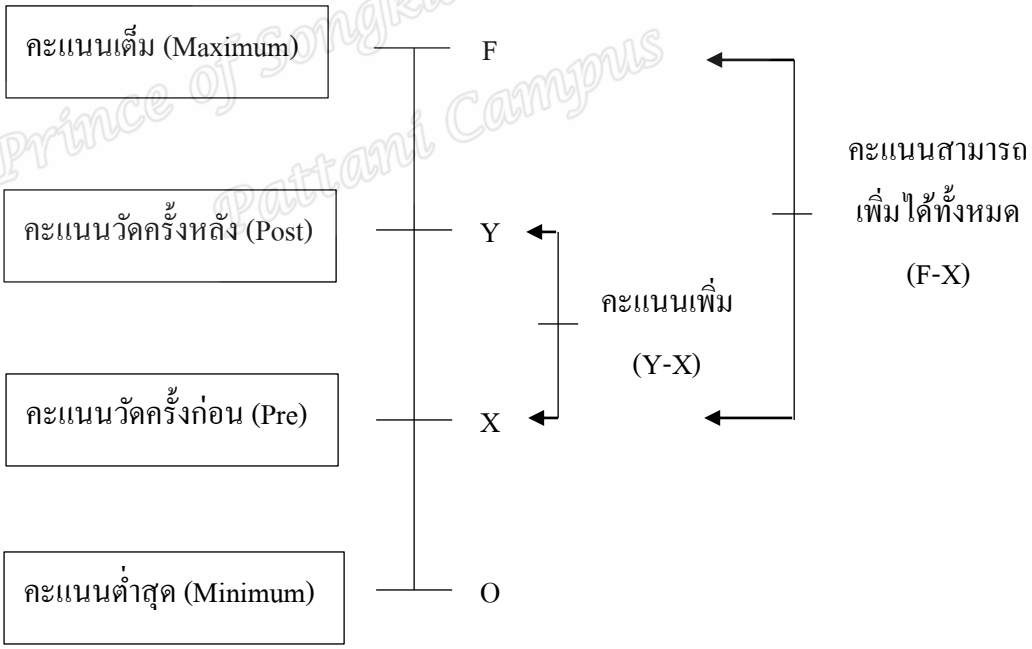
คะแนนพัฒนาการ หมายถึง คะแนนที่ได้จากผลต่างระหว่างคะแนนหลังเรียนกับคะแนนก่อนเรียนที่ได้จากการวัดตั้งแต่ 2 ครั้ง หรือหลายครั้ง ที่แสดงถึงการเปลี่ยนแปลงและ

พัฒนาการของผู้เรียนที่เกิดขึ้นหลังจากได้เรียน (อวยพร เรืองตระกูล, 2544: 17; สุทธาวรรณ ภาณุรัตน์, 2553: 36; สมถวิล วิจิตรวรรณา และคณะ, 2556: 36)

ดังนั้นสรุปได้ว่า คะแนนพัฒนาการ เป็นคะแนนผลต่างของผู้เรียน ที่ได้จากการวัดก่อนเรียนและหลังเรียน เพื่อแสดงให้เห็นถึงพัฒนาการทางการเรียนรู้ของผู้เรียนหลังได้รับการจัดการเรียนรู้

2.6.2 หลักการคำนวณคะแนนพัฒนาการ

ศิริชัย กาญจนวาสี (2552: 266-267) ได้เสนอคะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์ โดยพิจารณาจากคะแนนเพิ่ม หรือคะแนนผลต่างที่ได้จากการวัดครั้งแรก และวัดครั้งหลัง ซึ่งมักจะประสบกับปัญหาจากอิทธิพลเพดาน (Ceiling Effect) เนื่องจากกลุ่มผู้เรียนที่มีความสามารถสูง เช่น นักเรียนกลุ่มสูง และกลุ่มปานกลาง โดยเฉลี่ยแล้วนักเรียนจะมีคะแนนการวัดครั้งแรกสูงกว่ากลุ่มอ่อน เมื่อวัดครั้งหลังโอกาสที่คะแนนครั้งหลังจะสูงได้เพียงใดนั้นจะถูกกำหนดโดยเพดาน (คะแนนเต็ม) ทำให้คะแนนเพิ่มของนักเรียนกลุ่มเก่งและกลุ่มปานกลางมีแนวโน้มต่ำกว่ากลุ่มอ่อน



ภาพประกอบ 14 หลักการคำนวณคะแนนพัฒนาการ

ที่มา : ศิริชัย กาญจนวาสี (2556: 267)

การประมาณคะแนนพัฒนาการการเรียนรู้ของผู้เรียน สามารถคำนวณได้จากสูตรคะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์ โดยมีสูตรและวิธีการวัด ดังนี้

$$DS(\%) = \frac{(Y - X)}{F - X} \times 100$$

เมื่อ DS (%) หมายถึง คะแนนร้อยละของพัฒนาการของนักเรียน (คิดเป็นร้อยละ)

F หมายถึง คะแนนเต็มของการวัดครั้งแรกและครั้งหลัง

X หมายถึง คะแนนการวัดครั้งแรก

Y หมายถึง คะแนนการวัดครั้งหลัง

Prince of Songkla University
Pattani Campus

บทที่ 3
วิธีการวิจัย

การวิจัยเรื่อง ผลของการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี ความสามารถในการแก้ปัญหา และความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 มีขั้นตอนการดำเนินการวิจัย ดังนี้

3.1. แบบแผนการวิจัย

3.2. กลุ่มที่ศึกษา

3.3. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

3.4. การสร้างเครื่องมือ

3.5. การเก็บรวบรวมข้อมูล

3.6. การวิเคราะห์ข้อมูล

3.7. สถิติที่ใช้ในการวิจัย

Prince of Songkla University Pattani Campus

3.1 แบบแผนการวิจัย

การศึกษาครั้งนี้มีแบบแผนการวิจัยเชิงทดลองเบื้องต้น (Pre-experimental Research) ซึ่งดำเนินการทดลองแบบกลุ่มเดียว วัดหลายครั้งแบบอนุกรมเวลา (The One-Group Pretest-Posttest Time-Series Research Design) ซึ่งมีรูปแบบการวิจัยดังนี้

$$T_1Y_1 \quad X \quad Y_2 \quad X \quad Y_3 \quad X \quad T_2Y_4$$

เมื่อ T_1 หมายถึง การทดสอบผลสัมฤทธิ์ก่อนทดลอง (Pretest)

Y_1 หมายถึง การทดสอบความสามารถในการแก้ปัญหาก่อนทดลอง (Pretest)

X หมายถึง การจัดกระทำหรือการทดลอง (Treatment)

Y_2 หมายถึง การทดสอบความสามารถในการแก้ปัญหาระหว่างทดลองครั้งที่ 1

Y_3 หมายถึง การทดสอบความสามารถในการแก้ปัญหาระหว่างทดลองครั้งที่ 2

T_2 หมายถึง การทดสอบผลสัมฤทธิ์หลังการทดลอง (Posttest)

Y_4 หมายถึง การทดสอบความสามารถในการแก้ปัญหาหลังทดลอง (Posttest)

3.2 กลุ่มที่ศึกษา

กลุ่มเป้าหมาย ที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้คือ ผู้เรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 จำนวน 1 ห้องเรียน ได้แก่ ห้อง ม.6/1 จำนวน 30 คน ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2560 โรงเรียนคุระบุรีชัยพัฒนาพิทยาคม อำเภอคุระบุรี จังหวัดพังงา

3.3 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยมี 2 แบบ คือ เครื่องที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้และเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

1. เครื่องมือที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้ คือ แผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง ไฟฟ้าเคมี มีขั้นตอนการเรียนรู้ 8 ขั้นตอนจำนวน 1 แผน ระยะเวลา 24 ชั่วโมง

2. เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล ประกอบด้วย

2.1 แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่องไฟฟ้าเคมี เป็นแบบปรนัย ชนิด 4 ตัวเลือก จำนวน 40 ข้อ มีค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ระหว่าง 0.60-1.00 มีค่าความยากระหว่าง 0.50-0.79 ค่าอำนาจจำแนกมีค่าตั้งแต่ 0.25 ขึ้นไป และมีความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.91

2.2 แบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหา เป็นแบบทดสอบแบบอัตนัย จำนวน 4 ชุด ชุดละ 2 ข้อ มีค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ระหว่าง 0.71-1.00

2.3 แบบวัดความพึงพอใจในการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาจำนวน 20 ข้อมีค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ระหว่าง 0.71-1.00

2.4 แบบบันทึกภาคสนาม

2.5 แบบสัมภาษณ์นักเรียน

3.4. การสร้างเครื่องมือ

1. แผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ซึ่งผู้วิจัยได้ดำเนินการสร้างตามลำดับขั้น ดังนี้

Prince of Songkla University Pattani Campus

1.1 ศึกษาหลักการ และทำความเข้าใจวิธีการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาแล้วสังเคราะห์วิธีการจัดการเรียนรู้ 8 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นที่ 1) เชื่อมโยงและระบุปัญหาในชีวิตจริง ขั้นที่ 2) ระบุสิ่งที่จำเป็นต้องเรียนรู้เพื่อแก้ปัญหาขั้นที่ 3) รวบรวมข้อมูล แนวคิดที่เกี่ยวข้องและสะท้อนความคิดความเข้าใจ ขั้นที่ 4) วางแผนและออกแบบวิธีการแก้ปัญหาขั้นที่ 5) ดำเนินการแก้ปัญหา ขั้นที่ 6) ทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุงขั้นที่ 7) นำเสนอวิธีการแก้ปัญหาผลการแก้ปัญหา หรือผลการพัฒนานวัตกรรมขั้นที่ 8) เชื่อมโยงการแก้ปัญหาไปยังสถานการณ์อื่น

1.2 ศึกษาหลักสูตรของโรงเรียน ผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง ช่วงชั้นที่ 4 (ม.4-6) มาตรฐานการเรียนรู้กลุ่มสาระวิทยาศาสตร์และหลักสูตรสถานศึกษาในด้านวิสัยทัศน์ หลักการ จุดมุ่งหมาย สมรรถนะสำคัญของผู้เรียน คุณลักษณะอันพึงประสงค์ มาตรฐานการเรียนรู้ เวลาเรียน โครงสร้างเวลาเรียน การจัดการเรียนรู้ สื่อการเรียนรู้ การวัดและประเมินผลการเรียนรู้ นำไปสู่การออกแบบการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา

1.3 ศึกษาและทำความเข้าใจ ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน จากรายละเอียดในวิชาเคมี หน่วยที่ 1 ไฟฟ้าเคมี ช่วงชั้นที่ 4 มาตรฐานรายวิชา คำอธิบายรายวิชา เนื้อหาและผลการเรียนรู้ที่คาดหวังที่กำหนดไว้ในหลักสูตร เรื่อง ไฟฟ้าเคมี โดยผู้วิจัยได้แบ่งเนื้อหาในบทเรียนออกเป็น 6 เรื่องย่อย ได้แก่

1.3.1 ปฏิกิริยาระหว่างโลหะกับสารละลายของโลหะไอออน

1.3.2 เซลล์กัลวานิก

1.3.3 เซลล์สะสมไฟฟ้าแบบตะกั่ว

1.3.4 เซลล์อิเล็กโทรไลต์

1.3.5 ป้องกันการผุกร่อนของโลหะ

1.3.6 ความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีที่เกี่ยวกับไฟฟ้าเคมี

1.4 สร้างแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาจำนวน 1 แผน เวลา 24 ชั่วโมง ซึ่งแผนการเรียนรู้ประกอบด้วย มาตรฐานการเรียนรู้ สมรรถนะสำคัญของผู้เรียน คุณลักษณะอันพึงประสงค์ จุดประสงค์การเรียนรู้ สาระสำคัญ สาระการเรียนรู้ กิจกรรมการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา 8 ขั้นตอน ชิ้นงาน สื่อและแหล่งเรียนรู้และการวัดผลและประเมินผล

1.5 นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นให้อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์และผู้เชี่ยวชาญการสอนวิชาเคมี จำนวน 7 ท่าน เพื่อพิจารณาตรวจสอบความสอดคล้อง

Prince of Songkla University Pattani Campus

องค์ประกอบต่าง ๆ โดยให้คะแนนความสอดคล้อง 5 ระดับ ตั้งแต่ 1-5 พร้อมให้ข้อเสนอแนะแล้วมาปรับปรุงแก้ไขให้สมบูรณ์ขึ้น

1.6 นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่สมบูรณ์แล้วไปใช้กับกลุ่มเป้าหมาย

2. แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมี เรื่อง ไฟฟ้าเคมี เป็นแบบทดสอบที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นตามจุดประสงค์และเนื้อหาวิชา เป็นแบบทดสอบปรนัย ชนิด 4 ตัวเลือก จำนวน 40 ข้อ โดยมีขั้นตอนในการสร้าง ดังนี้

2.1 ศึกษาทฤษฎี วิธีสร้าง เทคนิคการเขียนข้อสอบแบบเลือกตอบ ศึกษาแบบเรียน ศึกษาคู่มือครูวิชาเคมี เรื่อง ไฟฟ้าเคมี ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 และศึกษาเอกสารอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง

2.2 สร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมี แบบปรนัย ชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือกเรื่อง ไฟฟาเคมี จำนวน 60 ข้อ

2.3 นำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมีที่สร้างขึ้น เสนอผู้เชี่ยวชาญด้านการสอนวิชาเคมีจำนวน 5 ท่าน เพื่อตรวจสอบความสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม (Index of item objective Congruence: IOC) ความถูกต้องทางภาษาตัวเลือก และการใช้คำถาม ซึ่งผู้เชี่ยวชาญแต่ละท่านให้คะแนนตามเกณฑ์ดังนี้

ให้คะแนน +1 เมื่อแน่ใจว่าข้อคำถามนั้นวัดตามจุดประสงค์นั้นจริง

ให้คะแนน 0 เมื่อไม่แน่ใจว่าข้อคำถามนั้นวัดตามจุดประสงค์นั้น

ให้คะแนน -1 เมื่อแน่ใจว่าข้อคำถามนั้นไม่วัดตามจุดประสงค์นั้น

แล้วคัดเลือกข้อสอบที่มีค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ระหว่าง 0.60-1.00

2.4 นำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมีที่ได้ไปทดลองใช้ (Try out) กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนคุระบุรีชัยพัฒนาพิทยาคม อำเภอคุระบุรี จังหวัดพังงา ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2559 ที่ผ่านการเรียนเคมี เรื่อง ไฟฟ้าเคมีแล้วจำนวน 60 ข้อ

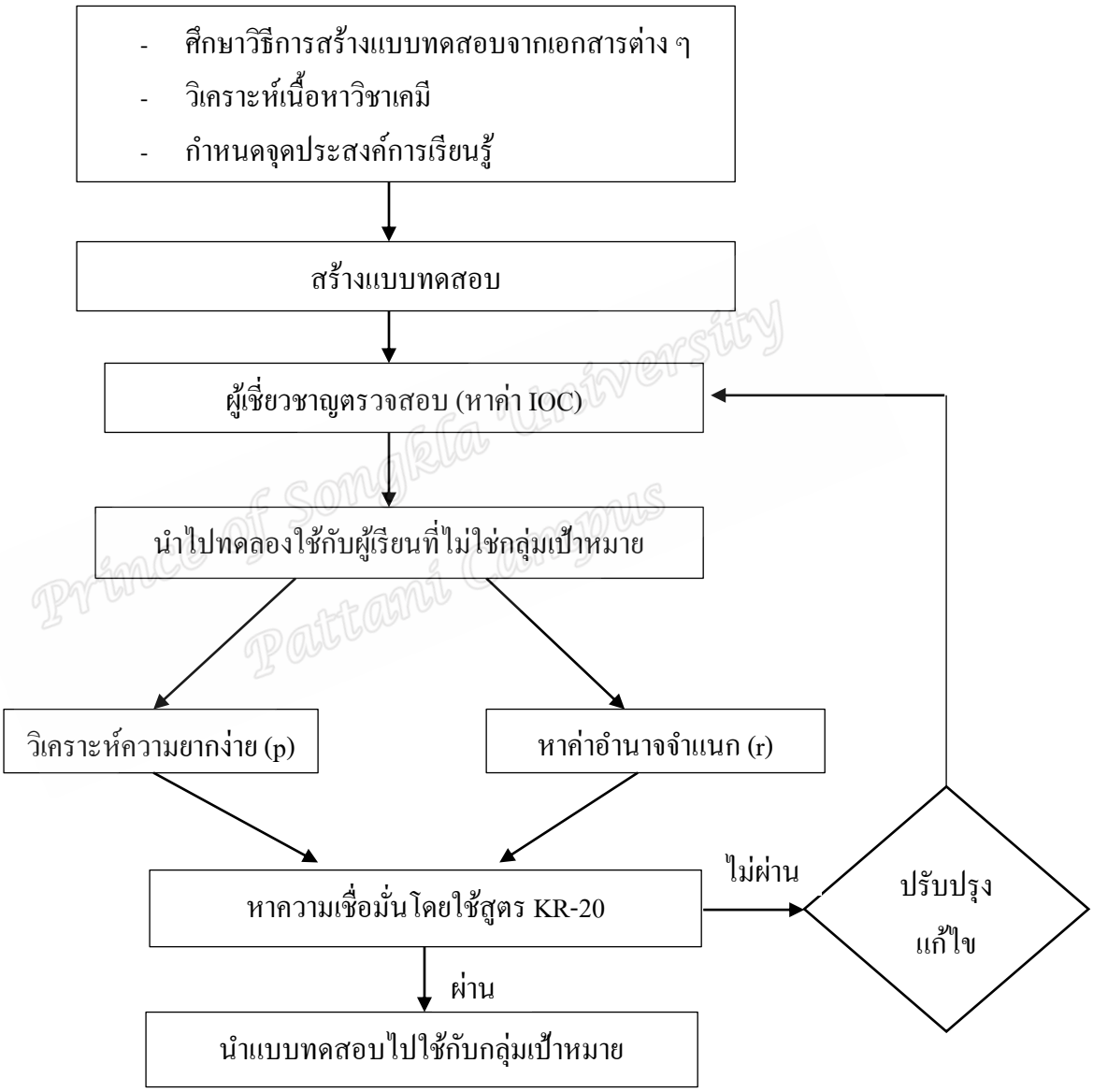
2.5 นำคะแนนที่ได้จากการทดสอบมาวิเคราะห์หาค่าความยาก (p) และอำนาจจำแนก (r) จากนั้นเลือกข้อสอบที่มีความยากง่ายระหว่าง 0.50-0.79 และอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.25 ขึ้นไป เหลือ 40 ข้อ

2.6 นำคะแนนมาวิเคราะห์เพื่อหาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบทั้งฉบับจำนวน 40 ข้อ โดยใช้สูตร Kuder-Rechardson 20 (KR-20) ได้ค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.91

Prince of Songkla University Pattani Campus

2.8 นำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมี เรื่อง ไฟฟ้าเคมี จำนวน 40 ข้อ ไปใช้กับกลุ่มเป้าหมายต่อไป

สรุปขั้นตอนในการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี ดังแผนภูมิต่อไปนี้



ภาพประกอบ 15 ขั้นตอนการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมี

3. แบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหา ผู้วิจัยได้ดำเนินการสร้างแบบสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหา รายวิชาเคมี เรื่อง ไฟฟ้าเคมี ตามขั้นตอน ดังนี้

3.1 ศึกษาเอกสารเกี่ยวกับความสามารถในการแก้ปัญหา จากแหล่งข้อมูลต่าง ๆ

3.2 ศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องกับวิธีการสร้างแบบสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหา และวิธีการประเมินความสามารถในการแก้ปัญหา

3.3 กำหนดรูปแบบของแบบสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาให้เป็นแบบอัตนัย โดยมีสถานการณ์ให้นักเรียนอ่านจำนวน 8 สถานการณ์ ซึ่งจะมีการสอบ 4 ครั้ง ครั้งละ 2 สถานการณ์ แล้วตอบคำถาม โดยมีเกณฑ์ในการให้คะแนนแสดงดังตาราง 6

ตาราง 6 เกณฑ์การให้คะแนนความสามารถในการแก้ปัญหา

ขั้นตอน	ระดับคะแนน		
	3	**2**	**1**
1. การระบุปัญหา	ระบุปัญหาได้ถูกต้องตรงตามประเด็นสอดคล้องกับเนื้อหาวิชาเคมี เรื่อง ไฟฟ้าเคมี	ระบุปัญหาได้ตรงประเด็น แต่ไม่สอดคล้องกับเนื้อหาวิชาเคมีเรื่องไฟฟ้าเคมี	ระบุปัญหาได้แต่ไม่ตรงประเด็น และไม่สอดคล้องกับเนื้อหาวิชาเคมีเรื่องไฟฟ้าเคมี
2. วิเคราะห์สาเหตุของปัญหา	ระบุสาเหตุของปัญหาได้ตรงประเด็นสอดคล้องกับเนื้อหาไฟฟ้าเคมี	ระบุสาเหตุของปัญหาได้ตรงประเด็นหรือมีความใกล้เคียงสอดคล้องกับเนื้อหาไฟฟ้าเคมี	ระบุสาเหตุของปัญหาได้แต่ไม่ตรงประเด็นหรือไม่สอดคล้องกับเนื้อหาไฟฟ้าเคมี
3. เสนอวิธีการแก้ปัญหา	นำเสนอวิธีการแก้ปัญหาที่เป็นไปได้สอดคล้องกับเนื้อหาไฟฟ้าเคมี	นำเสนอวิธีการแก้ปัญหาเป็นไปได้ แต่ไม่สอดคล้องกับเนื้อหาไฟฟ้าเคมี	นำเสนอวิธีแก้ปัญหาเป็นไปไม่ได้และไม่สอดคล้องกับเนื้อหาไฟฟ้าเคมี
4. การตรวจสอบผลการแก้ปัญหา	วิเคราะห์ผลได้ตรงประเด็นกับวิธีการแก้ปัญหา พร้อมเหตุผลประกอบ	วิเคราะห์ผลได้ใกล้เคียงกับวิธีการแก้ปัญหา พร้อมมีเหตุผลประกอบ	วิเคราะห์ไม่ตรงกับวิธีการแก้ปัญหาและไม่บอกเหตุผลประกอบ

Prince of Songkla University Pattani Campus

3.4 ให้อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ตรวจพิจารณาความเหมาะสมของเกณฑ์การประเมิน พร้อมกับให้ข้อเสนอแนะในการปรับปรุงแก้ไข แบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาที่สร้างขึ้นจำนวน 9 สถานการณ์

3.5 นำแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาที่ปรับปรุงตามคำแนะนำของอาจารย์ที่ปรึกษา ไปให้ผู้ทรงคุณวุฒิจำนวน 7 ท่าน พิจารณาความเหมาะสมของแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหา ความสอดคล้องของคำถามกับขอบข่ายที่ต้องการวัด โดยให้คะแนน 3 ระดับ คือ -1, 0 และ 1 โดยพิจารณาความเหมาะสมของเกณฑ์การประเมินและความถูกต้องของภาษา พร้อมทั้งให้ข้อเสนอแนะในการปรับปรุงแก้ไข ซึ่งแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหามีค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ระหว่าง 0.86-1.00

3.6 ปรับปรุงแก้ไขแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาตามข้อเสนอแนะของผู้ทรงคุณวุฒิ

3.7 นำแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหารายวิชาเคมี เรื่องไฟฟ้าเคมี ไปใช้กับกลุ่มเป้าหมาย

4. แบบวัดความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้

การสร้างแบบประเมินความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาเป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) 5 ระดับของ Likert โดยมีขั้นตอนดังนี้

4.1 สืบค้นเอกสารและงานวิจัยเกี่ยวกับความพึงพอใจเพื่อประเมินให้ครอบคลุมการจัดการเรียนรู้ทุกขั้นตอน อันประกอบด้วยบทบาทผู้สอน บทบาทผู้เรียนการจัดการเรียนรู้สื่อการเรียนรู้การวัดและการประเมินผล จำนวน 20 ข้อ โดยมีเกณฑ์การให้คะแนนความพึงพอใจ ดังนี้

มากที่สุด	ให้คะแนน	5 คะแนน
มาก	ให้คะแนน	4 คะแนน
ปานกลาง	ให้คะแนน	3 คะแนน
น้อย	ให้คะแนน	2 คะแนน
น้อยที่สุด	ให้คะแนน	1 คะแนน

4.2 ให้อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ประเมินแบบวัดความพึงพอใจ เพื่อพิจารณาความครอบคลุมในด้านต่าง ๆ ของกระบวนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาด้านการใช้ภาษาความถูกต้องชัดเจนเข้าใจง่ายแล้วนำมาปรับปรุงแก้ไข

Prince of Songkla University Pattani Campus

4.3 ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 7 ท่านตรวจสอบความสอดคล้องระหว่างข้อความกับองค์ประกอบที่ต้องการประเมินของแบบประเมินความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาจำนวน 20 ข้อ

4.4 นำคะแนนจากผู้เชี่ยวชาญมาหาค่าดัชนีความสอดคล้อง (Index of item objective Congruence: IOC) ระหว่างข้อคำถามกับองค์ประกอบการจัดการเรียนรู้ได้ค่าดัชนีความสอดคล้องตั้งแต่ 0.71 -1.00

4.5 นำแบบประเมินความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาฉบับสมบูรณ์ไปใช้กับกลุ่มเป้าหมาย

5. เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลเชิงคุณภาพ

ผู้วิจัยได้ดำเนินการสร้างแบบบันทึกภาคสนาม และแบบสัมภาษณ์นักเรียนเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้ ซึ่งมีลักษณะดังนี้

5.1 แบบบันทึกภาคสนามใช้บันทึกเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นระหว่างการจัดการเรียนรู้เพื่อเก็บข้อมูลปัญหาข้อบกพร่อง ข้อดี ข้อเสีย ของการจัดการเรียนรู้ ซึ่งผู้วิจัยมีขั้นตอนการสร้างแบบบันทึกภาคสนาม ดังนี้

5.1.1 ศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องกับแบบบันทึกภาคสนามของงานวิจัย เพื่อนำมาเป็นแนวทางในการสร้างแบบบันทึกภาคสนาม

5.1.2 กำหนดขอบเขตและขอบข่ายพฤติกรรมที่จะบันทึกเกี่ยวกับเหตุการณ์เกิดขึ้น ในขณะที่จัดการเรียนรู้เพื่อให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของการวิจัย

5.1.3 สร้างแบบบันทึกภาคสนาม

5.1.4 ให้อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบความถูกต้องด้านเนื้อหาและการใช้ภาษาของแบบบันทึกภาคสนาม

5.1.5 แก้ไขและปรับปรุงแบบบันทึกภาคสนามแล้วนำไปใช้เก็บข้อมูลกับกลุ่มที่ศึกษา

5.2 แบบสัมภาษณ์นักเรียนเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้ เป็นชนิดมีโครงสร้างแบบปลายเปิดที่เปิดโอกาสให้นักเรียนได้แสดงความคิดและความรู้สึกของตนเองที่มีต่อการจัดการเรียนรู้โดยให้ผู้วิจัยสัมภาษณ์นักเรียนแบบไม่เป็นทางการ ซึ่งจะสัมภาษณ์หลังการจัดการเรียนรู้เสร็จแต่ละครั้ง การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลเชิงคุณภาพดังกล่าว มีลำดับขั้นตอนในการสร้าง ดังนี้

Prince of Songkla University Pattani Campus

5.2.1 ศึกษาทฤษฎี และเอกสารเกี่ยวข้องกับการสร้างแบบสัมภาษณ์

5.2.2 กำหนดขอบเขตและขอบข่ายพฤติกรรมที่จะสังเกตหรือสัมภาษณ์ เพื่อให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของการวิจัย

5.2.3 สร้างแบบสัมภาษณ์นักเรียนสำหรับการจัดการเรียนรู้

5.2.4 ให้อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์และผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบความถูกต้องด้านเนื้อหาและการใช้ภาษาของแบบสัมภาษณ์ที่สร้างขึ้น

5.4.5 ปรับปรุงแก้ไขเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลเชิงคุณภาพตามคำแนะนำของอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์และผู้เชี่ยวชาญ แล้วนำไปใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลร่วมกับแผนการจัดการเรียนรู้เพื่อใช้สะท้อนผลการจัดการเรียนรู้

3.5 การเก็บรวบรวมข้อมูล

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยทำการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูลในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2560 จำนวน 24 ชั่วโมง โดยทำการเก็บรวบรวมข้อมูล ดังนี้

1. ผู้วิจัยวิเคราะห์ปัญหาการจัดการเรียนรู้ วิชาเคมี เรื่อง ไฟฟ้าเคมี จากการสังเกตและสัมภาษณ์นักเรียนที่เคยเรียนเรื่องนี้มาแล้ว รวมทั้งศึกษาสภาพแวดล้อมในสังคม และปัญหาต่าง ๆ ในชุมชนของนักเรียน

2. ปฐมนิเทศ ชี้แจงวัตถุประสงค์ของการวิจัยให้นักเรียนกลุ่มเป้าหมายทราบ และอธิบายถึงบทบาทหน้าที่ของนักเรียนและผู้วิจัย

3. ผู้วิจัยทำการทดสอบก่อนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ดังนี้

3.1 นักเรียนทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมี เรื่อง ไฟฟ้าเคมี จำนวน 40 ข้อ โดยมีระยะเวลาทำข้อสอบ 90 นาที

3.2 นักเรียนทำแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหา ชุดที่ 1 จำนวน 2 ข้อ โดยมีระยะเวลาทำแบบทดสอบ 30 นาที แล้วนำข้อมูลไปวิเคราะห์ต่อไป

4. ดำเนินการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง ไฟฟ้าเคมี โดยการจัดการเรียนรู้ตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่เตรียมไว้ ซึ่งระหว่างเรียนให้นักเรียนทำแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหา ชุดที่ 2 และ 3 ตามลำดับ โดยแต่ละชุดมีข้อสอบ ชุดละ 2 ข้อ และเก็บรวบรวมข้อมูล

Prince of Songkla University Pattani Campus

เชิงคุณภาพด้วยแบบบันทึกภาคสนาม และแบบสัมภาษณ์นักเรียนเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้ ทุกครั้งที่เรียนเสร็จ

5. นำข้อมูลที่ได้จากแบบบันทึกภาคสนาม และแบบสัมภาษณ์นักเรียนมาวิเคราะห์เพื่อนำข้อเสนอแนะไปใช้เป็นแนวทางในการพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้ให้มีคุณภาพเพิ่มขึ้น

6. เมื่อเสร็จสิ้นการจัดการเรียนรู้แล้วทำการทดสอบหลังการจัดการเรียนรู้ โดย

6.1 นักเรียนทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่อง ไฟฟ้าเคมี จำนวน 40 ข้อ โดยมีระยะเวลาทำแบบทดสอบ 90 นาที

6.2 นักเรียนทำแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหา ชุดที่ 4 จำนวน 2 ข้อ โดยมีระยะเวลาทำแบบทดสอบ 30 นาที

6.3 นักเรียนทำแบบวัดความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาจำนวน 20 ข้อ โดยมีระยะเวลา 15 นาที

7. ผู้วิจัยนำข้อมูลที่ได้จากคะแนนการทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมี แบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหา ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษามาวิเคราะห์ด้วยวิธีการทางสถิติโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ และเก็บรวบรวมข้อมูลเชิงคุณภาพประมวลผลและเรียบเรียงนำเสนอแบบความเรียง

Prince of Songkla University Pattani Campus

3.6 การวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยได้ดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลจากเครื่องมือที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษามาวิเคราะห์ตามขั้นตอนดังนี้

1. การวิเคราะห์ข้อมูลเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมี เรื่องไฟฟ้าเคมี

1.1 หาค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) ร้อยละ และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) ของคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมี เรื่องไฟฟ้าเคมี

1.2 ทดสอบเปรียบเทียบคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมี เรื่อง ไฟฟ้าเคมี ของนักเรียนกลุ่มเป้าหมาย ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาโดยใช้ความแตกต่างของคะแนนเฉลี่ย และ ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

1.3 ทดสอบความแตกต่างของคะแนนเฉลี่ยของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมี เรื่องไฟฟ้าเคมีของนักเรียนกลุ่มที่ศึกษาก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยสถิติทดสอบค่าทีชนิดกลุ่มตัวอย่างไม่เป็นอิสระต่อกัน (t-test dependent group)

1.4 วิเคราะห์คะแนนพัฒนาการ (Gain Score) จากคะแนนวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมี ก่อนและหลังจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาโดยใช้สูตรคะแนนพัฒนาการ (Gain score) และแปลผลคะแนนตามเกณฑ์ของ ศิริชัย กาญจนวสี (2552: 266-267) ดังตาราง 7

ตาราง 7 เกณฑ์การประเมินระดับพัฒนาการ (ศิริชัย กาญจนวสี, 2552: 268)

ช่วงคะแนนเป็นร้อยละ	ความหมาย
76-100	พัฒนาการระดับสูงมาก
51-75	พัฒนาการระดับสูง
26-50	พัฒนาการระดับปานกลาง
0-25	พัฒนาการระดับต้น

Prince of Songkla University Pattani Campus

2. วิเคราะห์ข้อมูลของแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหา

2.1 หาค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) ร้อยละ และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) คะแนนความสามารถในการแก้ปัญหา

2.2 เปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) ร้อยละ และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) คะแนนความสามารถในการแก้ปัญหา

2.3 ทดสอบความแตกต่างคะแนนเฉลี่ยของความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนกลุ่มที่ศึกษาก่อนเรียน ระหว่างเรียน และหลังเรียนด้วยการวิเคราะห์ repeated ANOVA test โดยใช้สถิติทดสอบค่าเอฟ

3. วิเคราะห์ข้อมูลความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ มีวิธีการดังนี้

3.1 หาค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) คะแนนจากแบบวัดความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา แล้วแปลผลค่าเฉลี่ยของคะแนนความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ดังนี้

ค่าเฉลี่ย 4.51-5.00 หมายถึง มีความพึงพอใจในระดับมากที่สุด

ค่าเฉลี่ย 3.51-4.50 หมายถึง มีความพึงพอใจในระดับมาก

ค่าเฉลี่ย 2.51-3.50 หมายถึง มีความพึงพอใจในระดับปานกลาง

ค่าเฉลี่ย 1.51-2.50 หมายถึง มีความพึงพอใจในระดับน้อย

ค่าเฉลี่ย 1.00-1.50 หมายถึง มีความพึงพอใจในระดับน้อยที่สุด

4. วิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพ โดยใช้ข้อมูลที่ได้จากแบบบันทึกภาคสนามและแบบสัมภาษณ์นักเรียนมาประมวลผลและเรียบเรียงนำเสนอแบบความเรียง

3.7 สถิติที่ใช้ในการวิจัย

สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลการวิจัยครั้งนี้ คือ

1. สถิติพื้นฐาน

1.1. การหาค่าเฉลี่ยเลขคณิต (Mean) โดยใช้สูตร

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

เมื่อ $\overline{X}$ หมายถึง ค่าเฉลี่ยของคะแนน

X หมายถึง คะแนนของนักเรียนแต่ละคน

n หมายถึง จำนวนนักเรียนในกลุ่มเป้าหมาย

1.2 การหาค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) โดยใช้สูตร

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

เมื่อ S. D. หมายถึง ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

$\overline{X}$ หมายถึง ค่าเฉลี่ยของคะแนน

X หมายถึง คะแนนของนักเรียนแต่ละคน

n หมายถึง จำนวนนักเรียนในกลุ่มเป้าหมาย

2. สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อหาคุณภาพเครื่องมือ

2.1 หาค่าดัชนีความเที่ยงตรง (Validity) ด้านความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา โดยพิจารณาจากการหาค่าดัชนีความสอดคล้อง (Index of Item-Objective Congruence: IOC) ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมี แบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหา และแบบวัดความพึงพอใจ คำนวณได้จากสูตร

Prince of Songkla University Pattani Campus

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

เมื่อ IOC หมายถึง ดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับจุดประสงค์

R หมายถึง คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ

N หมายถึง จำนวนผู้เชี่ยวชาญ

2.2 การหาค่าความยาก (Difficulty: P) ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี คำนวณได้จากสูตร

$$P = \frac{R}{N}$$

เมื่อ P หมายถึง ค่าความยากของข้อสอบแต่ละข้อ

R หมายถึง จำนวนผู้ตอบถูกในแต่ละข้อ

N หมายถึง จำนวนผู้เข้าสอบทั้งหมด

2.3 การหาค่าอำนาจจำแนก (Discrimination: R) ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมี คำนวณได้จากสูตร

$$R = \frac{R_U - R_L}{\frac{n}{2}}$$

เมื่อ R หมายถึง ค่าอำนาจจำแนกรายข้อ

R_U หมายถึง จำนวนผู้ตอบถูกข้อนั้นในกลุ่มสูง

R_L หมายถึง จำนวนผู้ตอบถูกข้อนั้นในกลุ่มต่ำ

n หมายถึง จำนวนนักเรียนทั้งหมด

2.4 การหาค่าความเชื่อมั่น (Reliability) ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมี โดยใช้สูตรของ คูเดอร์-ริชาร์ดสัน 20 (Kuder-Richadson 20: KR-20)

$$r_{tt} = \frac{n}{n-1}\left[1 - \frac{\sum pq}{s^2}\right]$$

$$s^2 = \frac{N\sum X^2 - (\sum X)^2}{N^2}$$

เมื่อ r_{tt} หมายถึง ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ

n หมายถึง จำนวนข้อของแบบทดสอบ

p หมายถึง สัดส่วนของคนตอบถูกในแต่ละข้อ

Prince of Songkla University Pattani Campus

q หมายถึง สัดส่วนของคนตอบผิดในแต่ละข้อ

s^2 หมายถึง คะแนนความแปรปรวนทั้งฉบับ

N หมายถึง จำนวนนักเรียนที่ทำแบบทดสอบ

3. สถิติที่ใช้ในการทดสอบสมมติฐาน

3.1 ทดสอบสมมติฐานผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน โดยการหาค่าสถิติทดสอบค่าที ชนิดกลุ่มตัวอย่างไม่เป็นอิสระต่อกัน (t-test dependent group) คำนวณจากสูตร

$$t = \frac{\sum D}{\sqrt{\frac{n\sum D^2 - (\sum D)^2}{n-1}}}$$

เมื่อ t หมายถึง ค่าสถิติจากการแจกแจงแบบที (t-Distribution)

D หมายถึง ผลต่างของคะแนนแต่ละคู่

n หมายถึง จำนวนนักเรียน

$\sum D$ หมายถึง ผลรวมของผลต่างของคะแนน

$(\sum D)^2$ หมายถึง ผลรวมของผลต่างของคะแนนแต่ละคู่ยกกำลังสอง

3.2 ทดสอบสมมติฐานความสามารถในการแก้ปัญหาโดยการหาค่าสถิติทดสอบค่าเอ็ฟ จากการทดลองแบบวัดซ้ำคำนวณจากสูตร

$$F = \frac{MSA}{MSE}$$

$$MSA = \frac{SSA}{t-1}$$

$$MSE = \frac{SSE}{(t-1)(r-1)}$$

$SSE = SST - SSA - SSS$ $\quad df = (t-1)(r-1)$

$SST = \sum_{i=1}^{t}\sum_{j=1}^{r} Y_{ij}^2 - \frac{Y_{..}^2}{tr}$ $\quad df = tr-1$

$SSA = \sum_{i=1}^{t} \frac{Y_{i.}^2}{r} - \frac{Y_{..}^2}{tr}$ $\quad df = r-1$

$SSS = \sum_{j=1}^{r} \frac{Y_{j}^2}{t} - \frac{Y_{..}^2}{tr}$ $\quad dr = r-1$

เมื่อ F หมายถึง ค่าสถิติจากการแจกแจงแบบเอ็ฟ

MSA หมายถึง ผลบวกกำลังสองของทรีทเมนต์ (เงื่อนไข) A หารด้วยจำนวนองศาเสรีของทรีทเมนต์ A

Prince of Songkla University Pattani Campus

MSE หมายถึง ผลบวกกำลังสองของความคลาดเคลื่อนหารด้วยองศาเสรีของความคลาดเคลื่อน

SST หมายถึง ผลบวกกำลังสองของความเบี่ยงเบนระหว่างค่าที่สังเกตกับค่าเฉลี่ยของค่าที่สังเกตได้ทุกค่า

SSA หมายถึง ผลบวกกำลังสองของความเบี่ยงเบนระหว่างค่าเฉลี่ยจากแต่ละระดับทรีทเมนต์ (เงื่อนไข) กับค่าเฉลี่ยของค่าสังเกตทุกค่า

SSS หมายถึง ผลบวกกำลังสองของความเบี่ยงเบนระหว่างค่าเฉลี่ยจากแต่ละตัวอย่างกับค่าเฉลี่ยของค่าสังเกตทุกค่า

SSE หมายถึง ผลบวกกำลังสองของความคลาดเคลื่อน

t หมายถึง จำนวนเงื่อนไข

R หมายถึง จำนวนตัวอย่าง

Y_{ij} หมายถึง ค่าที่สังเกตของตัวอย่างที่ j ซึ่งได้รับเงื่อนไขที่ i

$Y_{i.}$ หมายถึง ผลรวมของค่าที่สังเกตจากหน่วยทดลองที่ได้รับเงื่อนไขที่ i

$Y_{.j}$ หมายถึง ผลรวมของค่าที่สังเกตจากหน่วยทดลองที่ได้รับเงื่อนไขที่ j

$Y_{..}$ หมายถึง ผลรวมของค่าที่สังเกตจากหน่วยทดลองทั้งหมด

Prince of Songkla University Pattani Campus

บทที่ 4
ผลการวิจัย

การศึกษาผลจากการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี ความสามารถในการแก้ปัญหา และความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ผู้วิจัยนำเสนอผลการวิจัยตามลำดับ ดังนี้

4.1 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมีของนักเรียนก่อนและหลังได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา

4.2 ผลการศึกษาความสามารถในการแก้ปัญหาก่อนและหลังได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา

4.3 ผลการศึกษาคะแนนพัฒนาการของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และความสามารถในการแก้ปัญหา หลังจากได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา

4.4 ผลการศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา

Prince of Songkla University Pattani Campus

4.1 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมีของนักเรียน ก่อนและหลังได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา

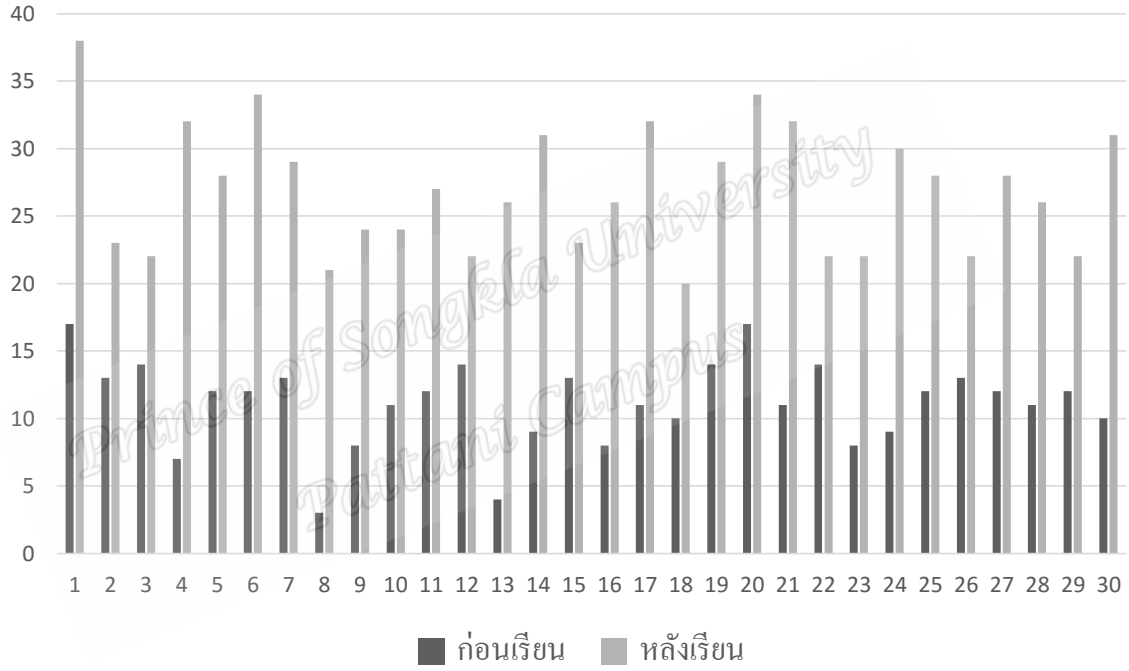
ผู้วิจัยได้นำแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่อง ไฟฟ้าเคมี ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น จำนวน 40 ข้อ คะแนนเต็ม 40 คะแนน ไปใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา โดยใช้เวลาในการทำแบบทดสอบ 90 นาที จากนั้นนำแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี ตรวจให้คะแนน และทำการวิเคราะห์ผลทางสถิติ และทดสอบค่าทีชนิดกลุ่มตัวอย่างไม่อิสระต่อกัน (Dependent t-test) ได้ผลการวิเคราะห์ดังนี้

ตาราง 8 คะแนนผลสัมฤทธิ์ก่อนเรียนและหลังเรียน

นักเรียนคนที่	ก่อนเรียน (40 คะแนน)	หลังเรียน (40 คะแนน)
1	17	38
2	13	23
3	14	22
4	7	32
5	12	28
6	12	34
7	13	29
8	3	21
9	8	24
10	11	24
11	12	27
12	14	22
13	4	26
14	9	31
15	13	23
16	8	26
17	11	32
18	10	20
19	14	29
20	17	34
21	11	32
22	14	22
23	8	22
24	9	30
25	12	28
26	13	22
27	12	28
28	11	26

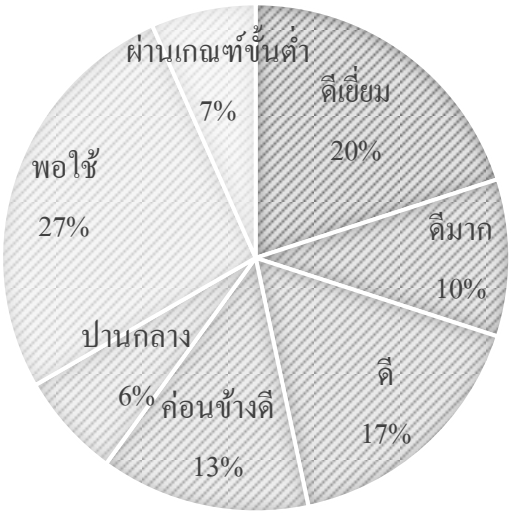
Prince of Songkla University Pattani Campus

นักเรียนคนที่	ก่อนเรียน (40 คะแนน)	หลังเรียน (40 คะแนน)
29	12	22
30	10	31
เฉลี่ย	**11.13**	**26.93**
S.D.	**3.19**	**4.67**



Prince of Songkla University Pattani Campus

ภาพประกอบ 16 แสดงการเปรียบเทียบคะแนนผลสัมฤทธิ์ก่อนเรียนและหลังเรียน



ภาพประกอบ 17 ระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียน

ตาราง 9 ระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมีหลังการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา โดยพิจารณาความถี่

ช่วงคะแนนเป็นร้อยละ	ระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน	จำนวน (คน)	ร้อยละ
80-100	ดีเยี่ยม	6	20
75-79	ดีมาก	3	10
70-74	ดี	5	16.7
65-69	ค่อนข้างดี	4	13.3
60-64	ปานกลาง	2	6.7
55-59	พอใช้	8	26.7
50-54	ผ่านเกณฑ์ขั้นต่ำ	2	6.7
0-49	ต่ำกว่าเกณฑ์ขั้นต่ำ	0	0

จากตาราง 9 แสดงให้เห็นว่าระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่อง ไฟฟ้าเคมี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา หลังเรียนเมื่อพิจารณาเป็นรายบุคคลและแจกแจงความถี่ พบว่า นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมีหลังการจัดการเรียนรู้อยู่ในระดับดีเยี่ยม จำนวน 6 คน ระดับดีมาก จำนวน 3 คน ระดับดี จำนวน 5 คน ระดับค่อนข้างดี จำนวน 4 คน ระดับปานกลาง จำนวน 2 คน ระดับพอใช้จำนวน 8 คน และระดับ

Prince of Songkla University Pattani Campus

ผ่านเกณฑ์ขั้นต่ำ 2 คน คิดเป็นร้อยละ 20, 10, 16.7, 13.3, 6.7, 26.7 และ 6.7 ตามลำดับและไม่มีนักเรียนที่มีระดับผลสัมฤทธิ์ต่ำกว่าเกณฑ์ขั้นต่ำ

ผู้วิจัยได้วิเคราะห์ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่อง ไฟฟ้าเคมี หลังการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา จากนั้นนำค่าเฉลี่ยมาเทียบเป็นร้อยละกับเกณฑ์ของสำนักวิชาการและมาตรฐานการศึกษา สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน กระทรวงศึกษาธิการ (สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน, 2554: 22) ได้ผลการวิเคราะห์ ที่แสดงให้เห็นว่า คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่องไฟฟ้าเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ก่อนการจัดการเรียนรู้เฉลี่ยเท่ากับ 11.13 คะแนนจากคะแนนเต็ม 40 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 27.83 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนอยู่ในระดับต่ำกว่าเกณฑ์ขั้นต่ำและคะแนนหลังการจัดการเรียนรู้เฉลี่ยเท่ากับ 26.93 คะแนน จากคะแนนเต็ม 40 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 67.33 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนอยู่ในระดับค่อนข้างดี และเมื่อนำระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังการจัดการเรียนรู้มาแจกแจงความถี่ ปรากฏดังตาราง 9

ตาราง 10 ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมี (คะแนนเต็ม 40 คะแนน)

การทดสอบ	จำนวนนักเรียน	$\bar{x}$	S.D.	t
ก่อนเรียน	30	11.13	3.19	17.33**
หลังเรียน	30	26.93	4.68	

**p < .01

จากตารางที่ 10 นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาวิชาเคมี เรื่องไฟฟ้าเคมี นักเรียนได้คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนการจัดการเรียนรู้เฉลี่ยเท่ากับ 11.13 คะแนน มีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 3.19 คะแนน ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังการจัดการเรียนรู้เฉลี่ยเท่ากับ 26.93 คะแนน มีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 4.68 และเมื่อเปรียบเทียบคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนกับหลังการจัดการเรียนรู้ พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 หมายความว่า นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่องไฟฟ้าเคมี หลังได้รับการจัดการเรียนรู้สูงกว่าก่อนได้รับการจัดการเรียนรู้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

Prince of Songkla University Pattani Campus

จากการวิจัยในครั้งนี้ผู้วิจัยได้สังเกตและบันทึกเหตุการณ์ต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นเพื่อบ่งบอกว่านักเรียนได้พัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนจากการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา โดยมีขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาดังนี้

1. เชื่อมโยงและระบุปัญหาในชีวิตจริง

จากการนำนักเรียนไปทัศนศึกษาแหล่งเรียนรู้ในชุมชน 2 แห่ง คือ ท่าเทียบเรือประมงพาณิชย์อำเภอคุระบุรี และท่าเทียบเรือประมงพื้นบ้านท่าสุเหร่าอำเภอคุระบุรี จังหวัดพังงา นักเรียนเกิดความสนใจ มีความกระตือรือร้น นักเรียนได้เห็นสภาพจริงที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวัน ในขั้นนี้นักเรียนได้เรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่เป็นความจริงที่เกิดขึ้นในธรรมชาติ เช่น รู้ว่าโลหะเมื่ออยู่ในธรรมชาตินั้นสามารถผุกร่อนได้ โดยนักเรียนส่วนใหญ่คิดว่ามีแต่เหล็กเท่านั้นที่ผุกร่อนเนื่องจากนักเรียนสามารถสังเกตสนิมได้อย่างชัดเจน นอกจากนี้นักเรียนยังมีความรู้มาก่อนว่า การชุบเคลือบด้วยสังกะสีนั้นเป็นวิธีการหนึ่งที่ใช้ป้องกันการผุกร่อนของโลหะ ในขั้นนี้นักเรียนยังไม่รู้หลักการ ทฤษฎี และการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นทางเคมีที่ส่งผลให้เกิดปรากฏการณ์ที่นักเรียนได้สังเกตเห็นในชีวิตประจำวัน

นอกจากการไปทัศนศึกษาแล้ว การให้นักเรียนอภิปรายร่วมกันในห้องเรียนเกี่ยวกับสภาพภูมิอากาศ การประกอบอาชีพ และแหล่งท่องเที่ยวของอำเภอคุระบุรี จังหวัดพังงา ยังทำให้นักเรียนเข้าใจว่าฝนเป็นปัจจัยหนึ่งที่ทำให้โลหะผุกร่อน นอกจากนี้นักเรียนยังรู้อีกว่าน้ำทะเลสามารถทำให้เหล็กผุกร่อนได้เร็วขึ้นแต่ยังไม่สามารถให้เหตุผลได้ และนักเรียนยังคิดว่าการจมเรือเหล็กไว้ใต้ทะเลจะทำให้เรือเหล็กผุกร่อนจนหมดซึ่งเป็นการบ่งบอกว่าจากการไปทัศนศึกษาและการอภิปรายร่วมกันในห้องเรียน นักเรียนสามารถเชื่อมโยงความรู้ในชีวิตจริงจากการสังเกตและการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นในธรรมชาติส่งผลให้นักเรียนมีความรู้พื้นฐานทางวิทยาศาสตร์ และสามารถสื่อสารแลกเปลี่ยนความรู้กับเพื่อนในกลุ่มและในห้องเรียนทำให้นักเรียนเริ่มมีความรู้พื้นฐานทางวิทยาศาสตร์ไปในแนวเดียวกันซึ่งสังเกตได้จากนักเรียนสามารถระบุสิ่งที่จำเป็นต้องเรียนรู้ได้คล้าย ๆ กันในขั้นตอนการระบุสิ่งที่จำเป็นต้องเรียนรู้เพื่อการแก้ปัญหา

2. ระบุสิ่งที่จำเป็นต้องเรียนรู้เพื่อแก้ปัญหา

ในขั้นนี้เป็นขั้นที่ครูให้นักเรียนระดมความคิดเพื่อระบุสิ่งที่ต้องเรียนรู้ จากการสังเกตพบว่านักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันระดมความคิดและระบุเรื่องที่ต้องการเรียนรู้ได้คล้าย ๆ กัน ได้แก่ เรื่องแหล่งกำเนิดไฟฟ้า การผุกร่อนของโลหะ และการป้องกันการผุกร่อน ซึ่งเป็นหัวข้อที่ไม่เจาะลึก เป็นการระบุเพียงกว้าง ๆ ดังนั้นครูจึงต้องคอยชี้นำนักเรียนและคอยทบทวนความรู้เดิมที่

เคยเรียนผ่านมาเพื่อให้นักเรียนสามารถเชื่อมโยงความรู้และระบุสิ่งที่จำเป็นต้องเรียนรู้ได้ ตรงกับเรื่องไฟฟ้าเคมีมากขึ้น

3. รวบรวมข้อมูล แนวคิดที่เกี่ยวข้องและสะท้อนความคิดความเข้าใจ

ขั้นนี้เป็นขั้นที่นักเรียนต้องค้นหาข้อมูลจากหนังสือ สื่ออิเล็กทรอนิก การสืบเสาะจากการทดลอง 6 การทดลอง ได้แก่ 1) การทดลองเรื่องปฏิกิริยาระหว่างโลหะกับสารละลายของโลหะไอออน 2) การทดลองเรื่องการถ่ายโอนอิเล็กตรอนในเซลล์กัลวานิก 3) การทดลองเรื่องเซลล์สะสมไฟฟ้าแบบตะกั่ว 4) การทดลองเรื่องการแยกสารละลาย $CuSO_4$ และ KI ด้วยกระแสไฟฟ้า 5) การทดลองเรื่องการชุบตะปูเหล็กด้วยทองแดง 6) การทดลองเรื่องการป้องกันการผุกร่อนของเหล็ก ผ่านการร่วมกันคิด วางแผนและสืบเสาะหาความรู้โดยมีครูคอยให้คำแนะนำ ในขั้นนี้หลังทำการทดลองเสร็จนักเรียนสามารถอภิปรายและสรุปผลการทดลองร่วมกับครูได้ นักเรียนทำการทดลองได้ และเห็นการเปลี่ยนแปลงจริง ทำให้สามารถเชื่อมโยงความรู้ทางทฤษฎีได้ และนักเรียนเข้าใจทฤษฎีเพิ่มขึ้น อีกทั้งยังทำให้เกิดการช่วยเหลือกันภายในกลุ่มโดยนักเรียนที่เรียนเก่ง เมื่อเข้าใจสามารถอธิบายให้เพื่อนในกลุ่มเข้าใจมากขึ้น นอกจากนี้ นักเรียนยังมีการแลกเปลี่ยนเรียนรู้กันระหว่างกลุ่มเพื่อเพิ่มความเข้าใจยิ่งขึ้น จึงเป็นผลให้นักเรียนสามารถทำแบบฝึกหัดได้ถูกต้องมากกว่า 70% และสามารถทำแบบทดสอบเก็บคะแนนระหว่างเรียนได้มากกว่า 70% ทุกครั้ง

4. วางแผนและออกแบบวิธีการแก้ปัญหา

ในขั้นนี้นักเรียนช่วยกันระดมความคิด วางแผน วาดรูป ชิ้นงานที่นักเรียนร่วมกันออกแบบ โดยนักเรียนสามารถออกแบบชิ้นงานเพื่อแก้ปัญหา ซึ่งขั้นนี้พบว่านักเรียนสามารถอธิบายทฤษฎีไฟฟ้าเคมี สามารถระบุอุปกรณ์และสารเคมีที่จะต้องเลือกใช้ เพื่อสร้างนวัตกรรมได้

5. ดำเนินการแก้ปัญหา

ในขั้นนี้นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันสร้างชิ้นงานจากอุปกรณ์และสารเคมีที่เตรียมไว้ ในขั้นนี้ครูต้องคอยให้คำปรึกษานักเรียนแต่ละกลุ่มอย่างใกล้ชิด เพราะนักเรียนมักจะพบเจอปัญหามากมาย เนื่องจากในขั้นวางแผนและออกแบบวิธีการทดลองนั้น นักเรียนใช้ความรู้ทฤษฎีเพียงอย่างเดียวยังไม่ได้ปฏิบัติจริง ซึ่งเมื่อนักเรียนพบเจอปัญหาในการสร้างนวัตกรรม นักเรียนจะเกิดความเครียด แล้วระดมความคิดกันในกลุ่มพร้อมกับทบทวนความรู้เพื่อหาวิธีแก้ปัญหา โดยมีครูคอยให้คำแนะนำ จึงส่งผลให้นักเรียนมีความรู้ความเข้าใจ เรื่องไฟฟ้าเคมีมากขึ้นผ่านกระบวนการแก้ปัญหาจากการลงมือปฏิบัติจริง

6. ทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุง

นักเรียนแต่ละกลุ่มทดลองใช้นวัตกรรมที่ร่วมกันสร้างขึ้น ผลปรากฏว่า นักเรียนหลายกลุ่มมีปัญหา ได้แก่ 1) กลุ่มที่สร้างนวัตกรรมเพื่อทำให้น้ำทะเลให้เป็นน้ำจืด โดยนักเรียนใช้หลักการของเซลล์อิเล็กโทรไลติกนักเรียนเจอปัญหาคือ เมื่อนักเรียนใช้น้ำเกลือแทนการใช้น้ำทะเล พบว่าไม่สามารถแยกน้ำจืดออกจากน้ำเกลือได้เนื่องจากในน้ำเกลือมีไอโอไดด์ผสมอยู่ เมื่อให้กระแสไฟฟ้าเข้าไปพบว่าไอโอไดด์ไอออนเกิดการให้อิเล็กตรอนที่ขั้วไฟฟ้าบวก ทำให้เกิดไอโอดีนในสารละลาย ส่งผลให้สารละลายเปลี่ยนสีจากใสไม่มีสีเป็นสีน้ำตาล ส่งผลให้นักเรียนไม่สามารถแยกน้ำจืดออกจากน้ำเค็มได้ ส่งผลให้นักเรียนเข้าใจเรื่องเซลล์อิเล็กโทรไลติกมากขึ้น 2) กลุ่มที่สร้างเรือที่ใช้พลังงานจากเซลล์สะสมไฟฟ้าแบบตะกั่วนักเรียนสามารถทำให้เรือแล่นได้จากเซลล์สะสมไฟฟ้าแบบตะกั่วแต่นักเรียนยังเก็บไฟได้ไม่นาน การสร้างนวัตกรรมของนักเรียนกลุ่มนี้ทำให้นักเรียเข้าใจเซลล์กัลวานิกมากขึ้น 3) กลุ่มที่สร้างแหล่งกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรงโดยใช้เทอร์โมอิ-เล็กทริกเป็นตัวกำเนิดไฟฟ้า โดยอาศัยความแตกต่างของอุณหภูมิทำให้นักเรียนเข้าใจการกำเนิดกระแสไฟฟ้ากระแสตรงจากความแตกต่างของอุณหภูมิ เป็นต้น

7. นำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหา หรือผลการพัฒนานวัตกรรม

จากขั้นทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุง นักเรียนพบว่าเมื่อนักเรียนสร้างนวัตกรรมเสร็จแล้วและทดลองใช้นวัตกรรมพบว่า ให้ผลแตกต่างจากที่นักเรียนคิด ส่งผลให้นักเรียนต้องระดมความคิด ทบทวนทฤษฎีเพื่ออธิบายรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นซึ่งแตกต่างไปจากที่คาดการไว้ ส่งผลให้นักเรียนเข้าใจเรื่องไฟฟ้าเคมีมากขึ้น

8. เชื่อมโยงการแก้ปัญหาไปยังสถานการณ์อื่น

ในขั้นนี้นักเรียนนักเรียนสามารถใช้ความรู้วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี ศวกรรมศาสตร์และคณิตศาสตร์ ไปใช้ในการแก้ปัญหา ในสถานการณ์อื่นได้ โดยนักเรียนสามารถระบุปัญหา สาเหตุของปัญหา และสามารถแก้ปัญหาโดยใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์เรื่องไฟฟ้าเคมี มาประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหา ผ่านการออกแบบทางวิศวกรรมศาสตร์ ใช้การคำนวณทางคณิตศาสตร์เพื่อให้ได้แนวคิดในการสร้างเทคโนโลยีได้

Prince of Songkla University Pattani Campus

4.2. ผลการศึกษาความสามารถในการแก้ปัญหาก่อนเรียน ระหว่างเรียน และหลังเรียน เมื่อได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา

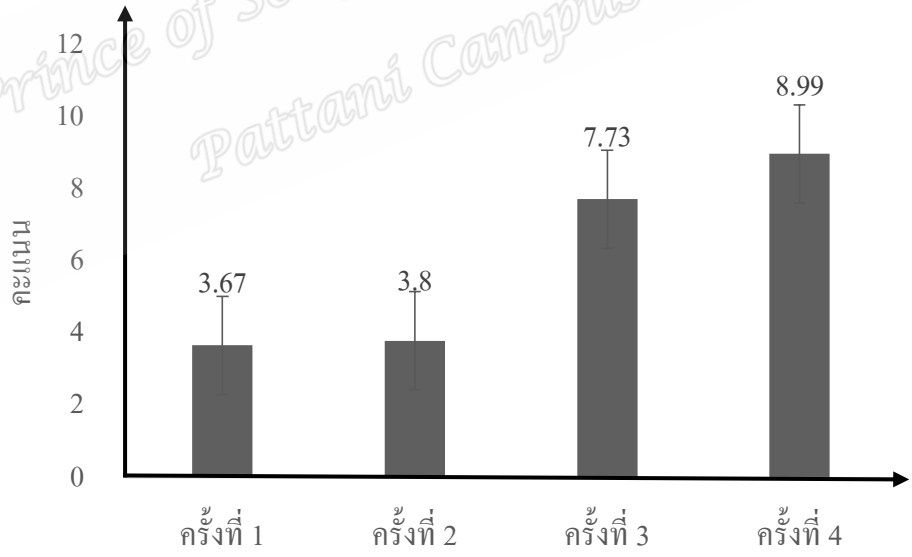
ผู้วิจัยได้นำเสนอผลคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหา ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ก่อนการจัดการเรียนรู้ ระหว่างการจัดการเรียนรู้และหลังการจัดการเรียนรู้ จากนั้นนำแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหามาตรวจให้คะแนน ซึ่งมีคะแนนเต็ม 10 คะแนน และทำการวิเคราะห์ผล ได้ผลการวิเคราะห์ดังตารางที่ 11

ตาราง 11 คะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียน เรื่อง ไฟฟ้าเคมี (n=30)

นักเรียน	**คะแนนความสามารถในการแก้ปัญหา**			
คนที่	**ครั้งที่ 1**	**ครั้งที่ 2**	**ครั้งที่ 3**	**ครั้งที่ 4**
1	4.00	4.50	8.60	10.00
2	4.00	4.00	7.40	9.30
3	1.90	3.80	7.90	9.00
4	3.80	3.80	7.60	8.80
5	4.00	3.30	8.30	9.50
6	3.60	4.30	8.30	10.00
7	3.80	3.30	6.90	8.80
8	3.10	2.90	5.20	8.10
9	3.80	3.80	7.60	8.80
10	3.80	3.80	7.90	8.80
11	3.60	4.00	6.20	8.30
12	5.00	3.30	7.40	8.80
13	3.80	3.10	7.40	8.80
14	3.30	4.00	9.30	9.50
15	3.60	3.60	7.60	8.80
16	3.30	5.20	7.60	8.80
17	3.60	3.80	6.40	8.80
18	3.30	3.80	7.60	8.80
19	4.00	3.30	8.80	8.80

Prince of Songkla University Pattani Campus

20	3.80	4.00	9.00	8.80
21	3.80	4.00	8.30	8.80
22	3.80	3.80	7.60	8.30
23	3.30	3.60	8.30	8.80
24	3.60	3.10	6.90	8.80
25	3.60	3.80	9.00	10.00
26	3.60	3.80	7.60	9.30
27	3.80	3.80	9.00	10.00
28	3.80	3.80	6.90	8.80
29	3.80	3.80	8.30	8.80
30	3.80	5.00	7.10	8.80
$\overline{x}$	3.67	3.80	7.73	8.99
S.D.	0.47	0.49	0.91	0.49



ภาพประกอบ 18 การเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการแก้ปัญหา

จากตาราง 11 และภาพประกอบ 18 พบว่า คะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาเฉลี่ยครั้งที่ 1-4 มีค่าเท่ากับ 3.67, 3.80, 7.73 และ 8.99 ตามลำดับ และมีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาครั้งที่ 1-4 เท่ากับ 0.47, 0.49, 0.91 และ 0.49 ตามลำดับ

Prince of Songkla University Pattani Campus

ตาราง 12 ผลการทดสอบความแปรปรวนของคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียน

แหล่งความผันแปร	Sum Square	df	Mean Square	F
จำนวนครั้งที่ทดลอง (Sphericity Assumed)	666.150	3	222.050	724.474*
ความคลาดเคลื่อน (Sphericity Assumed)	26.665	87	0.306	
ผลรวม	692.815	90	222.356	
Mauchly's W	0.59	Sig.	0.012	
Approx. Chi-Square	14.68			

*p < .01

จากตาราง 12 พบว่า ค่า Mauchly's W เท่ากับ 0.59 และค่า Approx. Chi-Square เท่ากับ 14.68 และค่า Sig. เท่ากับ 0.012 แสดงว่าคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนทั้ง 4 ครั้งมีความแปรปรวนไม่แตกต่างกัน ซึ่งสอดคล้องกับสมมติฐานของ Sphericity และเมื่อพิจารณาค่า F พบว่ามีค่าเท่ากับ 724.474 และค่า Sig. เท่ากับ 0.00 แสดงว่า คะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนอย่างน้อย 1 คู่ มีระดับคะแนนเฉลี่ยแตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ .01 จากนั้นผู้วิจัยทำการเปรียบเทียบเป็นคู่ ได้ผลดังนี้

ตาราง 13 ผลการเปรียบเทียบผลต่างของคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาเฉลี่ยในแต่ละครั้ง

ครั้งที่	1 ($\bar{X}$= 3.67)	2 ($\bar{X}$=3.80)	3 ($\bar{X}$=7.73)	4 ($\bar{X}$= 8.99)
1 ($\bar{X}$= 3.67)	-	0.137	4.067*	5.323*
2 ($\bar{X}$=3.80)		-	3.930*	5.187*
3 ($\bar{X}$=7.73)			-	1.257*
4 ($\bar{X}$= 8.99)				-

*p < .01

จากตาราง 13 พบว่า คะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาเฉลี่ยแตกต่างกัน จำนวน 5 คู่ (Sig. < .01) ดังนี้ 1) คะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาครั้งที่ 1 และ 3, 2) คะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาครั้งที่ 1 และ 4, 3) คะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาครั้งที่ 2

และ 3, 4) คะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาครั้งที่ 2 และ 4, 5) คะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาครั้งที่ 3 และ 4

จากการวิจัยในครั้งนี้ผู้วิจัยได้สังเกตและบันทึกเหตุการณ์ต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นเพื่อบ่งบอกว่านักเรียนได้พัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาจากการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา โดยแยกเป็นขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา 8 ขั้นตอนดังนี้

1. เชื่อมโยงและระบุปัญหาในชีวิตจริง

ขั้นนี้นักเรียนสามารถระบุปัญหาในชีวิตจริงที่เกี่ยวข้องกับไฟฟ้าเคมีได้ เช่น ปัญหาการผุก่อนของโลหะ แต่นักเรียนยังมีความเข้าใจว่า โลหะที่ผุกร่อนมีแต่เหล็กเท่านั้นและนักเรียนยังบอกปัจจัยที่มีผลต่อปรากฏการณ์ต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นเพื่อเป็นจุดเริ่มต้นในการระดมความคิดเพื่อการแก้ปัญหาได้

2. ระบุสิ่งที่จำเป็นต้องเรียนรู้เพื่อแก้ปัญหา

ในระหว่างที่นักเรียนระดมความคิดเพื่อระบุสิ่งที่จำเป็นต้องเรียนรู้ นักเรียนบางกลุ่ม ไม่กล้าที่จะเขียนด้วยปากกาเมจิกลงในกระดาษปรู๊ฟเพราะกลัวทำผิด จึงทำการร่างลงในกระดาษสมุดก่อน และมีบางกลุ่มเขียนด้วยดินสอลงในกระดาษบรู๊ฟก่อนแต่เมื่อทำผิดก็ใช้ยางลบ แต่เมื่อแก้ไขหลายครั้งจึงทำให้กระดาษปรู๊ฟขาด แต่นักเรียนก็แก้ปัญหาโดยการใช้กระดาษติดกาวติดไว้อีกด้านของกระดาษปรู๊ฟที่ยังไม่ใช้เพื่อเป็นการแก้ปัญหา

3. รวบรวมข้อมูล แนวคิดที่เกี่ยวข้องและสะท้อนความคิดความเข้าใจ

นักเรียนสามารถออกแบบและทำการทดลองได้ แต่ในขณะทำการทดลองนักเรียนมักเจอปัญหาต่าง ๆ ได้แก่ การทดลองที่ 1 ปฏิกิริยาระหว่างโลหะกับสารละลายของโลหะไอออน นักเรียนสังเกตสารละลาย $CuSO_4$ ซึ่งเป็นสารละลายสีฟ้าใส ทำปฏิกิริยากับ Zn ทำให้สารละลายสีฟ้าจางลง นักเรียนใช้วิธีทำให้สามารถสังเกตสีฟ้าของสารละลายจางลงได้ชัดเจนโดยการเปรียบเทียบสี กับสารละลาย $CuSO_4$ ที่ไม่ได้ใส่แท่ง Zn การทดลองที่ 2 การถ่ายโอนอิเล็กตรอนในเซลล์กัลวานิกนักเรียนมีพฤติกรรมการแก้ปัญหาดังนี้ 1) กระดาษกรองที่ใช้ทำสะพานเกลือไม่เพียงพอ นักเรียนแก้ปัญหาโดยการตัดกระดาษสมุดใช้แทนกระดาษกรอง 2) สารละลายที่ใช้ทำสะพานเกลือหมด นักเรียนแก้ปัญหา โดยใช้สารละลายอิเล็กโทรไลต์ของเซลล์ไฟฟ้าแทนสารละลายที่ใช้เป็นสะพานเกลือผลปรากฏว่านักเรียนได้ผลการทดลองปกติ 3) นักเรียน 1 กลุ่ม เมื่อต่อโวลต์มิเตอร์เข้ากับเซลล์ที่สร้างขึ้นแต่พบว่าเข็มของโวลต์มิเตอร์ไม่เคลื่อน นักเรียนกลุ่มนี้จึงหาสาเหตุที่เข็มโวลต์มิเตอร์ไม่เคลื่อน โดยการต่อโวลต์มิเตอร์เข้ากับถ่านไฟฉายทำให้นักเรียนพบว่า

โวลต์มิเตอร์ปกติ นักเรียนจึงทำการสำรวจหาข้อผิดพลาดเพื่อทำการแก้ปัญหา นักเรียนจึงทบทวนการทดลองใหม่ซึ่งทำให้นักเรียนทราบว่า นักเรียนประกอบเซลล์ผิด นักเรียนจึงทำการแก้ปัญหาได้ถูกต้อง การทดลองที่ 3 เซลล์สะสมไฟฟ้าแบบตะกั่ว การทดลองนี้นักเรียนต้องใช้กระบะถ่านเพื่อบรรจุถ่านไฟฉาย 4 ก้อน แต่ ห้องปฏิบัติการมีกระบะถ่านไม่เพียงพอ นักเรียนจึงแก้ปัญหาโดยการม้วนกระดาษ แล้วบรรจุถ่านไฟฉายลงไปแบบอนุกรมแล้วใช้สายยางรัดไว้ นักเรียนจึงสามารถทำการทดลองได้และยังมีนักเรียนอีก 2 กลุ่มทีทำการทดลองแล้วไม่มีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้นเหมือนกลุ่มเพื่อน นักเรียนจึงขอคำแนะนำจากครู ครูจึงแนะนำให้นักเรียนตรวจสอบวงจรไฟฟ้าใหม่ เมื่อนักเรียนตรวจสอบพบว่า วงจรไฟฟ้าที่เป็นขั้วตะกั่วทั้ง 2 ขั้วที่จุ่มอยู่ในสารละลายสัมผัสกันจึงทำให้ไม่สามารถเกิดปฏิกิริยาได้ นักเรียนจึงทำการแก้ปัญหา โดยแยกขั้วไฟฟ้าให้ห่างกัน ปฏิกิริยาเคมีจึงสามารถเกิดได้ การทดลองที่ 4 การแยกสารละลาย $CuSO_4$ และ KI ด้วยกระแสไฟฟ้ามีนักเรียนบางกลุ่มทำการทดลองแต่ไม่มีปฏิกิริยาเกิดขึ้น นักเรียนจึงระดมความคิดและตรวจสอบการทำการทดลองใหม่ จึงพบว่าขั้วไฟฟ้าแตะกัน นักเรียนจึงแก้ปัญหาโดยแยกขั้วไฟฟ้าออกจากกันจึงทำให้ปฏิกิริยาสามารถเกิดได้ การทดลองที่ 5 การชุบตะปูเหล็กด้วยทองแดงนักเรียนชุบตะปูเหล็กด้วยทองแดง นักเรียนพบปัญหาคือ ทองแดงที่เคลือบติดที่ตะปูเป็นสีดำและชิ้นงานไม่สวย มีทองแดงหลุดร่วงที่ก้นภาชนะจำนวนมาก นักเรียนจึงแก้ปัญหาโดยลดปริมาณความต่างศักย์ไฟฟ้า จึงทำให้สามารถแก้ปัญหาได้

4. วางแผนและออกแบบวิธีการแก้ปัญหา

ขั้นนี้นักเรียนสามารถนำเสนอวิธีแก้ปัญหา โดยเริ่มต้นจากปัญหา แล้วร่วมกันออกแบบวางแผนสร้างนวัตกรรม เมื่อนักเรียนตกลงกันในกลุ่มแล้วว่าจะสร้างนวัตกรรมอะไร นักเรียนก็ทบทวนความรู้ไฟฟ้าเคมี แล้ววางแผนอย่างเป็นขั้นตอน โดยเริ่มจากการวาดรูปนวัตกรรมที่ต้องการสร้าง อุปกรณ์และสารเคมีที่ต้องใช้ และวิธีการดำเนินการสร้าง แล้วนำเสนอหน้าชั้นเรียน

5. ดำเนินการแก้ปัญหา

ขั้นนี้เป็นขั้นที่นักเรียนร่วมกันสร้างนวัตกรรมจากอุปกรณ์และสารเคมีที่เตรียมไว้แล้วดำเนินการตามวิธีการที่ออกแบบ ขั้นนี้เป็นขั้นที่นักเรียนมีความเครียดมากที่สุดเมื่อเจอปัญหาระหว่างสร้างนวัตกรรม เช่น นักเรียนกลุ่มที่สร้างเซลล์กัลวานิกเพื่อให้กระแสไฟฟ้า เมื่อสร้างเสร็จแล้วทำการวัดความต่างศักย์ไฟฟ้าพบว่ามีความต่างศักย์เกิดขึ้น แต่เมื่อต่อกับหลอดไฟ ปรากฏว่าหลอดไฟไม่สว่าง ทำให้นักเรียนต้องคิดเพื่อหาวิธีแก้ปัญหา โดยสังเกตเห็นว่านักเรียนเริ่มจากการตรวจสอบหลอดไฟว่าต้องใช้ไฟความต่างศักย์เหมาะสมกับความต่างศักย์จากเซลล์ที่สร้างขึ้น

Prince of Songkla University Pattani Campus

หรือไม่ เมื่อพบว่าหลอกไฟมีความต่างศักย์สูงกว่าความต่างศักย์ของแหล่งกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง นักเรียนจึงเปลี่ยนหลอดไฟใหม่เพื่อให้ได้หลอดไฟที่มีความต่างศักย์เหมาะสม

6. ทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุง

จากการทดสอบการใช้นวัตกรรมของนักเรียน พบว่าบางกลุ่มนวัตกรรมสามารถใช้งานได้ บางกลุ่มต้องปรับปรุงแก้ไข

7. นำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหา หรือผลการพัฒนานวัตกรรม

นักเรียนทุกกลุ่มจัดแสดงนวัตกรรมที่สร้างขึ้นและสามารถอธิบายเชื่อมโยงความรู้สะเต็มศึกษาได้ ซึ่งในขั้นนี้เมื่อนักเรียนจัดนวัตกรรมเสร็จ นักเรียนจะทบทวนความรู้กันในกลุ่มเพื่ออธิบายให้เพื่อนกลุ่มอื่นฟัง เมื่อมีกลุ่มอื่นมาศึกษานวัตกรรมก็มีการแลกปลี่ยนเรียนรู้ได้อย่างดี

8. เชื่อมโยงการแก้ปัญหาไปยังสถานการณ์อื่น

นักเรียนสามารถบอกวิธีการแก้ปัญหาและผลที่เกิดจากการแก้ปัญหา โดยใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์และคณิตศาสตร์ได้

4.3 ผลการศึกษาคะแนนพัฒนาการของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และความสามารถในการแก้ปัญหาหลังจากได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา

4.3.1 ผลการศึกษาคะแนนพัฒนาการของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 หลังจากได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา

ผู้วิจัยได้นำแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่อง ไฟฟ้าเคมี ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น จำนวน 40 ข้อ คะแนนเต็ม 40 คะแนน ไปใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา โดยใช้เวลาในการทำแบบทดสอบ 90 นาที จากนั้นนำแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี ตรวจให้คะแนน แล้วหาคะแนนพัฒนาการทางการเรียน และคะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์ ของนักเรียน ได้ผลการวิเคราะห์ดังนี้

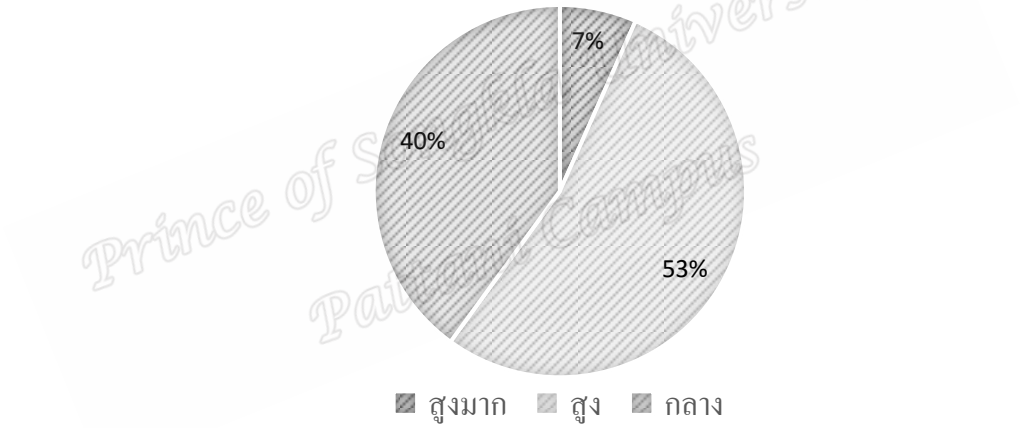
Prince of Songkla University Pattani Campus

ตาราง 14 คะแนนพัฒนาการ (Growth score) คะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์ (Relative Gain Score) และระดับพัฒนาการของนักเรียน

นักเรียนคนที่	คะแนนพัฒนาการ	คะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์ (ร้อยละ)	ระดับพัฒนาการ
1	21	91.30	สูงมาก
2	10	37.04	กลาง
3	8	30.77	กลาง
4	25	75.76	สูง
5	16	57.14	สูง
6	22	78.57	สูงมาก
7	16	59.26	สูง
8	18	48.65	กลาง
9	16	50.00	กลาง
10	13	44.83	กลาง
11	15	53.57	สูง
12	8	30.77	กลาง
13	22	61.11	สูง
14	22	70.97	สูง
15	10	37.04	กลาง
16	18	56.25	สูง
17	21	72.41	สูง
18	10	33.33	กลาง
19	15	57.69	สูง
20	17	73.91	สูง
21	21	72.41	สูง
22	8	30.77	กลาง
23	14	43.75	กลาง
24	21	67.74	สูง
25	16	57.14	สูง

Prince of Songkla University Pattani Campus

นักเรียนคนที่	คะแนนพัฒนาการ	คะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์ (ร้อยละ)	ระดับพัฒนาการ
26	9	33.33	กลาง
27	16	57.14	สูง
28	15	51.72	สูง
29	10	35.71	กลาง
30	21	70.00	สูง
เฉลี่ย	**15.80**	**54.67**	**สูง**
S.D.	**4.99**	**16.62**	



ภาพประกอบ 19 ระดับพัฒนาการผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียน

ตาราง 15 ร้อยละของระดับพัฒนาการผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียน

ระดับพัฒนาการ	จำนวนนักเรียน (คน)	ร้อยละ (%)
สูงมาก	2	6.67
สูง	16	53.33
ปานกลาง	12	40.00
ต้น	0	0.00

เมื่อพิจารณาระดับพัฒนาการทางการเรียนของนักเรียนตามตารางที่ 15 ซึ่งแบ่งออกเป็น 4 ระดับ ได้แก่ สูงมาก สูง ปานกลาง และต้น พบว่ามีนักเรียนที่มีระดับพัฒนาการสูงมาก

จำนวน 2 คน นักเรียนที่มีระดับพัฒนาการสูง จำนวน 16 คน นักเรียนที่มีระดับคะแนนพัฒนาการปานกลาง จำนวน 12 คน คิดเป็นร้อยละ 6.67, 53.33, 40.00 ตามลำดับและไม่มีนักเรียนที่มีระดับพัฒนาการต่ำกว่าระดับปานกลาง

4.3.2 ผลการศึกษาคะแนนพัฒนาการของความสามารถในการแก้ปัญหา ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 หลังจากได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา

ผู้วิจัยได้นำเสนอผลคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหา ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ก่อนการจัดการเรียนรู้ ระหว่างการจัดการเรียนรู้และหลังการจัดการเรียนรู้ จากนั้นนำแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหามาตรวจให้คะแนน ซึ่งมีคะแนนเต็ม 10 คะแนน และทำการวิเคราะห์ผล ได้ผลการวิเคราะห์ ดังตาราง 16

ตาราง 16 คะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียน เรื่อง ไฟฟ้าเคมี (n =30)

คนที่	ความสามารถในการแก้ปัญหา ครั้งที่ 1-2			ความสามารถในการแก้ปัญหา ครั้งที่ 2-3			ความสามารถในการแก้ปัญหา ครั้งที่ 3-4		
	คะแนนพัฒนาการ	คะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์	ระดับพัฒนาการ	คะแนนพัฒนาการ	คะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์	ระดับพัฒนาการ	คะแนนพัฒนาการ	คะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์	ระดับพัฒนาการ
1	0.5	8.3	ต้น	4.1	74.5	สูง	1.4	100.0	สูงมาก
2	0	0.0	ต้น	3.4	56.7	สูง	1.9	73.1	สูง
3	1.9	23.5	ต้น	4.1	66.1	สูง	1.1	52.4	สูง
4	0	0.0	ต้น	3.8	61.3	สูง	1.2	50.0	ปานกลาง
5	-0.7	-11.7	ต้น	5	74.6	สูง	1.2	70.6	สูง
6	0.7	10.9	ต้น	4	70.2	สูง	1.7	100.0	สูงมาก
7	-0.5	-8.1	ต้น	3.6	53.7	สูง	1.9	61.3	สูง
8	-0.2	-2.9	ต้น	2.3	32.4	ปานกลาง	2.9	60.4	สูง
9	0	0.0	ต้น	3.8	61.3	สูง	1.2	50.0	ปานกลาง
10	0	0.0	ต้น	4.1	66.1	สูง	0.9	42.9	ปานกลาง
11	0.4	6.3	ต้น	2.2	36.7	ปานกลาง	2.1	55.3	สูง
12	-1.7	-34.0	ต้น	4.1	61.2	สูง	1.4	53.8	สูง
13	-0.7	-11.3	ต้น	4.3	62.3	สูง	1.4	53.8	สูง
14	0.7	10.4	ต้น	5.3	88.3	สูงมาก	0.2	28.6	ปานกลาง
15	0	0.0	ต้น	4	62.5	สูง	1.2	50.0	ปานกลาง
16	1.9	28.4	ต้น	2.4	50.0	ปานกลาง	1.2	50.0	ปานกลาง

Prince of Songkla University Pattani Campus

17	0.2	3.1	ต้น	2.6	41.9	ปานกลาง	2.4	66.7	สูง
18	0.5	7.5	ต้น	3.8	61.3	สูง	1.2	50.0	ปานกลาง
19	-0.7	-11.7	ต้น	5.5	82.1	สูงมาก	0	0.0	ต้น
20	0.2	3.2	ต้น	5	83.3	สูงมาก	-0.2	-20.0	ต้น
21	0.2	3.2	ต้น	4.3	71.7	สูง	0.5	29.4	ปานกลาง
22	0	0.0	ต้น	3.8	61.3	สูง	0.7	29.2	ปานกลาง
23	0.3	4.5	ต้น	4.7	73.4	สูง	0.5	29.4	ปานกลาง
24	-0.5	-7.8	ต้น	3.8	55.1	สูง	1.9	61.3	สูง
25	0.2	3.1	ต้น	5.2	83.9	สูงมาก	1	100.0	สูงมาก
26	0.2	3.1	ต้น	3.8	61.3	สูง	1.7	70.8	สูง
27	0	0.0	ต้น	5.2	83.9	สูงมาก	1	100.0	สูงมาก
28	0	0.0	ต้น	3.1	50.0	ปานกลาง	1.9	61.3	สูง
29	0	0.0	ต้น	4.5	72.6	สูง	0.5	29.4	ปานกลาง
30	1.2	19.4	ต้น	2.1	42.0	ปานกลาง	1.7	58.6	สูง
$\bar{x}$	0.14	1.6	ต้น	3.93	63.39	สูง	1.26	53.90	สูง
S.D.	0.72	11.47	-	0.94	14.33	-	0.70	27.19	-

Prince of Songkla University Pattani Campus

จากการพิจารณาระดับพัฒนาการความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนตามตารางที่ 16 พบว่าระดับพัฒนาการความสามารถในการแก้ปัญหาครั้งที่ 1 กับครั้งที่ 2 เฉลี่ย เท่ากับ 1.6 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 11.47 ซึ่งเป็นระดับพัฒนาการความสามารถในการแก้ปัญหาในระดับต้น ระดับพัฒนาการความสามารถในการแก้ปัญหาครั้งที่ 2 กับครั้งที่ 3 เฉลี่ย เท่ากับ 63.39 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 14.33 ซึ่งเป็นระดับพัฒนาการความสามารถในการแก้ปัญหาในระดับสูง ระดับพัฒนาการความสามารถในการแก้ปัญหาครั้งที่ 3 กับครั้งที่ 4 เฉลี่ย เท่ากับ 53.90 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 27.19 ซึ่งเป็นระดับพัฒนาการความสามารถในการแก้ปัญหาในระดับสูง

ตาราง 17 ร้อยละของระดับพัฒนาการผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียน

ระดับพัฒนาการ	ความสามารถในการแก้ปัญหาครั้งที่ 1-2		ความสามารถในการแก้ปัญหาครั้งที่ 2-3		ความสามารถในการแก้ปัญหาครั้งที่ 3-4	
	จำนวนนักเรียน (คน)	ร้อยละ (%)	จำนวนนักเรียน (คน)	ร้อยละ (%)	จำนวนนักเรียน (คน)	ร้อยละ (%)
สูงมาก	0	0	5	16.67	4	13.33
สูง	0	0	19	63.33	13	43.33
ปานกลาง	0	0	6	20	11	36.67
ต้น	30	100	0	0	2	6.67

จากการพิจารณาระดับพัฒนาการความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนตามตารางที่ 17 ซึ่งเปรียบเทียบระดับพัฒนาการของความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนครั้งที่ 1 กับครั้งที่ 2 ครั้งที่ 2 กับครั้งที่ 3 และครั้งที่ 3 กับครั้งที่ 4 ซึ่งแบ่งออกเป็น 4 ระดับ ได้แก่ สูงมาก สูง ปานกลาง และต้น พบว่าในครั้งที่ 1 กับครั้งที่ 2 มีนักเรียนที่มีระดับพัฒนาการในระดับต้นทั้งหมด 30 คน คิดเป็นร้อยละ 100 เมื่อเปรียบเทียบระดับพัฒนาการความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนครั้งที่ 2 กับครั้งที่ 3 พบว่า มีนักเรียนที่มีระดับพัฒนาการระดับสูงมากจำนวน 5 คน นักเรียนที่มีระดับพัฒนาการสูง จำนวน 19 คน นักเรียนที่มีระดับคะแนนพัฒนาการปานกลาง จำนวน 6 คน คิดเป็นร้อยละ 16.67, 63.33, 20.00 ตามลำดับและไม่มีนักเรียนที่มีระดับพัฒนาการต่ำกว่าระดับปานกลาง เมื่อเปรียบเทียบระดับพัฒนาการความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนครั้งที่ 3 กับครั้งที่ 4 พบว่า มีนักเรียนที่มีระดับพัฒนาการระดับสูงมากจำนวน 4 คน นักเรียนที่มีระดับพัฒนาการสูง จำนวน 13 คน นักเรียนที่มีระดับคะแนนพัฒนาการปานกลาง จำนวน 11 คน และนักเรียนที่มีระดับคะแนนพัฒนาการระดับต้นจำนวน 2 คน คิดเป็นร้อยละ 13.33, 43.33, 36.67 และ 6.67 ตามลำดับ

4.4 ผลการศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา

ในการศึกษาความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ใช้แบบวัดความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น จำนวน 20 ข้อ ทำการวัดความพึงพอใจหลังได้ทำการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา แล้วนำข้อมูลมา

วิเคราะห์ทางสถิติโดยการหาค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) จากนั้นแปลความหมายค่าเฉลี่ยเป็นระดับความพึงพอใจ ได้ผลดังนี้

ตาราง 18 แสดงค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) และระดับความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา

องค์ประกอบการจัดการเรียนรู้	**5(%)**	**4(%)**	**3(%)**	**2(%)**	**1(%)**	**($\bar{X}$)**	**(S.D.)**	**ระดับความพึงพอใจ**
ด้านเนื้อหา								
1.ฉันชอบที่จะ ค้นคว้าแสวงหาความรู้ด้วยตนเอง	15(50)	15(50)	0	0	0	4.5	0.51	มากที่สุด
2. ฉันชอบที่จะซักถาม แสดงความคิดเห็น และร่วมกันตอบคำถาม ขณะเรียน	6(20)	21(70)	2(6.67)	1(3.33)	0	4.73	0.74	มากที่สุด
3. ฉันชอบที่จะวิเคราะห์ปัญหาและแสวงหาคำตอบที่จะศึกษาตามความสนใจ	18(60)	12(40)	0	0	0	4.60	0.50	มากที่สุด
4. ฉันชอบที่จะอภิปรายแลกเปลี่ยนความรู้ระหว่างผู้เรียน ผู้สอน และผู้เชี่ยวชาญเฉพาะเรื่อง	18(60)	11(36.67)	1(3.33)	0	0	4.56	0.57	มากที่สุด
5. ฉันชอบที่จะวางแผนค้นคว้าหาคำตอบด้วยตนเอง	15(50)	14(46.67)	1(3.33)	0	0	4.47	0.57	มาก
เฉลี่ย						**4.57**	**0.58**	**มากที่สุด**
ด้านกิจกรรมการเรียนรู้								
6. ฉันมีอิสระในการแสดงความคิดเห็นและรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น	25(83.33)	5(16.67)	0	0	0	4.83	0.38	มากที่สุด
7. ฉันชอบการจัดกิจกรรมการ	19(63.33)	11(36.67)	0	0	0	4.63	0.49	มาก

Prince of Songkla University Pattani Campus

องค์ประกอบการจัดการเรียนรู้	5(%)	4(%)	3(%)	2(%)	1(%)	($\bar{X}$)	(S.D.)	ระดับความพึงพอใจ
เรียนรู้มุ่งส่งเสริมให้ฉันได้ฝึกทักษะการแก้ปัญหา								ที่สุด
8.ฉันได้ฝึกทักษะการคิดวิเคราะห์ และชอบการแก้ปัญหา	17(56.67)	12(40)	0	1(3.33)	0	4.50	0.68	มากที่สุด
9. ฉันชอบการเรียนรู้ที่ทำให้ฉันเกิดการบูรณาการความรู้วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์	9(30)	18(60)	3(9.99)	0	0	4.20	0.61	มาก
10. ฉันชอบที่จะนำความรู้วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ มาเชื่อมโยงสัมพันธ์กับเนื้อหา	7(23.33)	21(70)	2(6.67)	0	0	4.17	0.53	มาก
เฉลี่ย						**4.47**	**0.60**	**มาก**
ด้านประโยชน์ที่ได้รับ								
11.ฉันชอบการแจ้งผลการเรียนและความก้าวหน้าให้ทราบเป็นระยะ ๆ	16(53.33)	13(43.33)	1(3.33)	0	0	4.50	0.57	มากที่สุด
12. ฉันชอบการวัดและประเมินผลผู้เรียนด้วยวิธีการที่หลากหลาย	18(60)	11(36.67)	1(3.33)	0	0	4.57	0.57	มากที่สุด
13. ฉันชอบการให้คะแนนจากการปฏิบัติจริงของผู้เรียนเป็นส่วนหนึ่งของการประเมินผล	15(50)	15(50)	0	0	0	4.50	0.51	มากที่สุด
14. ฉันเข้าใจเนื้อหาเชิงลึกและครอบคลุมมากขึ้น	16(53.33)	13(43.33)	1(3.33)	0	0	4.50	0.57	มากที่สุด

Prince of Songkla University Pattani Campus

องค์ประกอบการจัดการเรียนรู้	5(%)	4(%)	3(%)	2(%)	1(%)	($\bar{X}$)	(S.D.)	ระดับความพึงพอใจ
15.ฉันได้คิดค้นและสร้างสรรค์ผลงานด้วยตนเอง	19(63.33)	10(33.33)	0	1(3.33)	0	4.57	0.67	มากที่สุด
เฉลี่ย						**4.52**	**0.58**	**มากที่สุด**
ด้านการนำไปใช้ประโยชน์								
16. ฉันชอบที่จะช่วยเหลือซึ่งกันและกันในการทำงานกลุ่มและมีส่วนร่วมในการนำเสนอ	23(76.67)	7(23.33)	0	0	0	4.77	0.43	มากที่สุด
17. ฉันชอบที่จะเรียนรู้โดยเริ่มจากปัญหาใกล้ตัวที่เกี่ยวข้องกับสังคมในท้องถิ่น	10(33.33)	18(60)	1(3.33)	1(3.33)	0	4.23	0.68	มาก
18. ฉันนำความรู้วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ไปใช้ในชีวิตประจำวันได้	18(60)	10(33.33)	2(6.67)	0	0	4.53	0.63	มากที่สุด
19. ฉันคิดว่าความรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ ไปแก้ปัญหาสังคมและพัฒนาประเทศชาติได้	19(63.33)	11(36.67)	0	0	0	4.63	0.49	มากที่สุด
20. ฉันคิดว่าวิทยาศาสตร์เป็นสิ่งที่มีคุณค่าในการดำรงชีวิต	23(76.67)	7(23.33)	0	0	0	4.77	0.433	มากที่สุด
เฉลี่ย						**4.59**	**0.57**	**มากที่สุด**

Prince of Songkla University Pattani Campus

จากตาราง 18 แสดงให้เห็นว่า นักเรียนมีความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา หลังเรียนที่ระดับมากที่สุด ซึ่งมีคะแนนความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้เฉลี่ยเท่ากับ 4.51 เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อพบว่า นักเรียนมีความพึงพอใจอันดับแรก คือนักเรียนมีอิสระในการ

แสดงความคิดเห็นและรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น โดยมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 4.83 นักเรียนชอบที่จะช่วยเหลือซึ่งกันและกันในการทำงานกลุ่ม และมีส่วนร่วมในการนำเสนอมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 4.77 นักเรียนคิดว่าวิทยาศาสตร์เป็นสิ่งที่มีคุณค่าในการดำรงชีวิตมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 4.77 นักเรียนชอบที่จะซักถาม แสดงความคิดเห็น และร่วมกันตอบคำถาม ขณะเรียน มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 4.73 นักเรียนชอบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้มุ่งส่งเสริมให้นักเรียนได้ฝึกทักษะการแก้ปัญหามีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 4.63 และนักเรียนคิดว่าความรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ ไปแก้ปัญหาสังคม และพัฒนาประเทศชาติได้ มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 4.63 นอกจากนี้ เมื่อพิจารณาความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิด สะเต็มศึกษาเป็นรายด้าน ได้แก่ ด้านเนื้อหา ด้านกิจกรรมการเรียนรู้ ด้านประโยชน์ที่ได้รับ และด้านการนำไปใช้ประโยชน์ พบว่านักเรียนมีความพึงพอใจด้านการนำไปใช้ประโยชน์ มากที่สุด ซึ่งมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 4.59 รองลงมา คือด้านเนื้อหา มีคะแนนเฉลี่ย เท่ากับ 4.57 ด้านต่อมา คือด้านประโยชน์ที่ได้รับ มีคะแนนเฉลี่ย เท่ากับ 4.52 และสุดท้าย คือ ด้านกิจกรรมการเรียนรู้ มีคะแนนเฉลี่ย เท่ากับ 4.47

จากการวิจัยในครั้งนี้ผู้วิจัยได้สังเกตและบันทึกเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นเพื่อบ่งบอกว่านักเรียนพึงพอใจจากการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา โดยแยกเป็นขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา 8 ขั้นตอนดังนี้

1. เชื่อมโยงและระบุปัญหาในชีวิตจริง

นักเรียนตื่นเต้นเมื่อได้ไปทัศนศึกษาระหว่างทัศนศึกษา มีนักเรียนคนหนึ่งพูดกับเพื่อน ๆ ว่า “...ดีใจและสนุกมากที่ได้มาทัศนศึกษา ทำให้หนูได้เห็นจริง ปกติหนูไม่เคยมาที่แพปลา ...”

ภาพประกอบ 20 นักเรียนทัศนศึกษาที่ท่าเทียบเรือประมงพานิช

2. ระบุสิ่งที่จำเป็นต้องเรียนรู้เพื่อแก้ปัญหา

นักเรียนแต่ละกลุ่มให้ความร่วมมือในการทำงานเป็นอย่างดีนักเรียนช่วยเหลือซึ่งกันและกันในการทำงานกลุ่ม และมีส่วนร่วมในการนำเสนอ นักเรียนรวมกันเสนอความคิดและสรุปสิ่งที่จำเป็นต้องเรียนรู้ได้ และนักเรียนชอบที่จะอภิปรายแลกเปลี่ยนเรียนรู้ระหว่างผู้เรียน และผู้สอน

3. รวบรวมข้อมูล แนวคิดที่เกี่ยวข้องและสะท้อนความคิดความเข้าใจ

นักเรียนตื่นเต้นและชอบทำการทดลองทุกการทดลองนักเรียนชอบที่จะสืบเสาะและแสวงหาความรู้ด้วยตนเองนักเรียนมีความกระตือรือร้น ในการทำการทดลอง นักเรียนบางคนพูดว่าชอบเรียนแบบนี้ เพราะนักเรียนได้วางแผน ได้ปฏิบัติจริง ได้เห็นปรากฏการที่เกิดขึ้นจริง ทำให้จำเนื้อหาได้งานขึ้น และเมื่อครูสั่งให้นักเรียนเตรียมอุปกรณ์บางอย่างเพื่อใช้ทำการทดลองมาจากบ้านนักเรียนจะให้ความร่วมมือเป็นอย่างดี ขณะทำการทดลองเรื่องเซลล์สะสมไฟฟ้าแบบตะกั่ว ขณะที่เซลล์ตะกั่วให้กระแสออกมานักเรียนตื่นเต้น และพูดออกมาว่า “...หนูจะกลับไปทำแบตเตอรี่ใช้เองที่บ้าน ถ้าแบตเตอรี่เสียหนูจะซ่อมเอง มันไม่ยากเลย…”

การทดลองแยกสารละลายด้วยไฟฟ้า นักเรียนชอบการทดลองตอนแยก KI ด้วยกระแสไฟฟ้า นักเรียนตื่นเต้น เพราะสารละลายเปลี่ยนจากใสไม่มีสี เป็นสีชมพูและสีเหลือง นักเรียนบอกว่า วันสัปดาห์วิทยาศาสตร์ที่จะถึงนี้หนูอยากโชว์การทดลองนี้ให้น้อง ๆ ได้ดู เพราะมันสวยมาก

เมื่อเสร็จกิจกรรมการทดลองนักเรียนทุกคนมีส่วนร่วมในการอภิปรายและสรุปผลการทดลอง ซึ่งนักเรียนทุกคนมีอิสระในการแสดงความคิดเห็นและรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่นและร่วมกันอภิปรายแลกเปลี่ยนความรู้ระหว่างนักเรียน และครูผู้สอน ในแต่ละการทดลอง จนนำไปสู่การสรุปผลการทดลองด้วยความเข้าใจ

4. วางแผนและออกแบบวิธีการแก้ปัญหา

นักเรียนร่วมกันวางแผนและออกแบบวิธีการแก้ปัญหาด้วยความสนุกสนาน นักเรียนแต่ละกลุ่มได้ฝึกการคิดวิเคราะห์ และชอบการแก้ปัญหาโดยการบูรณาการความรู้วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ นักเรียนชอบที่จะซักถาม แสดงความคิดเห็น ชอบอภิปรายและแลกเปลี่ยนเรียนรู้ระหว่างกัน และสามารถนำเสนอแผนที่วางไว้ได้ทันเวลา

5. ดำเนินการแก้ปัญหา

ในขั้นนี้ นักเรียนสนุกและร่วมมือกันสร้างชิ้นงาน แต่นักเรียนมักมีความเครียดเมื่อเจอปัญหา แต่เมื่อแก้ปัญหาได้นักเรียนจะดีใจมาก นักเรียนมีส่วนร่วม ช่วยเหลือซึ่งกันและกันภายในกลุ่ม นักเรียนสามารถวิเคราะห์ปัญหาปรึกษาเพื่อน ปรึกษาครูแล้วดำเนินการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นด้วยความมุ่งมั่นตั้งใจ จนสร้างชิ้นงานสำเร็จ เมื่อนักเรียนทำชิ้นงานสำเร็จ นักเรียนชอบที่จะอภิปรายการนำความรู้วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์และคณิตศาสตร์ มาใช้เชื่อมโยงสัมพันธ์กับเนื้อหา ร่วมกันในกลุ่ม จากนั้นนักเรียนจะชวนเพื่อต่างกลุ่มมาศึกษานวัตกรรมของกลุ่มตัวเองด้วยความตื่นเต้น และอยากนำเสนอให้เพื่อนจากกลุ่มอื่นฟังก่อนที่ครูจะให้นักเรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอ

6. ทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุง

นักเรียนกลุ่มที่สร้างนวัตกรรมสำเร็จจะดีใจและเชิญชวนให้ เพื่อนกลุ่มอื่นมาศึกษาเรียนรู้นวัตกรรมของตนเอง เมื่อมีนักเรียนกลุ่มอื่น ๆ มาดูนวัตกรรมของตนเอง นักเรียนทุกคนในกลุ่มจะดีใจและคอยอธิบายเชื่อมโยงความรู้วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์และคณิตศาสตร์ด้วยความมุ่งมั่นตั้งใจ

7. นำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหา หรือผลการพัฒนานวัตกรรม

นักเรียนนำเสนอผลการสร้างนวัตกรรมด้วยความสนุกสนานร่าเริง และสามารถอธิบายเชื่อมโยงความรู้วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์และคณิตศาสตร์ โดยสามารถนำเสนอให้เพื่อนกลุ่มอื่นเข้าใจ ความสัมพันธ์ของวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์และคณิตศาสตร์ และสามารถเชื่อมโยงสู่การดำรงชีวิต จึงส่งผลให้นักเรียนกลุ่มอื่นที่รับฟังการนำเสนอนั่งฟังด้วยความตั้งใจ ด้วยความอยากรู้ และสามารถซักถามกลุ่มที่นำเสนอ ส่งผลให้มีการโต้ตอบกันอย่างสนุกสนาน

8. เชื่อมโยงการแก้ปัญหาไปยังสถานการณ์อื่น

นักเรียนช่วยเหลือกันในการแก้ปัญหาชอบที่จะนำความรู้วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ มาเชื่อมโยงสัมพันธ์กับเนื้อหา อีกทั้งยังเชื่อมโยงกับชีวิตประจำวัน และเห็นคุณค่าของวิทยาศาตร์ ว่ามีความสำคัญต่อการดำรงชีวิตของตนเอง มีความสำคัญต่อการพัฒนาสังคมได้ จึงส่งผลให้นักเรียนพึงพอใจต่อเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา

จากการสัมภาษณ์หลังการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ได้ผลการสัมภาษณ์ ดังนี้

Prince of Songkla University Pattani Campus

“....เรียนเข้าใจมากขึ้น ได้ทำการทดลองหลายการทดลองเพื่อสืบเสาะหาความรู้ด้วยตนเอง ได้เรียนรู้โดยอิงจากสภาพจริง และการทดลองที่เห็นจริง คุณครูสอนดี และเน้นเนื้อหาได้ชัดเจน ทำให้หนูเรียนอย่างมีความสุข และได้ความรู้อย่างลึกซึ้งและเข้าถึงความรู้มากค่ะ....” (S_1, 21 มิถุนายน 2560)

“...ครูสอนเข้าใจ ความเร็วพอเหมาะ ได้ลงมือปฏิบัติจริง ได้เห็นปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นจริงไม่ใช่เห็นแค่ในหนังสือ ซึ่งเมื่อได้ลงมือปฏิบัติพร้อมกับทำความเข้าใจทฤษฎี ทำให้หนูเห็นภาพได้ชัดเจนมากมากขึ้น ครูสอนละเอียดและสนุกสนานมากค่ะ...” (S_2, 21 มิถุนายน 2560)

“…ผมชอบการเรียนแบบนี้ครับ เรียนแล้วไม่น่าเบื่อ ไม่ง่วงนอน ผมสามารถค้นคว้าหาความรู้ด้วยตนเอง และได้ฝึกปฏิบัติจริง ทำให้ผมได้ฝึกแก้ปัญหาต่าง ๆ ระหว่างกิจกรรมการเรียนรู้ และในขณะที่สร้างชิ้นงาน..... ” (S_3, 21 มิถุนายน 2560)

“...หนูรู้สึกชอบกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เพราะมันทำให้หนูเข้าใจเนื้อหาที่เรียนได้มากขึ้น ได้เจาะลึกเนื้อหาและสามารถนำไปใช้ในชีวิตประจำวันได้ และเมื่อเราเข้าใจเนื้อหามากขึ้นก็จะทำให้ผลการเรียนดีขึ้นด้วย หนูไม่ชอบเน้นทฤษฎีมากเกินไป ชอบเน้นแบบการได้ลงมือปฏิบัติ สิ่งที่หนูได้รับจากการเรียนคือความรู้ที่เพิ่มขึ้น สามารถวิเคราะห์ปัญหาที่พบในเวลาเรียนและสามารถวางแผนการแก้ปัญหาได้ด้วยตนเองมากขึ้น มีความสามัคคีในหมู่คณะและมีการแบ่งหน้าทีการทำงาน สำหรับขั้นตอนในการเรียนรู้ที่ทำให้หนูเข้าใจเนื้อหามากขึ้นคือ ขั้นการวางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา เพราะเป็นขั้นที่เราได้ลงมือทำด้วยตนเอง และเป็นการทบทวนความรู้ที่เรียนมาไปในตัว ส่วนขั้นที่ส่งเสริมให้หนูมีความสามารถในการแก้ปัญหาคือ ขั้นเชื่อมโยงการแก้ปัญหาไปยังสถานการณ์จริง เพราะทำให้เราสามารถนำความรู้ทั้งหมดที่เรียนมาไปใช้ในการแก้ปัญหาในชีวิตจริงเมื่อเจอกับสถานการณ์อื่นได้...(S_4, 7 กรกฎาคม 2560)”

“...กิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาทำให้ผมมีโอกาสนำความรู้ที่ได้มาใช้ในชีวิตประจำวันได้ และในขณะเดียวกันผลการเรียนก็ดีขึ้นด้วย กิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาเข้ากับผมอย่างมาก ระหว่างเรียนผมรู้สึกมีแรงจูงใจให้ผมอยากเรียนมากขึ้น สิ่งที่ผมได้รับจากการจัดการเรียนรู้คือ ผมสามารถระบุปัญหาที่เจอในชีวิตจริงได้ สามารถระบุสิ่งที่ควรเรียนรู้เพื่อการแก้ปัญหา ได้ทบทวนความรู้ความเข้าใจ เสริมสร้างความสามัคคี ทำให้ผมรู้เนื้อหามากขึ้น และเพิ่มความสามารถในการแก้ปัญหา สำหรับขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ที่ทำให้ผมเข้าใจเนื้อหามากขึ้นคือ ขั้นวางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา เพราะเป็นขั้นที่เรานำความรู้ที่ได้มาใช้โดยตรง ทำให้เป็นการทบทวนเนื้อหาความรู้ในเวลาเดียวกัน ส่วนการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมให้ผม

พัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาคือ ขั้นเชื่อมโยงการแก้ปัญหาไปยังสถานการณ์จริง เพราะเป็นการประยุกต์ใช้ความรู้ที่ได้จากการเรียนไปใช้แก้ปัญหาในสถานการณ์ต่าง ๆ ...(S_5,7 กรกฎาคม 2560)"

"...การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาช่วยเสริมสร้างทักษะในการแก้ปัญหาในสถานการณ์ที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวัน เพื่อสร้างเสริมประสบการณ์ ทักษะชีวิต ความคิดสร้างสรรค์ นำไปสู่การสร้างนวัตกรรม การจัดการเรียนรู้ในแต่ละครั้งช่วยให้ผมมีความสามารถในการระบุปัญหาในสถานการณ์ในชีวิตจริงได้ สามารถบอกได้ถึงวิธีในการแก้ปัญหา ได้ความรู้ในรูปแบบใหม่ ๆ ความสามัคคี ทำให้มีความรู้ความเข้าใจในเนื้อหาที่เรียนมากขึ้น และเพิ่มความสามารถในการแก้ไขปัญหา สำหรับการจัดการเรียนรู้ที่ทำให้ผมเข้าใจเนื้อหาได้มากขึ้น คือ ขั้นวางแผนและดำเนินการแก้ไขปัญหา เพราะเป็นการนำความรู้ที่เรามีมาใช้ ถ้าเกิดปัญหาก็สามารถเรียนรู้ และนำมาแก้ไขเพื่อทำให้มันถูกต้อง ส่วนการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมให้ผมพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหา คือขั้นเชื่อมโยงระบุปัญหาไปยังสถานการณ์จริง เพราะเป็นการนำวิธีการแก้ไขปัญหาไปใช้ประโยชน์ในสถานการณ์ที่เกิดขึ้นจริง ๆ ...(S_6,7 กรกฎาคม 2560)"

Prince of Songkla University Pattani Campus

บทที่ 5
การอภิปรายผลการวิจัย

การวิจัยในครั้งนี้เป็นการศึกษากลุ่มเป้าหมายเดียว มีการวัดหลายครั้งแบบอนุกรมเวลา (One Group Time-Series Research Design) ศึกษาผลของการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี ความสามารถในการแก้ปัญหา และความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6โรงเรียนคุระบุรีชัยพัฒนาพิทยาคม อำเภอคุระบุรี จังหวัดพังงา สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 14 จำนวน 30 คน 1 ห้องเรียนที่กำลังศึกษาในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2560 ซึ่งสามารถสรุปสาระสำคัญของการวิจัยได้ดังนี้

5.1 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

5.1.1 เพื่อศึกษาเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ก่อนและหลังได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา

5.1.2 เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหาก่อนเรียน ระหว่างเรียนและหลังเรียนของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา

5.1.3 เพื่อศึกษาคะแนนพัฒนาการของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการแก้ปัญหา ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 หลังจากได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา

5.1.4 เพื่อศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา

5.2 สมมติฐานของการวิจัย

5.2.1 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน

5.2.2 ความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน

Prince of Songkla University Pattani Campus

5.3 ขอบเขตของการวิจัย

5.3.1 กลุ่มเป้าหมาย

นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6โรงเรียนคุระบุรีชัยพัฒนาพิทยาคม อำเภอคุระบุรี จังหวัดพังงา จำนวน 1 ห้องเรียน 30 คน

5.3.2 เนื้อหาที่ใช้ในการศึกษา

สำหรับเนื้อหาที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ เป็นเนื้อหาวิชาเคมี หน่วยที่ 1 เรื่องไฟฟ้าเคมี ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551

5.3.3 ตัวแปรที่ศึกษา

5.3.3.1 ตัวแปรอิสระ ได้แก่ การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา

5.3.3.2 ตัวแปรตาม ได้แก่

5.3.3.2.1 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี

5.3.3.2.2 ความสามารถในการแก้ปัญหา

5.3.3.2.3 ความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้

5.3.4 ระยะเวลาที่ใช้ในการศึกษา

ระยะเวลาที่ใช้ในการดำเนินการวิจัย คือ ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2560 รวมเวลา 8 สัปดาห์ จำนวน 24 ชั่วโมง

Prince of Songkla University Pattani Campus

5.4 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยมี 2 แบบ คือ เครื่องที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้และเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลดังนี้

5.4.1 เครื่องมือที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้ ประกอบด้วย

แผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง ไฟฟ้าเคมี จำนวน 1 แผน ระยะเวลา 24 ชั่วโมง ซึ่งมีค่าดัชนีความสอดคล้องเท่ากับ 4.14 - 4.86

5.4.2 เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล ประกอบด้วย

5.4.2.1 แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่องไฟฟ้าเคมี เป็นแบบปรนัยชนิด 4 ตัวเลือก จำนวน 40 ข้อ ซึ่งจะมีค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ตั้งแต่ 0.60-1.00 ความยากง่าย

(P) ตั้งแต่ 0.50-0.79 ค่าอำนาจจำแนกรายข้อ (R) ตั้งแต่ 0.25-0.67 และความเชื่อมั่นของแบบทดสอบโดยใช้ KR-20 Kuder Richardson เท่ากับ 0.91

5.4.2.2 แบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหา ก่อนเรียน ระหว่างเรียน และหลังเรียน จำนวน 4 ชุด ชุดละ 2 ข้อ ซึ่งมีค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) เท่ากับ 0.86-1.00

5.4.2.4 แบบวัดความพึงพอใจในการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาจำนวน 20 ข้อซึ่งมีค่าดัชนีความสอดคล้องเท่ากับ 0.71-1.00

5.4.2.4 แบบบันทึกภาคสนามเป็นแบบบันทึกที่ผู้วิจัยบันทึกเหตุการณ์ต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นหลังการจัดการเรียนรู้ สภาพการณ์เกี่ยวกับบรรยากาศในการจัดการเรียนรู้ ปัญหา ข้อบกพร่อง ข้อจำกัดต่าง ๆ รวมทั้งความเหมาะสม สิ่งที่เอื้อต่อการจัดการเรียนรู้ หรือเหตุการณ์ที่มิได้คาดการณ์มาก่อน

5.4.2.5 แบบสัมภาษณ์นักเรียนเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้ เป็นแบบสัมภาษณ์ปลายเปิดเป็นคำถามที่เปิดโอกาสให้นักเรียนได้แสดงความคิดเห็น และความรู้สึกของตนเองต่อการจัดการเรียนรู้ พฤติกรรมการสอนของครู พฤติกรรมการเรียนของนักเรียน สิ่งที่ได้รับจากการจัดการเรียนรู้ที่จะส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหา

Prince of Songkla University Pattani Campus

5.5 การเก็บรวบรวมข้อมูล

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยเป็นผู้ดำเนินการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูลด้วยตนเอง ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2560 จำนวน 24 คาบ (คาบละ 60 นาที) โดยดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลตามลำดับ ดังนี้

5.5.1 ผู้วิจัยวิเคราะห์ปัญหาการจัดการเรียนรู้วิชาเคมี เรื่องไฟฟ้าเคมี จากการปฏิบัติการสอนวิชาเคมี เรื่องไฟฟ้าเคมี ในโรงเรียนคุระบุรีชัยพัฒนาพิทยาคม สัมภาษณ์นักเรียนที่เคยเรียนเรื่องนี้มาแล้ว รวมทั้งศึกษาปัญหาและข้อแนะนำจากเพื่อนครูและนักเรียน

5.5.2 ผู้วิจัยชี้แจงวัตถุประสงค์ของการวิจัยให้นักเรียนกลุ่มเป้าหมายทราบ และอธิบายถึงบทบาทหน้าที่ของนักเรียนและผู้วิจัย

5.5.3 ผู้วิจัยให้นักเรียนทำแบบทดสอบก่อนเรียน โดยใช้แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์เรื่องไฟฟ้าเคมี จำนวน 40 ข้อ ระยะเวลา 90 นาที และแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาชุดที่ 1 จำนวน 2 ข้อ ระยะเวลา 30 นาที แล้วนำข้อมูลไปวิเคราะห์ต่อไป

5.5.4 ดำเนินการจัดการเรียนรู้กับกลุ่มเป้าหมาย ตามแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ซึ่งประกอบด้วย 8 ขั้นตอนดังนี้

ขั้นที่ 1 เชื่อมโยงและระบุปัญหาในชีวิตจริง

นักเรียนแต่ละกลุ่มทัศนศึกษาแหล่งเรียนรู้ในชุมชน และอภิปรายเกี่ยวกับชุมชนเพื่อให้ผู้เรียนวิเคราะห์ถึงประเด็นปัญหาหรือความต้องการ รวมทั้งเงื่อนไขต่างๆ จากข้อมูล หรือสถานการณ์ที่เกิดขึ้นในชีวิตจริงและเชื่อมโยงสู่การเรียนรู้ในชั้นเรียน

ขั้นที่ 2 ระบุสิ่งที่จำเป็นต้องเรียนรู้เพื่อแก้ปัญหา

นักเรียนร่วมกันวิเคราะห์ปัญหาที่พบในชีวิตจริง โดยวิเคราะห์ว่าจะใช้ความรู้ในเรื่องใดบ้างในการแก้ไขปัญหาแล้วระบุสิ่งที่ต้องเรียนรู้ว่ามีอะไรบ้าง เพื่อทำการวางแผนการหาข้อมูลพื้นฐานที่จะใช้ในแก้ปัญหา

ขั้นที่ 3 รวบรวมข้อมูล แนวคิดที่เกี่ยวข้องและสะท้อนความคิดความเข้าใจ

เป็นขั้นที่นักเรียนต้องรวบรวมข้อมูลต่าง ๆ ที่จำเป็นสำหรับการแก้ไขปัญหา หรือสถานการณ์ตามเงื่อนไขที่กำหนด โดยนักเรียนร่วมกันค้นหาข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องที่ละเรื่องตามที่นักเรียนระบุไว้ ด้วยการสืบค้นและทำการทดลอง เพื่อประกอบการตัดสินใจเลือกสารเคมีและอุปกรณ์ ที่จะใช้ในการแก้ปัญหาและต้องสรุปองค์ความรู้นั้นเอง พร้อมบอกเหตุผลประกอบด้วยตัวของผู้เรียนเองทั้งหมด แล้วสะท้อนความคิดความเข้าใจโดยมีครูเป็นผู้คอยให้คำแนะนำ

ขั้นที่ 4 วางแผนและออกแบบวิธีการแก้ปัญหา

ผู้เรียนช่วยกันระดมความคิด วางแผน วาดรูป และแสดงชิ้นงานที่ออกแบบไว้ ซึ่งการที่ผู้เรียนสามารถวาดรูปออกแบบชิ้นงานออกมาได้จะแสดงถึงการได้ผ่านกระบวนการคิดเป็นลำดับขั้นมาก่อนแล้วเพื่อนำไปสู่การสร้างชิ้นงานและปฏิบัติจริงแล้วนำเสนอวิธีแก้ปัญหาหน้าชั้นเรียนพร้อมระบุวัสดุอุปกรณ์ และสารเคมีที่จะต้องใช้

ขั้นที่ 5 ดำเนินการแก้ปัญหา

นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันใช้อุปกรณ์และสารเคมีที่เตรียมไว้ดำเนินการสร้างนวัตกรรม ตามแผนที่วางไว้ ในขั้นนี้นักเรียนต้องร่วมกันแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นขณะดำเนินการสร้างนวัตกรรม ถ้าไม่สามารถแก้ได้ให้ปรึกษาครู

Prince of Songkla University Pattani Campus

ขั้นที่ 6 ทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุง

นักเรียนแต่ละกลุ่มทดลองใช้นวัตกรรมที่สร้างขึ้น พร้อมทั้งบอกปัญหาที่เกิดขึ้นระหว่างการทดลองและบอกวิธีในการปรับปรุงแก้ไข หากยังไม่สามารถแก้ปัญหาตามเงื่อนไข หรืออาจแก้ปัญหาได้ตามเงื่อนไข แต่ยังต้องการปรับปรุงให้ดีขึ้น พร้อมทั้งอธิบายเหตุผลประกอบด้วยเพื่อประเมินประสิทธิภาพ ถ้ายังไม่ดีก็ดำเนินการปรับปรุงแก้ไข

ขั้นที่ 7 นำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหา หรือผลการพัฒนานวัตกรรม

ให้นักเรียนจัดแสดงนวัตกรรมของตนเอง พร้อมทำการสาธิตการใช้นวัตกรรมและอธิบายเชื่อมโยงความรู้สะเต็มศึกษา และอธิบายรายละเอียดของนวัตกรรมที่นักเรียนพัฒนาขึ้นพร้อมทั้งตอบข้อซักถามจากเพื่อนกลุ่มอื่น ๆ

ขั้นที่ 8 เชื่อมโยงการแก้ปัญหาไปยังสถานการณ์อื่น

ครูกำหนดสถานการณ์อื่น ให้นักเรียนกลุ่มละ 1 สถานการณ์ จากนั้นให้นักเรียนระดมความคิดแล้ว ระบุปัญหา วิเคราะห์สาเหตุของปัญหา แล้วออกแบบวิธีการแก้ไข และนำเสนอผลการแก้ปัญหาหน้าชั้นเรียนพร้อมตอบข้อซักถามจากเพื่อนกลุ่มอื่น ๆ

5.5.5 ระหว่างเรียนสัปดาห์ที่ 2 และ สัปดาห์ที่ 5 ผู้วิจัยให้นักเรียนทำแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหา ชุดที่ 2 และชุดที่ 3 ชุดละ 2 ข้อ ใช้เวลาครั้งละ 30 นาที แล้วนำข้อมูลไปวิเคราะห์ต่อไป

5.5.6 เมื่อเสร็จสิ้นการจัดการเรียนรู้ครบตามแผนที่กำหนด ผู้วิจัยให้กลุ่มเป้าหมายทำแบบทดสอบหลังการจัดการเรียนรู้ โดยใช้แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่องไฟฟ้าเคมี จำนวน 40 ข้อ ระยะเวลาในการทำแบบทดสอบ 90 นาที แบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหา ชุดที่ 4 จำนวน 2 ข้อ เวลา 30 นาที และแบบวัดความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาของนักเรียน โดยใช้แบบวัดความพึงพอใจจำนวน 20 ข้อ

5.5.7 ผู้วิจัยนำข้อมูลที่ได้จากการทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่องไฟฟ้าเคมีของนักเรียนก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้ แบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาก่อนเรียน ระหว่างเรียน และหลังเรียน จำนวน 4 ชุด และแบบวัดความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้มาวิเคราะห์ด้วยวิธีการทางสถิติต่อไป

Prince of Songkla University Pattani Campus

5.6 การวิเคราะห์ข้อมูล

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้นำข้อมูลที่เก็บรวบรวมจากเครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง ประกอบด้วยเครื่องมือที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้และเครื่องมือที่ในการเก็บรวบรวมข้อมูล นำมาวิเคราะห์ข้อมูลตามลำดับ ดังนี้

1. การวิเคราะห์ข้อมูลของแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่องไฟฟ้าเคมี

1.1 หาค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) ของคะแนนผลการเรียนเคมี เรื่อง ไฟฟ้าเคมี

1.2 เปรียบเทียบคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมีเรื่อง ไฟฟ้าเคมี ของนักเรียนก่อนและหลังเรียนโดยใช้การทดสอบค่าที ชนิดกลุ่มตัวอย่างไม่อิสระต่อกัน (Dependent t-test)

1.3 หาพัฒนาการทางการเรียนของนักเรียนจากคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมีเรื่อง ไฟฟ้าเคมี ก่อนเรียนและหลังเรียน โดยใช้สูตรคะแนนพัฒนาการ (Growth score) วัดคะแนนเพิ่มสัมพัทธ์ (Relative Gain Score) และนำคะแนนมาเปรียบเทียบกับเกณฑ์ระดับพัฒนาการของ ศิริชัย กาญจนวาสี (2552: 268) ดังนี้

คะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์	**ระดับพัฒนาการ**
76-100	พัฒนาการระดับสูงมาก
51-75	พัฒนาการระดับสูง
26-50	พัฒนาการระดับกลาง
0-25	พัฒนาการระดับต้น

2. การวิเคราะห์ข้อมูลแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหา จากคะแนนการทำแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหา จำนวน 4 ชุด ชุดละ 2 ข้อ โดยชุดที่ 1 ทำการทดสอบนักเรียนก่อนเรียน ชุดที่ 2 และ 3 ทำการทดสอบระหว่างเรียน และชุดที่ 4 ทำการทดสอบหลังเรียน ซึ่งเกณฑ์การให้คะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาแต่ละข้อ ดังนี้

Prince of Songkla University Pattani Campus

ตาราง 19 เกณฑ์การให้คะแนนความสามารถในการแก้ปัญหา

ขั้นตอน	ระดับคะแนน		
	3	**2**	**1**
1. การระบุปัญหา	ระบุปัญหาได้ถูกต้องตรงตามประเด็นสอดคล้องกับเนื้อหาวิชาเคมี เรื่อง ไฟฟ้าเคมี	ระบุปัญหาได้ตรงประเด็น แต่ไม่สอดคล้องกับเนื้อหาวิชาเคมีเรื่อง ไฟฟ้าเคมี	ระบุปัญหาได้แต่ไม่ตรงประเด็น และไม่สอดคล้องกับเนื้อหาวิชาเคมีเรื่อง ไฟฟ้าเคมี
2.วิเคราะห์สาเหตุของปัญหา	ระบุสาเหตุของปัญหาได้ตรงประเด็นสอดคล้องกับเนื้อหาไฟฟ้าเคมี	ระบุสาเหตุของปัญหาได้ตรงประเด็นหรือมีความใกล้เคียงสอดคล้องกับเนื้อหาไฟฟ้าเคมี	ระบุสาเหตุของปัญหาได้แต่ไม่ตรงประเด็นหรือไม่สอดคล้องกับเนื้อหาไฟฟ้าเคมี
3.เสนอวิธีการแก้ปัญหา	นำเสนอวิธีการแก้ปัญหาที่เป็นไปได้สอดคล้องกับเนื้อหาไฟฟ้าเคมี	นำเสนอวิธีการแก้ปัญหาเป็นไปได้แต่ไม่สอดคล้องกับเนื้อหาไฟฟ้าเคมี	นำเสนอวิธีแก้ปัญหาเป็นไปไม่ได้และไม่สอดคล้องกับเนื้อหาไฟฟ้าเคมี
4.การตรวจสอบผลการแก้ปัญหา	วิเคราะห์ผลได้ตรงประเด็นกับวิธีการแก้ปัญหา พร้อมเหตุผลประกอบ	วิเคราะห์ผลได้ใกล้เคียงกับวิธีการแก้ปัญหา พร้อมมีเหตุผลประกอบ	วิเคราะห์ผลได้ไม่ตรงกับวิธีการแก้ปัญหาและไม่บอกเหตุผลประกอบ

การวิเคราะห์ข้อมูลของแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหา โดยการหาค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) และสถิติทดสอบค่าเอฟ (F-test) โดยการทดสอบ Repeated ANOVA Test

3. วิเคราะห์ข้อมูลของแบบวัดความพึงพอใจของนักเรียนหลังได้รับการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา วิชาเคมีเรื่อง ไฟฟ้าเคมี โดยหาค่าร้อยละ (%) ค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) และแปลผลค่าเฉลี่ยของคะแนนความพึงพอใจกับเกณฑ์ที่กำหนดไว้ ดังนี้

ค่าเฉลี่ย	**ระดับความพึงพอใจ**
4.51-5.00	ความพึงพอใจในระดับมากที่สุด

Prince of Songkla University Pattani Campus

3.51-4.50	ความพึงพอใจในระดับมาก
2.51-2.50	ความพึงพอใจในระดับปานกลาง
1.51-2.50	ความพึงพอใจในระดับน้อย
1.00-1.50	ความพึงพอใจในระดับน้อยที่สุด

5.7 สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาค้นคว้าผลของการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ความสามารถในการแก้ปัญหา และความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนคุระบุรีชัยพัฒนาพิทยาคม อำเภอคุระบุรี จังหวัดพังงา ซึ่งสามารถสรุปและอภิปรายผลตามลำดับดังนี้

1. นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษามีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมีหลังการจัดการเรียนรู้สูงกว่าก่อนการจัดการเรียนรู้ โดยนักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมีก่อนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาเฉลี่ยร้อยละ 27.82 ซึ่งอยู่ในระดับต่ำกว่าเกณฑ์ขั้นต่ำ แต่หลังการจัดการเรียนรู้นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์เฉลี่ยร้อยละ 67.32 อยู่ในระดับค่อนข้างดี

2. นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา มีคะแนนพัฒนาการผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเฉลี่ยร้อยละ 54.67 ซึ่งมีพัฒนาการอยู่ในระดับสูง

3. นักเรียนมีความสามารถในการแก้ปัญหาหลังการจัดการเรียนรู้สูงกว่าก่อนการจัดการเรียนรู้

4. นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษามีความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ในระดับมากที่สุด

5.8 อภิปรายผลการวิจัย

การวิจัยเรื่อง ผลของการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี ความสามารถในการแก้ปัญหา และความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 สามารถอภิปรายผลการวิจัยได้ดังนี้

1. นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษามีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมีหลังการจัดการเรียนรู้สูงกว่าก่อนการจัดการเรียนรู้ โดยระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมีก่อนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาเฉลี่ยร้อยละ 27.83 อยู่ในระดับต่ำกว่าเกณฑ์

ขั้นต่ำ และหลังการจัดการเรียนรู้เฉลี่ยร้อยละ 67.32 อยู่ในระดับค่อนข้างดี และมีคะแนนพัฒนาการทางการเรียนวิชาเคมีเฉลี่ยร้อยละ 54.67 ซึ่งมีพัฒนาการระดับสูง

จากการศึกษาพบว่า นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา มีค่าเฉลี่ยร้อยละของคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมีก่อนเรียนเท่ากับ 27.83 และค่าเฉลี่ยร้อยละของคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมีหลังเรียนเท่ากับ 67.32 ซึ่งคะแนนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.01 ทั้งนี้เนื่องมาจากการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เป็นรูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่เน้นนักเรียนเป็นศูนย์กลาง นักเรียนมีอิสระในการคิด มีอิสระในการแสดงความคิดเห็น มีอิสระในการเลือกเรียนรู้ในสิ่งที่นักเรียนมีความสนใจ ส่งเสริมให้ผู้เรียนเป็นผู้สืบเสาะหาความรู้ด้วยตนเอง ผ่านกระบวนการคิด กระบวนการออกแบบและสร้างชิ้นงานซึ่งเป็นการเรียนรู้ที่มีความหมาย ช่วยให้ผู้เรียนได้รับความรู้และความเข้าใจเชิงลึกมากขึ้น ซึ่งสังเกตได้ว่าระหว่างจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ตั้งแต่ขั้นตอนวางแผนและออกแบบวิธีการแก้ปัญหา นักเรียนมีการระดมความคิดเพื่อเชื่อมโยงความรู้เกี่ยวกับไฟฟ้าเคมีกับนวัตกรรมที่นักเรียนต้องการสร้างขึ้น ทำให้นักเรียนต้องทบทวนทำความเข้าใจเนื้อหาทฤษฎีไฟฟ้าเคมีให้เข้าใจดียิ่งขึ้น เพื่ออธิบายความเป็นไปได้ที่จะสร้างนวัตกรรมได้สำเร็จจากกิจกรรมการเรียนรู้นักเรียนได้คิดแก้ปัญหาโดยเชื่อมโยงความรู้วิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ด้วยกระบวนการทางวิศวกรรมศาสตร์เกิดเป็นเทคโนโลยีใหม่ ผ่านกระบวนการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาจึงส่งผลให้นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์หลังเรียนเพิ่มสูงขึ้น

สอดคล้องกับงานวิจัยของ ศิริลักษณ์ ชาวลุ่มบัว (2558: 146-148) ได้ศึกษาการพัฒนาหลักสูตรตามแนวทางสะเต็มศึกษา เรื่อง อ้อย สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ผลการศึกษาพบว่า คะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนหลังการใช้หลักสูตรสูงกว่าก่อนการใช้หลักสูตรอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 และสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ (ร้อยละ 65) และสอดคล้องกับงานวิจัยของนูรอาซีกีน สาและ (2559: 92-96) ศึกษาผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี ความสามารถในการคิดวิเคราะห์และความพึง-พอใจต่อการจัดการเรียนรู้ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ผลการศึกษาพบว่า นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษามีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมีหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน

กิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษามีลักษณะการจัดกิจกรรมการเรียนรู้รูปแบบหนึ่งที่มีส่วนคล้ายกับ กระบวนการเรียนรู้แบบสืบเสาะ (inquiryapproaches) ที่ผู้เรียนต้องค้นหาและสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง และคล้ายกับการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐาน (Project

based learning)ในแง่ของการประยุกต์ความรู้มาใช้ในการแก้ปัญหาหรือสร้างนวัตกรรมใหม่ แต่จุดต่างคือ สะเต็มศึกษาจะเน้นการบูรณาการหลักการและศาสตร์ความรู้จาก 4 สาขา คือ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์เข้าด้วยกัน (สนธิ พลชัยยา, 2557: 7)

ผลการวิจัยที่เกิดขึ้นจึงเป็นผลมาจากการจักการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ซึ่งเป็นการจัดการเรียนรู้ที่บูรณาการข้ามศาสตร์หรือสาขาวิชา ซึ่งศาสตร์แกนหลักสำคัญของสะเต็ม คือ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ นอกจากนี้ สะเต็มศึกษา ยังฝึกให้ผู้เรียนรู้วิธีคิด รู้จักตั้งคำถาม สร้างทักษะการค้นหาข้อมูล แล้ววิเคราะห์ข้อค้นพบใหม่ ๆ นำไปสู่การแก้ปัญหาในชีวิตจริง ซึ่งผู้วิจัยได้ดำเนินการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา โดยสังเคราะห์จาก กระบวนการจัดการเรียนรู้ของสมาคมนักศึกษาด้านเทคโนโลยีและวิศวกรรมนานาชาติ (ITEEA) กระบวนการทางวิศวกรรม และคณะกรรมการพัฒนาหลักสูตรและคณะกรรมการขับเคลื่อนการจัดการเรียนการสอนสะเต็มในสถานศึกษา ได้กระบวนการจัดการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ทั้งหมด 8 ขั้นตอนดังนี้

1. เชื่อมโยงและระบุปัญหาในชีวิตจริง
2. ระบุสิ่งที่จำเป็นต้องเรียนรู้เพื่อแก้ปัญหา
3. รวบรวมข้อมูล แนวคิดที่เกี่ยวข้องและสะท้อนความคิดความเข้าใจ
4. วางแผนและออกแบบวิธีการแก้ปัญหา
5. ดำเนินการแก้ปัญหา
6. ทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุง
7. นำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหา หรือผลการพัฒนานวัตกรรม
8. เชื่อมโยงการแก้ปัญหาไปยังสถานการณ์อื่น

การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เป็นการจัดการเรียนรู้ที่นักเรียนเป็นผู้ลงมือปฏิบัติจริง นักเรียนมีอิสระในการแสดงความคิดเห็นอย่างเต็มที่ โดยมีครูผู้สอนคอยให้คำแนะนำหรือคอยให้คำปรึกษา อาทิเช่น การศึกษาบริทบของท้องถิ่น ได้แก่ สภาพภูมิอากาศ การประกอบอาชีพ ซึ่งเป็นเนื้อหาในขั้นที่ 1 คือเชื่อมโยงและระบุปัญหาในชีวิตจริง ซึ่งขั้นนี้เป็นขั้นที่กระตุ้นให้นักเรียนมีแรงจูงใจในบทเรียน ช่วยให้นักเรียนเห็นความสำคัญของวิชาเคมีและเห็นว่าเคมีเป็นเรื่องใกล้ตัวและสามารถใช้ประโยชน์ในชีวิตประจำวันได้จริง ก่อนเข้าสู่บทเรียนครูแบ่งนักเรียนออกเป็นกลุ่ม ๆ ละ 5 คนจากนั้นครูใช้คำถามว่า “สภาพอากาศบ้านเราเป็นอย่างไร” นักเรียนตอบว่า “อำเภอคุระบุรีมีฝนตกมาก” ครูถามนักเรียนต่อว่า “บ้านเราอยู่ใกล้ทะเลจะส่งผลอย่างไร ถ้าเราใช้เครื่องมือหรืออุปกรณ์ที่ทำมาจากโลหะ” นักเรียนตอบว่า “โลหะจะขึ้นสนิมเร็วและผุกร่อน

Prince of Songkla University Pattani Campus

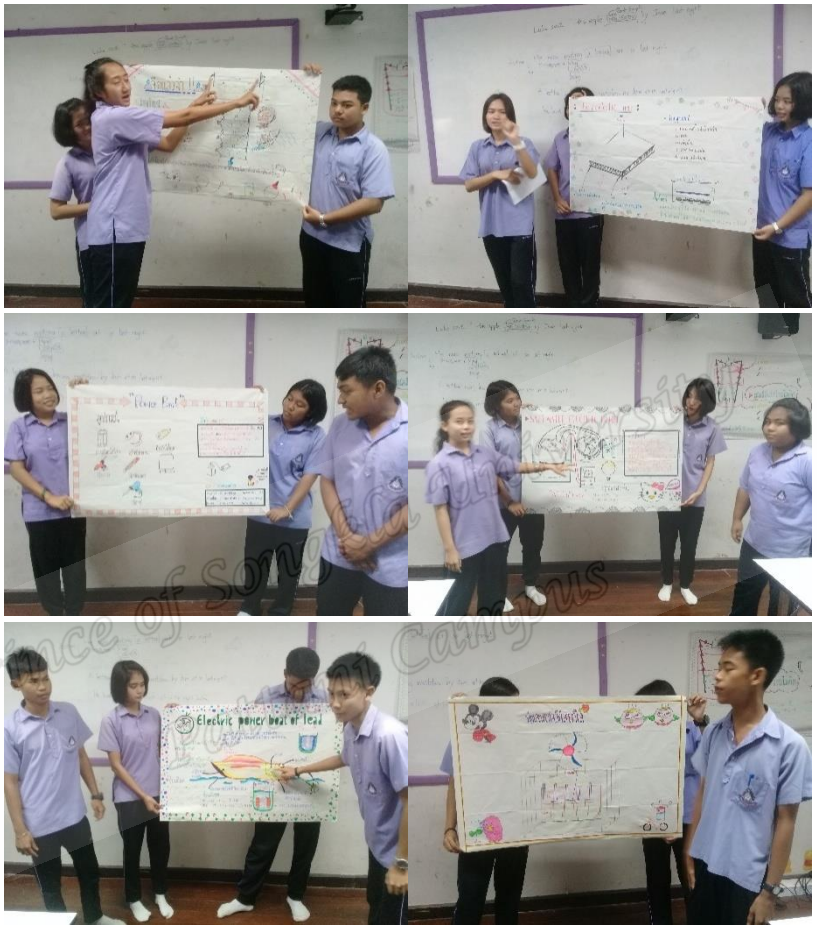
เสียหาย” ซึ่งจากการอภิปรายร่วมกันนี้เป็นการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ที่เป็นการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (Science) เพื่อบอกปรากฏการที่เกิดขึ้นจากการสังเกตสภาพแวดล้อมในชีวิตประจำวันซึ่งแสดงให้เห็นว่า จากขั้นนี้นักเรียนมีความสนใจมากที่จะเข้าใจการเปลี่ยนแปลงของสารที่ก่อให้เกิดปรากฏการการผุกร่อน เพื่อหาวิธีป้องกัน หรือนำไปใช้ประโยชน์ โดยนักเรียนมีความกระตือรือร้นมากในการแสดงความคิดเห็น

ขั้นที่ 2 ระบุสิ่งที่จำเป็นต้องเรียนรู้เพื่อแก้ปัญหาซึ่งขั้นนี้เป็นขั้นที่นักเรียนกำหนดขอบเขตของเนื้อหา เพื่อวางแผนและสืบเสาะหาความรู้และเก็บรวบรวมข้อมูล ในขั้นนี้นักเรียนร่วมกันระดมความคิดและสามารถกำหนดขอบเขตของเนื้อหาที่จะสืบเสาะหาความรู้ได้ดังนี้ 1) การเปลี่ยนแปลงทางเคมีที่เกิดขึ้น (ปฏิกิริยารีดอกซ์) 2) เซลล์กัลวนิก 3) เซลล์อิเล็กโทรไลติก 4) การป้องกันการผุกร่อนของโลหะ เป็นต้น เมื่อนักเรียนสามารถระบุขอบเขตที่จะศึกษาแล้ว ครูแจกแบบปฏิบัติการทดลองพร้อมอธิบายการใช้แบบปฏิบัติการทดลองให้นักเรียนเข้าใจ ซึ่งในแบบการทดลองมีขั้นตอนและวิธีการทดลองเพื่อให้นักเรียนสืบเสาะหาความรูจากการปฏิบัติการทดลองทั้งหมด 6 การทดลอง ซึ่งนักเรียนจะต้องศึกษาการทดลองแต่ละการทดลองให้เข้าใจ แล้วร่วมกันวางแผนและออกแบบการทดลองแล้วบันทึกลงในแบบปฏิบัติการทดลอง จากกระบวนการเรียนรู้ในขั้นนี้เป็นการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาที่เป็นกระบวนการออกแบบและวางแผนการสืบเสาะหาความรู้ ซึ่งเป็นการเรียนรู้วิศวกรรมศาสตร์ (Engineering) จากกระบวนการเรียนรู้ในขั้นนี้นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันระดมความคิดแล้วสามารถนำเสนอ เรื่องที่ต้องเรียนรู้ได้คล้าย ๆ กัน

ขั้นที่ 3 รวบรวมข้อมูล แนวคิดที่เกี่ยวข้องและสะท้อนความคิดความเข้าใจซึ่งขั้นนี้เป็นขั้นที่นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันวางแผน ออกแบบการทดลองเพื่อสืบเสาะหาความรู้ จากแบบปฏิบัติการทดลองที่ครูให้ โดยมีการทดลองทั้งหมด 6 การทดลอง คือ 1) ปฏิกิริยาระหว่างโลหะกับสารละลายของโลหะไอออน 2) การถ่ายโอนอิเล็กตรอนในเซลล์กัลวานิก 3) เซลล์สะสมไฟฟ้าแบบตะกั่ว 4) การแยกสารละลาย $CuSO_4$ และ KI ด้วยกระแสไฟฟ้า 5) การชุบตะปูเหล็กด้วยทองแดง 6) การป้องกันการผุกร่อนของเหล็ก ในขั้นนี้เป็นการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาที่เป็นการให้ความรู้ วิทยาศาสตร์ (Science) โดยนักเรียนจะเข้าใจการเปลี่ยนแปลงทางเคมีที่มีการถ่ายโอนอิเล็กตรอน ซึ่งเรียกว่าปฏิกิริยารีดอกซ์ นักเรียนเข้าใจศักย์ไฟฟ้าของเซลล์และศักย์ไฟฟ้าของครึ่งเซลล์ และรู้จักปัจจัยและกระบวนการกัดกร่อนของโลหะ ความรู้ทางเทคโนโลยี (Technology) นักเรียนได้สร้างเซลล์กัลวานิก สร้างเซลล์อิเล็กโทรไลติก ใช้เครื่องมือทางวิทยาศาสตร์ตลอดจนใช้เทคโนโลยีในการนำเสนอและสืบค้นข้อมูล ความรู้ทางวิศวกรรมศาสตร์ (Engineering) นักเรียนได้ใช้กระบวนการออกแบบการทดลองเพื่อทำการสืบเสาะหาความรู้ ความรู้ทางคณิตศาสตร์

(Mathamatic) นักเรียนได้ลำดับความสามารถในการเป็นตัวออกซิไดส์หรือตัวรีดิวซ์ นักเรียนสามารถใช้ตัวเลขในการดุลปฏิกิริยารีดอกซ์ ตลอดจนสามารถเขียนแผนภาพเซลล์และคำนวณหาค่าศักย์ไฟฟ้าได้

ขั้นที่ 4 วางแผนและออกแบบวิธีการแก้ปัญหา



ภาพประกอบ 21 นักเรียนออกแบบและนำเสนอนวัตกรรม

ในขั้นนี้นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันวางแผนการดำเนินงานในการสร้างนวัตกรรม โดยในขั้นนี้นักเรียนร่วมกันคิดว่าจะสร้างนวัตกรรมใดเพื่อช่วยแก้ปัญหา แล้วร่วมกันออกแบบชิ้นงาน โดยวาดภาพโมเดลต้นแบบ แล้วนำเสนอให้เพื่อน ๆ ฟังหน้าชั้นเรียน ระหว่างการจัดการเรียนรู้ในขั้นนี้สังเกตเห็นว่า นักเรียนแต่ละกลุ่มช่วยกันคิดและเสนอวิธีแก้ปัญหา โดยนักเรียนมีการทบทวนความรู้ที่เรียนมาเพื่อประยุกต์ใช้ในการสร้างนวัตกรรมที่สามารถใช้แก้ปัญหาได้ โดยสามารถให้เหตุผลที่มีความเป็นไปได้ก่อนลงมือสร้างนวัตกรรม ความรู้ที่ได้จากการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาในขั้นนี้เป็นการให้ความรู้ทางวิศวกรรมศาสตร์ ซึ่งนักเรียนได้ออกแบบ

นวัตกรรม นักเรียนได้เรียนรู้วิทยาศาสตร์ จากการได้ทบทวนความรู้ไฟฟ้าเคมี นักเรียนได้เรียนรู้คณิตศาสตร์ จากการคำนวณค่าศักย์ไฟฟ้า เพื่อให้ได้เซลล์ไฟฟ้าที่มีความต่างศักย์ที่สามารถใช้งานได้

ขั้นที่ 5 ดำเนินการแก้ปัญหา

ขั้นนี้เป็นขั้นที่นักเรียนสร้างนวัตกรรมตามขั้นตอนที่ได้วางแผนไว้ ขั้นนี้ครูให้นักเรียนลงมือปฏิบัติจริง ซึ่งความรู้ที่ได้จากการจัดเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาในขั้นนี้เป็นการให้ความรู้ทางวิศวกรรมศาสตร์ ซึ่งนักเรียนได้แสดงความสามารถอย่างเต็มที่ในการสร้างชิ้นงาน จากการที่นักเรียนได้ผลิตชิ้นงานทำให้นักเรียนได้เข้าใจเนื้อหาที่เรียนมากขึ้น เนื่องจากนักเรียนมองเห็นได้ชัดเจนว่าสิ่งที่นักเรียนศึกษานั้นมีลักษณะอย่างไร

ขั้นที่ 6 ทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุง

ขั้นนี้เป็นการทดสอบและประเมินการใช้งานของนวัตกรรม โดยผลที่ได้จะนำมาใช้ในการปรับปรุงและพัฒนาให้มีประสิทธิภาพในการแก้ปัญหาได้อย่างเหมาะสมที่สุด

ขั้นที่ 7 นำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหา หรือผลการพัฒนานวัตกรรม

ขั้นนี้เป็นการนำเสนอแนวคิดและขั้นตอนการแก้ปัญหาของการสร้างชิ้นงานหรือการพัฒนาวิธีการ ให้ผู้อื่นเข้าใจและได้ข้อเสนอแนะเพื่อการพัฒนา

ขั้นที่ 8 เชื่อมโยงการแก้ปัญหาไปยังสถานการณ์อื่น

ขั้นนี้เป็นขั้นที่นักเรียนได้รับสถานการณ์ปัญหาใหม่ แล้วนักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันระดมความคิด เพื่อระบุปัญหา วิเคราะห์สาเหตุของปัญหา คิดหาวิธีการแก้ปัญหาโดยใช้การบูรณาการณ์ความรู้วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์และคณิตศาสตร์ แล้วนำเสนอวิธีการแก้ปัญหา

จากผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่กล่าวมาข้างต้นทำให้นักเรียนมีระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมีหลังเรียนเฉลี่ย ร้อยละ 67.32 ซึ่งผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนอยู่ในระดับค่อนข้างดี และเมื่อนำผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนมาพิจารณาเป็นรายบุคคลตามความถี่ พบว่า นักเรียนมีระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมีหลังเรียนอยู่ในระดับดีเยี่ยม จำนวน 6 คน คิดเป็นร้อยละ 20 ระดับดีมาก จำนวน 3 คน คิดเป็นร้อยละ 10 ระดับดี จำนวน 5 คน คิดเป็นร้อยละ 16.7 ระดับค่อนข้างดี จำนวน 4 คน คิดเป็นร้อยละ 13.33 ระดับปานกลาง จำนวน 2 คน คิดเป็นร้อยละ 6.7 ระดับพอใช้ จำนวน 8 คน คิดเป็นร้อยละ 26.7 และระดับผ่านเกณฑ์ขั้นต่ำจำนวน 2 คน คิดเป็นร้อยละ 6.7 ซึ่งสอดคล้องกับ สิริพัชร์ เจษฎาวิโรจน์ (2548: 13-14) กล่าวว่า การจัดการเรียนรู้การจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการ โดยสร้างหัวเรื่องแทนการสอนเนื้อหาเป็นรายวิชา โดยนำหลักการและเนื้อหาสาระ

จากสาขาวิชาต่าง ๆ มาสัมพันธ์กัน ทำให้นักเรียนมีความเข้าใจลึกซึ้ง เข้าใจในความมุ่งหมายของเนื้อหาสาระและสิ่งที่เรียนโดยองค์รวม สามารถกระตุ้นนักเรียนให้เกิดความคิดและตระหนักถึงการเชื่อมโยงระหว่าง ความรู้ความคิดกับสิ่งอื่น ๆ ที่อยู่รอบตัวได้ดี สามารถนำความรู้และประสบการณ์ที่ได้มาจัดระเบียบใหม่ให้เหมาะสมกับตน เป็นองค์ความรู้ของตัวเอง ส่งผลให้การเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษามีประสิทธิภาพ ทำให้คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมีหลังการจัดการเรียนรู้สูงกว่าก่อนเรียน ซึ่งส่งผลให้ระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนอยู่ในระดับค่อนข้างดี และนักเรียนมีคะแนนพัฒนาการร้อยละ 6.67 อยู่ในระดับสูงมาก ร้อยละ 53.33 อยู่ในระดับสูง และร้อยละ 40.00 อยู่ในระดับปานกล่าง

จากผลการวิจัยพบว่า นักเรียนมีระดับพัฒนาการทางการเรียน อยู่ในระดับสูงมาก จำนวน 2 คน คิดเป็นร้อยละ 6.67 อยู่ในระดับสูง จำนวน 16 คน คิดเป็นร้อยละ 53.33 อยู่ในระดับปานกลาง 12 คน คิดเป็นร้อยละ 40.00 ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ นัสรินทร์ บือซา (2558: 84) ซึ่งศึกษาผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาที่มีผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา ความสามารถในการแก้ปัญหาและความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 และสอดคล้องกับงานวิจัยของ นูรอาซีกีน สาและ (2559: 96) ซึ่งศึกษาผลของการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี ความสามารถในการคิดวิเคราะห์และความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 แสดงให้เห็นว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ทำให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้และส่งเสริมให้นักเรียนมีพัฒนาการผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้น

ผลการวิจัยที่เกิดขึ้นเป็นผลมาจากการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ซึ่งผู้เรียนได้มีโอกาสลงมือปฏิบัติจริง ทำให้ผู้เรียนมีความกระตือรือร้น และมีบทบาทอย่างเต็มที่ ซึ่งจากการลงมือปฏิบัติจริงทำให้นักเรียนได้รับการกระตุ้นเพื่อให้เกิดความสนใจในการสืบเสาะหาความรู้ การสำรวจตรวจสอบ การคิดอย่างมีเหตุผลในเชิงตรรกะ รวมถึงทักษะของการเรียนรู้หรือการทำงานแบบร่วมมือ จากผลดังกล่าว ส่งผลให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมีของนักเรียนสูงขึ้น รวมทั้งส่งผลถึงคะแนนพัฒนาการทางการเรียนของนักเรียนเพิ่มขึ้นตามไปด้วย ดังนั้นการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาจึงไม่ใช่เป็นเพียงการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมให้เกิดการบูรณาการการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์และคณิตศาสตร์ แต่ยังมุ่งส่งเสริมให้สามารถนำความรู้ ทักษะ และประสบการณ์จากการเรียนรู้ไปใช้ในการแก้ปัญหาในชีวิตจริง เป็นประโยชน์ต่อการดำรงชีวิตและการประกอบอาชีพต่อไปในอนาคต

2. นักเรียนมีคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาจากการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน โดยคะแนนเฉลี่ยก่อนเรียนเท่ากับ 36.80 อยู่ในระดับต่ำกว่าเกณฑ์ และหลังการจัดการเรียนรู้ร้อยละ 89.90 อยู่ในระดับดีเยี่ยม

จากผลการวิจัยพบว่า นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยของความสามารถในการแก้ปัญหาเพิ่มขึ้นทุกครั้ง เมื่อได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ซึ่งคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการแก้ปัญหาครั้งที่ 1-4 เท่ากับ 3.60, 3.67, 7.73 และ 8.99 ตามลำดับ จากคะแนนเต็ม 10 คะแนน และจากการวิเคราะห์ทางสถิติ Repeated ANOVA Test พบว่า คะแนนความสามารถในการแก้ปัญหามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .01 ยกเว้น คะแนนเฉลี่ยความสามารถในการแก้ปัญหาครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2 ที่แตกต่างกันแต่ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ .01 ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาเป็นการจัดการเรียนรู้ที่ให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติด้วยตนเอง นักเรียนต้องระดมความคิดในกลุ่ม เพื่อระบุปัญหาจากสภาพจริงในชุมชน แล้วทำการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เพื่อบูรณาการกับคณิตศาสตร์ผ่านกระบวนการทางวิศวกรรมศาสตร์ นำไปสู่การสร้างเทคโนโลยีเพื่อการแก้ปัญหาในชีวิตจริง ในระหว่างการสร้างนวัตกรรมนักเรียนมักประสบปัญหาต่าง ๆ ที่นักเรียนต้องร่วมกันแก้ไขเพื่อให้สามารถสร้างนวัตกรรมได้สำเร็จ กระบวนการดังกล่าวส่งผลให้นักเรียนพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาเพิ่มขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Tallent (1985: 30) ได้ศึกษาผลของการใช้กระบวนการคิดแก้ปัญหาอนาคตที่มีต่อความสามารถในการคิดแก้ปัญหาของนักเรียนที่มีความสามารถพิเศษในระดับเกรด 4-5 ของโรงเรียนที่อยู่นอกเมืองทางตะวันออกเฉียงใต้ของรัฐเท็กซัส ผลการศึกษาพบว่าวิธีการฝึกด้วยกระบวนการคิดแก้ปัญหาอนาคตมีผลต่อคะแนนรวมทั้งหมดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติและสอดคล้องกับ ผลงานวิจัยของ วรรณา รุ่งลักษมีศรี (2551: 62-67) ได้ศึกษาผลการจัดการเรียนรู้ที่เน้นกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงวิทยาศาสตร์ และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสานของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นในโรงเรียนสาธิต ผลการศึกษาพบว่า นักเรียนกลุ่มที่เรียนวิทยาศาสตร์ โดยจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่เน้นกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมศาสตร์มีความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงวิทยาศาสตร์ และคะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสานเฉลี่ยสูงกว่ากลุ่มที่เรียนด้วยวิธีสอนแบบทั่วไปอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยนักเรียนกลุ่มที่เรียนวิทยาศาสตร์โดยจัดการเรียนการสอนที่เน้นกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมศาสตร์มีคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงวิทยาศาสตร์ และคะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสานเฉลี่ยร้อยละ 75.58 และ 83.90 นอกจากนี้ยังสอดคล้องกับ นัสรินทร์บือซา (2558: 63) ได้ศึกษาผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา ความสามารถใน

การแก้ปัญหาและความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ ผลการศึกษาพบว่า นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษามีความสามารถในการแก้ปัญหาหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

ผลการวิจัยที่เกิดขึ้นเป็นผลมาจากการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา โดยผู้วิจัยได้ดำเนินการตามขั้นตอนทั้งหมด 8 ขั้นตอนดังนี้ 1) เชื่อมโยงและระบุปัญหาในชีวิตจริง 2) ระบุสิ่งที่จำเป็นต้องเรียนรู้เพื่อแก้ปัญหา 3) รวบรวมข้อมูล แนวคิดที่เกี่ยวข้องและสะท้อนความคิดความเข้าใจ 4) วางแผนและออกแบบวิธีการแก้ปัญหา 5) ดำเนินการแก้ปัญหา 6) ทดสอบประเมินผล และปรับปรุง 7) นำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหา หรือผลการพัฒนานวัตกรรม 8) เชื่อมโยงการแก้ปัญหาไปยังสถานการณ์อื่น ๆ ซึ่งเป็นการส่งเสริมให้นักเรียนมีความสามารถในการคิด ตัดสินใจเลือกประเด็นปัญหาที่นักรียนสนใจ พร้อมทั้งคิดหาวิธีการแก้ปัญหาตามแนวทางสะเต็มศึกษา อย่างเหมาะสมและมีประสิทธิภาพมากที่สุด จาการจัดการเรียนเรียนรู้พบว่าระดับความสามารถในการแก้ปัญหามีความสัมพันธ์กับขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาดังตาราง 20

ตาราง 20 ระดับความสามารถในการแก้ปัญหาที่เกิดกับผู้เรียนในแต่ละขั้นขอการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา

ขั้นที่	ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้	ระดับความสามารถในการแก้ปัญหา
1	เชื่อมโยงและระบุปัญหาในชีวิตจริง	การระบุปัญหา
2	ระบุสิ่งที่จำเป็นต้องเรียนรู้เพื่อแก้ปัญหา	
3	รวบรวมข้อมูล แนวคิดที่เกี่ยวข้องและสะท้อนความคิดความเข้าใจ	วิเคราะห์สาเหตุของปัญหา
4	วางแผนและออกแบบวิธีการแก้ปัญหา	
5	ดำเนินการแก้ปัญหา	เสนอวิธีการแก้ปัญหา
6	ทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุง	
7	นำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหา หรือผลการพัฒนานวัตกรรม	การตรวจสอบผลการแก้ปัญหา
8	เชื่อมโยงการแก้ปัญหาไปยังสถานการณ์อื่น	

Prince of Songkla University Pattani Campus

จากตาราง 20 การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาในขั้นที่ 1 เชื่อมโยงและระบุปัญหาในชีวิตจริง และขั้นที่ 2 ระบุสิ่งที่จำเป็นต้องเรียนรู้เพื่อแก้ปัญหา นักเรียนมีระดับความสามารถในการแก้ปัญหาอยู่ในระดับที่สามารถระบุปัญหาได้ เมื่อจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาในขั้นที่ 3 รวบรวมข้อมูล แนวคิดที่เกี่ยวข้องและสะท้อนความคิดความเข้าใจ และขั้นที่ 4 วางแผนและออกแบบวิธีการแก้ปัญหา นักเรียนมีระดับความสามารถในการแก้ปัญหาอยู่ในระดับที่สามารถวิเคราะห์สาเหตุของปัญหา เมื่อจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาในขั้นที่ 5 ดำเนินการแก้ปัญหา และขั้นที่ 6 ทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุง นักเรียนมีระดับความสามารถในการแก้ปัญหาอยู่ในระดับที่สามารถเสนอวิธีการแก้ปัญหาได้ และเมื่อจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาในขั้นที่ 7 นำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหา หรือผลการพัฒนานวัตกรรม และขั้นที่ 8 เชื่อมโยงการแก้ปัญหาไปยังสถานการณ์อื่น นักเรียนมีระดับความสามารถในการแก้ปัญหาอยู่ในระดับที่สามารถตรวจสอบผลการแก้ปัญหาได้

ผลจากการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ส่งผลให้นักเรียนมีความสามารถในการแก้ปัญหาสูงขึ้น เนื่องจากกระบวนการจัดการเรียนรู้ เปิดโอกาสให้นักเรียนระบุปัญหาตามความสนใจของนักเรียนจากบริบทในชีวิตจริงของนักเรียน ทำให้นักเรียนมีความสนใจและสามารถเลือกวิธีแก้ปัญหาตามความสามารถและความถนัด นักเรียนคิดวิธีแก้ปัญหา โดยใช้ความรู้วิทยาศาสตร์มาบูรณาการกับความรู้ทางด้านเทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ เป็นพื้นฐานในการแก้ปัญหา ซึ่งเป็นการเรียนรู้วิธีแก้ปัญหาที่ดี ซึ่งสอดคล้องกับ พิมพันธ์ เตชะคุปต์ และพเยาว์ ยินดีสุข (2548: 48-56) ซึ่งกล่าวว่า การจัดกิจกรรมที่มีการบูรณาการเชื่อมโยงเนื้อหาสาระวิทยาศาสตร์กับการพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหา ทำให้ผู้เรียนมีการสำรวจตรวจสอบค้นหาวิธีการในการแก้ปัญหา ซึ่งเป็นการปลูกฝังคุณลักษณะของนักวิทยาศาสตร์ให้เกิดขึ้นกับตัวของผู้เรียน นั่นคือ “เด็กคิดเป็น ทำเป็น แก้ปัญหาเป็น” ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดของการสร้างความรู้ด้วยตนเองได้กล่าวโดยสรุปว่า กระบวนการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นตัวกระตุ้นให้เกิดความสนใจ ทำให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ด้วยตนเองจากการคิดหาทางแก้ปัญหา และในการเรียนรู้ด้วยตนเองจะช่วยให้ความสามารถในการแก้ปัญหาของผู้เรียนสูงขึ้น (วิดาด หะยีตาเฮร์, 2557: 89) อีกทั้งปัจจุบันความสามารถในการแก้ปัญหายังเป็นเป้าหมายสำคัญในการพัฒนาซึ่งเป็นคุณลักษณะอันพึงประสงค์สำหรับผู้เรียนในศตวรรษที่ 21 เพื่อการดำรงชีวิตในอนาคต

จากการสังเกตพฤติกรรมการเรียนรู้ของนักเรียน พบว่า นักเรียนให้ความร่วมมือในการจัดการเรียนรู้เป็นอย่างดี นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติเพื่อสร้างความรู้ให้กับตนเอง มีการแลกเปลี่ยน

เรียนรู้ระหว่างเพื่อนในกลุ่ม และระหว่างกลุ่ม ในช่วงแรกของการเรียน นักเรียนสามารถระบุปัญหาและบอกสาเหตุของปัญหาได้ แต่ยังไม่สามารถเสนอวิธีแก้ปัญหา และตรวจสอบผลการแก้ปัญหาได้ ซึ่งยืนยันได้จากคะแนนจากการทำแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาครั้งที่ 1 กับครั้งที่ 2 ซึ่งมีคะแนนเท่ากับ 3.60 คะแนนและ 3.67 คะแนน ตามลำดับ จากคะแนนเต็ม 10 คะแนน ซึ่งเห็นได้ว่า นักเรียนได้คะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาอยู่ในระดับต่ำและคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาไม่แตกต่างกัน ทั้งนี้อาจเป็นเพราะ ในช่วงเริ่มต้นนักเรียนยังไม่เข้าใจเนื้อหาทางวิทยาศาสตร์เพื่ออธิบายปรากฏการณ์ต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับไฟฟ้าเคมี จึงส่งผลให้นักเรียนยังไม่สามารถเสนอวิธีการแก้ปัญหาที่สอดคล้องกับเนื้อหาวิชาเคมีได้ แต่เมื่อจัดการเรียนรู้ต่อไปแล้วทดสอบความสามารถในการแก้ปัญหาครั้งที่ 3 และที่ 4 ผลปรากฏว่า นักเรียนได้คะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 7.73 และ 8.99 ตามลำดับ ซึ่งคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหา ในครั้งที่ 3 และครั้งที่ 4 มีค่าเฉลี่ยสูงขึ้นตามลำดับ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .01 ทั้งนี้อาจเป็นเพราะนักเรียนได้ฝึกการคิดและการแก้ปัญหาด้วยตนเองผ่านกระบวนการเรียนรู้แบบบูรณาการ นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติเพื่อสร้างความรู้ตามความสนใจมากขึ้น และเจาะลึกเนื้อหาไฟฟ้าเคมีมากขึ้น จึงส่งผลให้นักเรียนมีความรู้ไฟฟ้าเคมีเพิ่มขึ้น จนสามารถเชื่อมโยงความรู้ไฟฟ้าเคมีไปสู่การปฏิบัติเพื่อสร้างนวัตกรรม จึงส่งผลให้นักเรียนสามารถเสนอวิธีแก้ปัญหาที่เป็นไปได้และสอดคล้องกับเนื้อหาไฟฟ้าเคมี และสามารถวิเคราะห์ผลได้ตรงประเด็นกับวิธีการแก้ปัญหา พร้อมเหตุผลประกอบได้ จึงส่งผลให้นักเรียนได้คะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาสูงขึ้น

ผลการวิจัยจึงสรุปได้ว่า นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษามีความสามารถในการแก้ปัญหาหลังเรียนสูงก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

3. นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษามีความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ในระดับมากที่สุด

จากผลการศึกษาพบว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษามีความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้อยู่ใจระดับมากที่สุด ซึ่งมีคะแนนความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้เฉลี่ยเท่ากับ 4.51 ทั้งนี้เนื่องจากการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา นักเรียนได้เรียนรู้ด้วยการลงมือปฏิบัติด้วยตนเอง ได้คิดหาวิธีการในการแก้ปัญหาด้วยตนเอง ได้เห็นประโยน์จากการเรียนรู้ผ่านการเรียนรู้แบบบูรณาการณ์ นักเรียนสามารถใช้ความรู้ได้จริง ส่งผลให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้อย่างมีความหมาย จึงทำให้นักเรียนมีความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ นูรอาซีกีน สาและ (2559:100-101) งานวิจัยของ นัสรินทร์ บือซา (2558: 91) และยังสอดคล้องกับการสัมภาษณ์นักเรียน

จากผลการวิจัยพบว่า นักเรียนมีความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ในแต่ละองค์ประกอบ โดยพึงพอใจด้านการนำไปใช้ประโยชน์ มากที่สุด ซึ่งมีคะแนนเฉลี่ย เท่ากับ 4.59 รองลงมา คือด้านเนื้อหา มีคะแนนเฉลี่ย เท่ากับ 4.57 ด้านต่อมา คือด้านประโยชน์ที่ได้รับ มีคะแนนเฉลี่ย เท่ากับ 4.52 และสุดท้าย คือ ด้านกิจกรรมการเรียนรู้ มีคะแนนเฉลี่ย เท่ากับ 4.47 ซึ่งระดับความพึงพอใจในภาพรวมอยู่ในระดับมากที่สุด ซึ่งผู้วิจัยได้นำเสนอในแต่ละด้านดังนี้

ด้านการนำไปใช้ประโยชน์พบว่า ผู้เรียนมีความพึงพอใจอยู่ในระดับมากที่สุด เนื่องจากการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เป็นการจัดการเรียนรู้ที่เริ่มต้นจากการเชื่อโยงปัญหาจากสภาพจริงในท้องถิ่นซึ่งเป็นรูปธรรมที่อยู่ใกล้ตัวนักเรียนช่วยให้นักเรียนสามารถเรียนรู้และเชื่อมโยงไปสู่การปฏิบัติจริงเพื่อการแก้ปัญหา ทำให้นักเรียนเห็นประโยชน์และคุณค่าของการเรียน จึงทำให้ผู้เรียนสามารถนำกระบวนการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาไปใช้ประโยชน์ในชีวิตประจำวันได้

ด้านเนื้อหาพบว่า ผู้เรียนมีความพึงพอใจอยู่ในระดับมากที่สุดเนื่องจากการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เป็นการจัดการเรียนรู้ที่ให้นักเรียนเป็นศูนย์กลางการเรียนรู้จากสิ่งที่นักเรียนสนใจ โดยครูคอยให้คำชี้แนะอย่างใกล้ชิด อีกทั้งยังคอยเอื้ออำนวยความสะดวกตลอดการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ทำให้ผู้เรียนเข้าใจง่ายขึ้น อีกทั้งเนื้อหายังมีการเรียบเรียงจากง่ายไปยาก และนักเรียนได้สืบเสาะหาความรู้จากการทดลองและการปฏิบัติจริง จึงส่งผลให้ผู้เรียนมีความเข้าใจเนื้อหาได้ดีขึ้น

ด้านประโยชน์ที่ได้รับพบว่า ผู้เรียนมีความพึงพอใจอยู่ในระดับมากที่สุดเนื่องจากการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เป็นการจัดการเรียนรู้ที่นักเรียนได้ฝึกทักษะต่าง ๆ ในระหว่างเรียน โดยเฉพาะทักษะการแก้ปัญหา ทักษะการบูรณาการความรู้เพื่อสร้างนวัตกรรมสำหรับใช้แก้ปัญหาในชีวิตจริง จึงส่งผลให้นักเรียนได้พัฒนาความสามารถและประยุกต์ใช้ในชีวิตจริง

ด้านกิจกรรมการเรียนรู้ พบว่า ผู้เรียนมีความพึงพอใจอยู่ในระดับมาก เนื่องจากการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เป็นการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการข้ามศาสตร์หรือสาขาวิชา เพื่อให้ผู้เรียนเห็นคุณค่าของการเรียนรู้และเข้าใจว่าทำไมถึงต้องเรียนเนื้อหาดังกล่าว โดยผู้เรียนมีอิสระในการค้นคว้าหาความรู้ได้อย่างเต็มศักยภาพ ซึ่งครูผู้สอนเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติจริง ส่งผลให้ผู้เรียนมีความสนใจอยากเรียนวิทยาศาสตร์เพิ่มขึ้นและอยากให้การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาเกิดขึ้นกับรายวิชาอื่น ๆ เนื่องจากเป็นการจัดการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียน

เป็นสำคัญ เน้นการทำงานแบบร่วมมือ ฝึกฝนความสามารถในการแก้ปัญหา และสร้างสรรค์ผลงานด้วยตัวนักเรียนเอง

ดังนั้น การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาจึงเป็นวิธีหนึ่งที่ช่วยให้นักเรียนมีความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้วิชาเคมี โดยช่วยส่งเสริมให้นักเรียนได้เรียนรู้แบบร่วมมือ มีอิสระในการคิดและค้นคว้าหาความรู้ได้อย่างอิสระ ได้ฝึกกระบวนการคิดวิเคราะห์ปัญหาต่าง ๆ จนนำไปสู่การพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหา และที่สำคัญคือ ผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติจริง ผู้เรียนเรียนรู้อย่างมีความสุข สามารถบูรณาการความรู้ข้ามวิชาหรือสาขาวิชา โดยเชื่อมโยงกับชีวิตจริงได้ จึงส่งผลให้ผู้เรียนมีความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาอยู่ในระดับมากที่สุด

5.9 ข้อเสนอแนะ

5.9.1 ข้อเสนอแนะในการนำผลวิจัยไปใช้

5.9.1.1 ครูผู้สอนต้องเข้าใจกระบวนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาเป็นอย่างดี เพื่อจะได้ชี้แจงให้ผู้เรียนเข้าใจ อันจะทำให้ผู้เรียนเข้าใจบทบาทหน้าที่ของตนเอง ซึ่งครูผู้สอนคอยให้คำแนะนำอย่างใกล้ชิด

5.9.1.2 ครูผู้สอนต้องบริหารเวลาในการจัดการเรียนรู้ให้ดี โดยเฉพาะในขั้นที่นักเรียนต้องนำความรู้ไปใช้ปฏิบัติจริงในการผลิตชิ้นงาน เพื่อให้ผู้เรียนได้ใช้ความคิดอย่างเต็มที่และสามารถสร้างชิ้นงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ

5.9.1.3 ครูผู้สอนควรมีความยืดหยุ่นเวลาในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ให้เหมาะสม ตามศักยภาพของผู้เรียน

5.9.1.4 ครูผู้สอนควรดูแลนักเรียนให้ทั่วถึงและให้คำแนะนำกับนักเรียนทุกคน อย่างเท่าเทียมกัน

5.9.1.5 ในขณะดำเนินกิจกรรมการเรียนรู้ครูควรสร้างบรรยากาศแบบกัลยาณมิตร คอยให้คำปรึกษา ให้ความสำคัญกับความคิดของผู้เรียนทุกคน จัดบรรยากาศการเรียนรู้ที่ส่งเสริมการคิดโดยใช้คำถามกระตุ้นให้ผู้เรียนได้แสดงความคิดเห็น

Prince of Songkla University Pattani Campus

5.9.2 ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

5.9.2.1 ควรมีการวิจัยผลของการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาที่มีผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ความสามารถในการแก้ปัญหา และความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ในระดับหรือรายวิชาอื่น ๆ

5.9.2.2 ควรมีการศึกษาผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาที่มีต่อตัวแปรตามอื่น ๆ ที่เป็นทักษะแห่งศตวรรษที่ 21 เช่น ทักษะการทำงานเป็นทีม

5.9.2.3 ควรมีการศึกษาเปรียบเทียบผลของการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษากับผลของการจัดการเรียนรูปแบบอื่น ๆ

Prince of Songkla University
Pattani Campus

เอกสารอ้างอิง

กระทรวงศึกษาธิการ. (2539). *การประเมินจากสภาพจริง*. กรุงเทพฯ: คุรุสภาลาดพร้าว.

_____. (2551). *หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551*. กรุงเทพฯ: ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด

_____. (2559). *การศึกษาไทย 4.0 ในบริบทการจัดการศึกษาเพื่อการพัฒนาที่ยั่งยืน*. สืบค้นเมื่อ 28 กันยายน 2559, สืบค้นจาก http://www.moe.go.th/websm/2016/aug/354.html

กรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง. (8 ส.ค. 59). *แผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 12 (พ.ศ. 2560 - 2564)*. สืบค้นจากhttp://dmcrth.dmcr.go.th/ppsd/detail/660/

กฤษลดา ชูสินคุณาวุฒิ. (2557). รอบรู้เทคโนโลยี กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม คืออะไร?. *สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี*, 42(190), 37-41

จำรัส อินทลาภาพร, มารุต พัฒผล, วิชัย วงษ์ใหญ่ และศรีสมร พุ่มสะอาด. (2558) การศึกษาแนวทางการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาสาหรับผู้เรียนระดับประถมศึกษา. *ศิลปากรณ์*, 8(1), 62-74

ชนาธิป พรกุล. (2544). คลี่พระราชบัญญัติฯจัดการเรียนการสอนการสร้างความรู้ด้วยตนเอง. *วารสารวิชาการ*, 4(10), 15-18

ดารารัตน์ ชัยพิลา. (2558). *ผลการจัดการเรียนรู้แบบโครงงานตามแนวคิด STEM Education ที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ปฏิกิริยาเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2*. (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยนเรศวร).

ดวงพร สมจันทร์ตา, มนตรี มณีภาคและสมเกียรติ พรพิสุทธิ์. (2559). การศึกษาความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายที่ได้รับการเรียนตามแนวทางสะเต็มศึกษา เรื่อง กายวิภาคของพืช. *การประชุมวิชาการระดับชาติครุศาสตร์ ครั้งที่ 1 การศึกษาเพื่อพัฒนาท้องถิ่น สู่ประชาคมอาเซียน : ทิศทางใหม่ในศตวรรษที่ 21*, 353-360.

ทรงศักดิ์ ภู่สีอ่อน. (2551). *การประยุกต์ใช้ SPSS วิเคราะห์ข้อมูลงานวิจัย*. กาฬสินธุ์ : ประสานการพิมพ์.

Prince of Songkla University Pattani Campus

ธีรพงศ์ แก่นอินทร์. (2545). ผลของวิธีสอนแบบโครงการต่อเจตคติความพึงพอใจคุณลักษณะอื่นและระดับผลการศึกษาของนักศึกษาระดับปริญญาตรี. *วารสารสงขลานครินทร์*, 2645, 34-35

นันทวัน นันทวนิช. (2557). การประเมินการรู้เรื่องวิทยาศาสตร์ PISA 2015. *สสวท*, 42(186), 40-41

นิภาเมธธาวีชัย. (2536). *การประเมินผลการเรียน*. กรุงเทพมหานคร : สำนักส่งเสริมวิชาการสถาบันราชภัฏธนบุรี.

นิยมศรียะพันธุ์. (2541). "*การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ระหว่างการเรียนแบบร่วมมือกับการสอนตามคู่มือครูของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5*". (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์).

นัสรินทร์ บือซา. (2557). *ผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา (STEM Education) ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา ความสามารถในการแก้ปัญหาและความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5*.(วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์).

นูรอาซีกีน สาและ. (2559). *ศึกษาผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี ความสามารถในการคิดวิเคราะห์และความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4* (วิทยานิพนธ์ศึกษาศาสตร์มหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขต ปัตตานี)

บุญชม ศรีสะอาด. (2545). *การวิจัยเบื้องต้น*. พิมพ์ครั้งที่ 7. กรุงเทพฯ: สุวีริยาสาส์น

บุญธรรม กิจปรีดาบริสุทธิ์. (2535). *ระเบียบวิจัยทางสังคมศาสตร์- Social science research methodology*. กรุงเทพมหานคร: ภาควิชาศึกษาศาสตร์มหาวิทยาลัยมหิดล.

บุญลอย มูลน้อย, เฉลิมพร ทองพูน, ยุทธศักดิ์ แช่มมุ่ย และ วิษณุ ธงไชย. (2559). ผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาตร์และคณิตศาสตร์ที่เพิ่มทักษะการคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์เรื่อง วงจรไฟฟ้าของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6. *การประชุมวิชาการระดับชาติ มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ ครั้งที่ 3*, 287-297.

ประเทืองทิพย์ นวพรไพศาล. (2535). *การตรวจแบบสอบการคิดวิจารณญาณของวัตสันและเกลเซอร์สำหรับนักเรียนมัธยมศึกษา*. (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย).

ประสาท เนืองเฉลิม. (2558). *การเรียนรู้วิทยาศาสตร์ในศตวรรษที่ 21*. (พิมพ์ครั้งที่ 1). กรุงเทพฯ: บริษัทแอคทีฟพริ้นท์ จำกัด

ปราณี ทองคำ. (2539). *เครื่องมือวัดผลทางการศึกษา*. ปัตตานี : มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

เผียน ไชยศร. (2531). *หลักการวัดผลประเมินผลการศึกษา*. เชียงใหม่ : มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

พิมพันธ์ เดชะคุปต์ และพเยาว์ ยินดีสุข. (2557). *การจัดการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21*. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพ ฯ : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

_____ . (2548). *การเรียนการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ: แนวคิด วิธีและเทคนิคการสอน1*. กรุงเทพฯ: บริษัทเดอะมาสเตอร์กรุ๊ปแมนเนจเม้นต์ จำกัด.

พรทิพย์ ศิริภัทราชัย. (2556). STEM Education การพัฒนาทักษะในศตวรรษที่ 21. *วารสารนักบริหาร*, 33(2), 49-55

พลศักดิ์ แสงพรมศรี. (2558). *การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ และเจตคติต่อการเรียนวิชาเคมี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษากับแบบปกติ*. (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยมหาสารคาม).

พวงรัตน์ ทวีรัตน์. (2543). *การสร้างและพัฒนาแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์*.กรุงเทพ : สำนักทดสอบทางการศึกษาและจิตวิทยา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร.

ภัสสร ติดมา. (2558). *การพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ เรื่อง ระบบร่างกายมนุษย์ ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมตามแนวทางสะเต็มศึกษา ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2*. (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยนเรศวร).

มนตรี จุฬาวัฒนานทล. (2556). สะเต็มศึกษาในประเทศไทยและทูตสะเต็ม. *สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี*, 42(185), 14-18

เยาวดี วิบูลย์ศรี. (2540). *การวัดผลและการสร้างแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์*.กรุงเทพมหานคร: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

รักษพล ธนานุวงศ์. (2556). เรียนรู้สภาวะโลกร้อนด้วย STEM Education แบบบูรณาการ. *สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี*, 41(182), 15-20

ราชบัณฑิตยสถาน. (2555). *พจนานุกรมศัพท์ศึกษาศาสตร์*. (พิมพ์ครั้งที่ 1) กรุงเทพ: อรุณการพิมพ์

_____ . (2554). *พจนานุกรม ฉบับราชบัณฑิตยสถาน*. กรุงเทพ ฯ:ศิริวัฒนาอินเตอร์พริ้นท์ จำกัด (มหาชน)

Prince of Songkla University Pattani Campus

รศนา อัชชะกิจ. (2539*) กระบวนการแก้ปัญหาและตัดสินใจเชิงวิทยาศาสตร์.* (พิมพ์ครั้งที่ 3). กรุงเทพ ฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

รุสดา จะปะเกีย. (2558). *ผลของการจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐาน ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยาและความพึงพอใจในการจัดการเรียนรู้ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6.* (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, มหาวิยาลัยสงขลานครินทร์).

ล้วน สายหยด และ อังคณา สายหยด. (2543). *เทคนิคการวัดผลการเรียนรู้*. กรุงเทพ ฯ: สุวีบิยาสาสน์.

วิเชียร เกตุสิงห์. (2538). *การวิจัยปฏิบัติการ*. กรุงเทพ ฯ: ไทยวัฒนาพานิช.

วรพจน์ วงศ์กิจรุ่งเรือง และ อธิป จิตตกฤษ์. 2556. *ทักษะแห่งอนาคตใหม่ การศึกษาเพื่อศตวรรษที่ 21*. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: โอเพ่นเวิลด์ส พับลิชชิ่ง เฮาส์ จำกัด

วรรณา รุ่งลักษมีศรี. (2551). *ผลการเรียนการสอนที่เน้นกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงวิทยาศาสตร์ และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสานของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น โรงเรียนสาธิต*. (วิทยานิพนธ์ศึกษาศาสตร์มหาบัณฑิต, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย).

วรรณี แกมเกตุ. (2555). *วิธีวิทยาการวิจัยทางพฤติกรรมศาสตร์*. (พิมพ์ครั้งที่ 3). กรุงเทพฯ:โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรมหาวิทยาลัย.

วรรณทิพา รอดแรงค้า. (2544). *การประเมินทักษะกระบวนการและการแก้ปัญหา*. (พิมพ์ครั้งที่ 2). กรุงเทพฯ: สถาบันพัฒนาคุณภาพวิชาการ.

วิรุฬ พรรณเวที. (2542). *การออกแบบ*. กรุงเทพฯ: ไทยวัฒนาพาณิช.

ศานิกานต์ เสนีวงศ์. (2556). การจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษาด้วยกบโอริงามิ. *สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี*, 42(185), 30-31

ศิริชัย กาญจนวาสี. (2552). *ทฤษฎีการสอบแบบดั้งเดิม CLASSICAL TEST THEORY*. พิมพ์ครั้งที่ 6. กรุงเทพ ฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

_____. (2552). *ทฤษฎีการทดสอบแบบดั้งเดิม*. (พิมพ์ครั้งที่ 6). กรุงเทพ ฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

_____. (2556). *ทฤษฎีการทดสอบแบบดั้งเดิม*. (พิมพ์ครั้งที่ 7). กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ศิริพร ศรุตาพร. (2554). *คู่มือวิเคราะห์ปัญหาอย่างเป็นระบบ*. กรุงเทพฯ: เลิฟแอนด์ลิพเพรสจำกัด

ศิริพร สุวรรณการณ์. (2546). *ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่ได้รับการสอนตามรูปแบบการเรียนรู้แบบสร้างสรรค์ความรู้*. (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์).

ศิริลักษณ์ ชาวลุ่มบัว. (2558). *การพัฒนาหลักสูตรตามแนวทางสะเต็มศึกษา เรื่อง อ้อย สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3*. (วิทยานิพนธ์ปริญญาดุษฎีบัณฑิต, มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ).

สิริพัสร์ เจษฎาวิโรจน์. (2548). *การจัดการสอนแบบบูรณาการ*. กรุงเทพฯ: บุ๊คพอยท์

สุดารัตน์ อะหลีแอ. (2558). *ผลของการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี สังคม และสิ่งแวดล้อมที่มีผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมี ความสามารถในการแก้ปัญหาและความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ของนักเรียนชั้มัธยมศึกษาปีที่ 6*. (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์).

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2558). ทำไมต้องสะเต็มศึกษา. สืบค้นเมื่อ 18 กรกฎาคม 2559, สืบค้นจากhttp://www.stemedthailand.org

_____. (2557). *ผลการประเมิน PISA 2012 คณิตศาสตร์ การอ่านและวิทยาศาสตร์นักเรียนรู้อะไรและทำอะไรได้บ้าง*.กรุงเทพฯ: อรุณการพิมพ์

_____. (2557). *สะเต็มศึกษา*. (พิมพ์ครั้งที่ 1). กรุงเทพฯ: สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.

_____. (2555). *การวัดผลประเมินผลวิทยาศาสตร์*. กรุงเทพฯ: ซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด.

_____. (2546). *รายงานการศึกษาการพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนที่พัฒนาความคิดระดับสูงวิชาชีววิทยาระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย (ระยะที่ 1)*. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์คุรุสภาลาดพร้าว

_____. (2559. พ.ย. 9). ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับสะเต็มศึกษา. สืบค้นจาก http://www.stemedthailand.org/?activity=ความรู้เบื้องต้นสะเต็ม

สุทธาวรรณ ภาณุรัตน์. (2553*). การเปรียบเทียบพัฒนาการทางทักษะการเขียนเรียงควาภาษาไทยของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ระหว่างกลุ่มประเมินตนเองโดยแบบตรวจสอบราบการกับแบบสอบถามปลายเปิด*. (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย).

สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ. (2554). *สรุปสาระสำคัญแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่สิบเอ็ด พ.ศ.๒๕๕๕-๒๕๕๙*. http://www.nesdb.go.th/Default.aspx?tabid=395 (สืบค้นเมื่อ 27 มกราคม 2559)

_____. (2559). *แผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 12* (พ.ศ. 2560-2564).

สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน. (2553). *คู่มือการพัฒนาหลักสูตรและการสอน*. กรุงเทพ ฯ: โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย.

_____. (2554). *แนวปฏิบัติการวัดผลและประเมินผลการเรียนรู้ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551*. กรุงเทพ ฯ: โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย.

สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา. (2550). *การจัดการเรียนรู้แบบสร้างองค์ความรู้: การจัดการเรียนรู้ที่สอดคล้องกับมาตรา 24 (2) (3) แห่งพระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2542*. พิมครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: กลุ่มส่งเสริมนวัตกรรมและการเรียนรู้ของครูและบุคลากรทางการศึกษา สำนักมาตรฐานการศึกษาและพัฒนาการเรียนรู้.

_____. (2550). *การจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐาน*.กรุงเทพ ฯ: ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย.

สนธิ พลชัยยา. (2557). กิจกรรมสะเต็มศึกษาจากลายนิ้วมือ. *สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี*, 43(191), 10-15

_____. (2557). สะเต็มศึกษากับการคิดขั้นสูง.*สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี*, 42(189), 7-10

สุนีย์ คล้ายนิล. (2555). *การศึกษาวิทยาศาสตร์ไทย: การพัฒนาและภาวะถดถอย*. พิมพ์ครั้งที่ 1. สมุทรปราการ: แอดวานส์พริ้นติ้งเซอร์วิซ จำกัด

สำนักงานรัฐมนตรี. (2559). *ผลประชุมคณะกรรมการนโยบาย "สะเต็มศึกษา"* กระทรวงศึกษาธิการ. สืบค้นเมื่อ 18 กรกฎาคม 2559, สืบค้นจาก http://www.moe.go.th/websm/2016/may/218.html

สุพรรณี ชาญประเสริฐ. (2557). สะเต็มศึกษากับการจัดการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21. *สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี*, 42(186), 3-5

สุภัทรา สิริรุ่งเรือง และ ชานนท์ จันทรา. (2554) การพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ของนักเรียน โดยใช้รูปแบบ SSCS ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์. *วารสารศึกษาศาสตร์ปริทัศน์*, 26(1), 13-24

สมถวิล วิจิตวรรณา และคณะ. (2556). *วิจัยเพื่อพัฒนาการเรียนการสอน.* กรุงเทพ ฯ: เจริญดีมั่นคง.

สมนึก ภัททิยธานี. (2537). *การวัดผลศึกษา*.กาฬสินธุ์: ประสานการพิมพ์.

สุรัชน์ อินทสังข์. (2557). เบื้องหลังการออกแบบกิจกรรม stem คณิตศาสตร์ระดับประถมศึกษา. *สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี*, 42(187), 19-26

หัสยา เถียรวิทวัส. (2537). *การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความสามารถด้านเหตุผลกับความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3*. (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ).

อาชวินี ไชยสุนทร. (2535). *ความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์และความถนัดด้านมิติสัมพันธ์ของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่* 3. (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์).

อุปการ จีระพันธุ. (2556). สะเต็มศึกษา ของใหม่สำหรับประเทศไทยหรือไม่. *สถาบัญส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี*, 42(185), 32-37

อภิสิทธิ์ ธงไชย. (2557). เรื่องเล่าจากงานประชุม ITEEA ครั้งที่ 76. *สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี*, 42(189), 54-56

_____. (2557). *สะเต็มศึกษา*. สืบค้นจาก www.knw.ac.th/UserFiles/files/STEM1.pdf 20 มีนาคม 59

_____. (2555). *สรุปการบรรยายพิเศษเรื่อง Science, Technology, Engineering, and Mathematics Education: Preparing students for the 21st Centurt*. สืบค้นเมื่อ 9 กุมภาพันธ์ 2559, จาก http://designtechnology.ipst.ac.th/uploads/STEMeducation.pdf

อัมพวา รักบิดา. (2549). *ผลของการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคมต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนความสามารถในการคิดแก้ปัญหา และความพึงพอใจของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5.* (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์).

อมรลักษณ์ ปรีชาหาญ. (2535). *ความพึงพอใจของสมาชิกที่มีต่อบทบาทของสหกรณ์การเกษตรสารภี จำกัด*. (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, สถาบันเทคโนโลยีแม่โจ้).

Prince of Songkla University Pattani Campus

อรัญญา ชนะเพีย. (2542*). ผลของการใช้โปรแกรมฝึกการแก้ปัญหาต่อความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6.* (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยขอนแก่น).

อวยพร เรืองตระกูล. (2544). *การพัฒนาและวิเคราะห์คุณภาพของวิธีการวัดคะแนนพัฒนาการตามทฤษฎีทดสอบแบบดั้งเดิมและทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบ*. (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย).

Arends, R.. (2001). *Learning to teach*. Singapore : McGraw-Hill Higher Education.

Aronin, S., & Floyd, K., K. (2013). Using an iPad in inclusive preschool classroom to introduce STEM concepts. *Teaching Exception Children*, 45(4), 34-39

Asunda, P.A., &Mativo, J. (2015). Integrated STEM: A NEW PRIMER FOR TEACHING TECHNOLOGY EDUCATION. *Technology & Engineering Teacher*, 75(4), 8-13.

Atkinson, S.K. (1961). *The Education's Encyclopedia*. New Jersey: Prentice-Hall, Inc.

Bellanca, J. and Brandl, R. (2010). *21st century skills Rethinking How Students Learn*. Indiana : Solution Tree Press

Beyer, B.K. (1985). Teaching Critical Thinking: A Direct Approach. *Socia Education*. (April). 297-303.

Bloom, B.S. (1956). *Taxonomy of education objactives: The classification of education goals*. New York: David McKay.

Bourne, L.E., Bruce, R.E and Roger, L.D. (1971). *The Psychology of Thinking*. New Jersey: Prentice - Hall.

Brooks, J. G.; & Brooks, M. G. (1993). *The Case for Constructivist Classrooms*. Alexandria, VA: ASCD. Retrieved September 1, 2016, from www.tc.pbs.org/teacherline/courses/.../inst335_brooks.pdf

Chen, G. (2012). *The Rising Popularity of STEM: A Crossroads in Public Education or a Passing Trend?*.Retrieved November 20, 2015 from www.publicschoolreview.com/articles/408

Chonkaew, P., Sukhummek, B., &Faikhamta, C. (2016). Development of analytical thinking ability and attitudes towards science learning of grade-11 students through science

Prince of Songkla University Pattani Campus

technology engineering and mathematics (STEM education) in the study of stoichiometry. *Chemistry Education Research and Practice*, DOI: 10.1039/c6rp00074f.

Dewey, J. (1929). *Experience and Nature.* Calcutta: Oxford Book.

_____. (1976). *Moral Principle in Education*. Boston: Houghton Mifflin Co.

Eysenck, H.J., Arnoid W. and Meili, R. (1972). *Encyclopedia of Psychology*. New York: The Seabury Press.

Fosnot, C.T. (1996). *Constructivism: Theory, Perspectives, and Practice*. New York: Teacher College Press.

Gore, J. (2001). *Pedagogy Rediscoverred?.* Retrieved September 1, 2016, from http://www.cirriculumsupport.education.nsw.gov.au/secondary/hsie/assets/professlearning/pedagogy.htm

Gagne, R.M. (1970). *The Condition of Learning*. New York : Holt, Rinchart and Winston.

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

Good, C. V. (1973). *Dictionary of Education*. New York : McGraw - Hill Book Company.

Herboldsheimer, R., & Gordon, P. (2013). *Curriculum Development Course at a Glance Planning For STEM*. Sample Curriculum – Posted: February 15, 2013

Herschbach, D.R. (2011). *The STEM Initiative: Constraints and Challenges*. Journal of STEM Teacher Education. 48(1). Retrieved November 22, 2015, from http://scholar.lib.vt.edu/ejournals/JSTE/v48n1/herschbach.html

James, W. (1975). *Pragmatism*. Cambridge: Harvard University.

Klem, A. M., & Connell, J.P.(2004). Relationships matter: Linking teacher support to studentengagement and achievement. *Journal of School Health*, 74(7), 262-273.

Klopfer, L.E. (1971). *"Evaluation of Learning in Science", Handbook on Formative and Summative Evaluation of Student Learning*. New York: McGraw - Hill Book Company , 574 - 580.

Prince of Songkla University Pattani Campus

Lantz, H.B. (2009). *Science, Tecnology, Engineering, and Mathematics (STEM) Education What Form? What Function?.* Retried November 25, 2015 from www.currtechintegration.com/pdf/STEMEducationArticle

Lefrancois, G. R. (1985). *Psychology for Teaching*. 6th.ed. California: Wads Worth Publishing Conpany.

Mehalik, M. M., Doppelt, Y. &Schunn, C. D. (2005). *Addressing performance of a design-based,systems approach for teaching science in eighth grade, National Association of Research in Science Teaching* (NARST), Dallas, TX.

Meyrick, K.M.(2012). *How STEM education improves student learning*. Meridian, 14(1). Retrieved from http: //www.ced.ncsu.edu/meridian/index.php/meridian/article/viewFile/6/

Mitts, C. R. (2016).why STEM?. *Technology & Engineering Teacher*, 75(6), 30-35.

Piaget, J. (1985). *The Equilibration of Cognitive Structures*. Chicogo, IL: University of Chicago Press.

_____. (1962). *The Origins of Intelligence in Children*. New York. w.w.

Rosenthal, J.A. (2012). Statics and data interpretation for social work. New York: Clearance Center.

Sdorow, L.M. (1993). *Psychology***.** 3rd ed. Iowa: WCB. Brawn's Benchmark Publishers, Inc.

Smith, P.T. (1994). Effect on Student Attitude and Achievement. *Dissertation Abstract International*. 55(7): 2528-2537

Sutherland, P. (1992). *Cognitive Developmet Today: Piaget and His Critics*. London: Paul Chaman.

Tallent, Mary K. (1985). "*The Future Problem Solving Program : An Investigation of Effects on Problem Solving Ability*." Dissertation Abstract international 9.

Tobin, K. (1993). *The Practice of Constructivism in Science Education*. New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates.

Vasquez, J.A., Sneider, C., and Comer, M. (2013). *STEM Lesson Essentials: Integrating Science, Technology, Engineering, and Mathematics*. Portsmouth, NH: Heinemann.

Prince of Songkla University Pattani Campus

Vygostsky, L.S. (1987). *Mind in Society: The Development of Higher Psychology Process.* Cambridge, MA: Harvard University Press.

Weir, J.J. (1974). "*Problem Solving is Every body's Problem"*, The Science Teacher. 4 (April 1974), 16-18

Wells, J. T. (2016). PIRPOSAL model of Integrative STEM education: CONCEPTUAL AND PEDAGOGICAL FRAMEWORK FOR CLASSROOM IMPLEMENTATION. *Technology & Engineering Teacher*, 75(6), 12-19.

Prince of Songkla University
Pattani Campus

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก รายชื่อผู้เชี่ยวชาญตรวจเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

ภาคผนวก ข หนังสือนำส่ง

ภาคผนวก ค เครื่องมือที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้

ภาคผนวก ง เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

ภาคผนวก จ คุณภาพของแบบทดสอบและแบบวัด

ภาคผนวก ฉ ภาพการจัดกิจกรรมการเรียนรู้

Prince of Songkla University Pattani Campus

ภาคผนวก ก
รายชื่อผู้เชี่ยวชาญตรวจเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

Prince of Songkla University
Pattani Campus

รายชื่อผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

รายชื่อผู้เชี่ยวชาญตรวจเครื่องมือวิจัยเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย เรื่อง ผลของการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี ความสามารถในการแก้ปัญหา และความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6

แผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวิคสะเต็มศึกษา เรื่อง ไฟฟ้าเคมีแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาแบบวัดความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ แบบบันทึกภาคสนาม และแบบสัมภาษผู้เรียน

1. ผศ.ประยูร ดำรงรักษ์	อาจารย์ประจำภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา
2. คุณครูณัฐธีวรรณ ลิมป์ไตรรัตน์	ครู ค.ศ. 4 กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โรงเรียนเทศบาล 5 อ.เมือง จ.ยะลา
3. ดร.สุบฮาน สาและ	อาจารย์ประจำคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี
4. ดร.ฮาซัน ดอปอ	อาจารย์ประจำภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา
5. ดร.มัฮดี แวดราแม	อาจารย์ประจำคณะศึกษาศาสตร์ มหาวิยาลัย สงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี
6. อาจารย์อาอีเซาะส์ เบ็ญหาวัน	อาจารย์ประจำภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา
7. อาจารย์ภราดร วารีศรี	อาจารย์ประจำกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โรงเรียนสาธิตอิสลาม มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี

Prince of Songkla University Pattani Campus

แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่องไฟฟ้าเคมี

1. ผศ.ประยูร ดำรงรักษ์	อาจารย์ประจำภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา
2. ดร.สุบฮาน สาและ	อาจารย์ประจำคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี
3. ดร.ฮาซัน ดอปอ	อาจารย์ประจำภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา
4. ดร.มัฮดี แวดราแม	อาจารย์ประจำคณะศึกษาศาสตร์ มหาวิยาลัย สงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี
5. อาจารย์อาอีเซาะส์ เบ็ญหาวัน	อาจารย์ประจำภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา

Prince of Songkla University
Pattani Campus

ภาคผนวก ข
หนังสือนำส่ง

Prince of Songkla University
Pattani Campus

สำเนาคู่ฉบับ

ที่ ศธ ๐๕๒๑.๒.๐๗๐๓/ว๐๒๖

ภาควิชาการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี
ต.รูสะมิแล อ.เมือง จ.ปัตตานี ๙๔๐๐๐

๒๐ เมษายน ๒๕๖๐

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือวิจัย

เรียน คุณครูณัฐธีวรรณ ลิมป์ไตรรัตน์

สิ่งที่ส่งมาด้วย ๑. เครื่องมือวิจัย จำนวน ๓ ชุด

ด้วยนายเกรียงศักดิ์ วิเชียรสร้าง นักศึกษาปริญญาโท สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน ภาควิชาการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี กำลังทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง “ผลของการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี ความสามารถในการแก้ปัญหา และความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๖” โดยมี ดร. ณัฐินี โมพันธุ์ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก และ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. อาฟีฟี ลาเต๊ะ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

ในการนี้ ภาควิชาการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีคุณสมบัติเหมาะสม มีความรู้ความสามารถในเรื่องนี้เป็นอย่างดี จึงขอความอนุเคราะห์ท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือวิจัยตลอดทั้งให้ข้อเสนอแนะอื่นๆ เพื่อเป็นข้อมูลสำหรับผู้วิจัยในการปรับปรุงคุณภาพเครื่องมือเพื่อการวิจัยต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาให้ความอนุเคราะห์ด้วย และขอขอบพระคุณมา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(นายธีระยุทธ รัชชะ)
รักษาการในตำแหน่งหัวหน้าภาควิชาการศึกษา

ภาควิชาการศึกษา
โทร. ๐๗๓-๓๓๗๓๘๒
โทรสาร ๐๗๓-๓๓๗๓๘๒

สำเนาคู่ฉบับ

ที่ ศธ ๐๕๒๑.๒.๐๗๐๓/ว๐๒๖

ภาควิชาการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี
ต.รูสะมิแล อ.เมือง จ.ปัตตานี ๙๔๐๐๐

๒๐ เมษายน ๒๕๖๐

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือวิจัย

เรียน อาจารย์อาอีเซาะส์ เบ็ญหาวัน

สิ่งที่ส่งมาด้วย ๑. เครื่องมือวิจัย จำนวน ๔ ชุด

ด้วยนายเกรียงศักดิ์ วิเชียรสร้าง นักศึกษาปริญญาโท สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน ภาควิชาการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี กำลังทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง “ผลของการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี ความสามารถในการแก้ปัญหา และความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๖” โดยมี ดร. ณัฐินี โมพันธุ์ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก และ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. อาฟีฟี ลาเต๊ะ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

ในการนี้ ภาควิชาการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีคุณสมบัติเหมาะสม มีความรู้ความสามารถในเรื่องนี้เป็นอย่างดี จึงขอความอนุเคราะห์ท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือวิจัยตลอดทั้งให้ข้อเสนอแนะอื่นๆ เพื่อเป็นข้อมูลสำหรับผู้วิจัยในการปรับปรุงคุณภาพเครื่องมือเพื่อการวิจัยต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาให้ความอนุเคราะห์ด้วย และขอขอบพระคุณมา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(นายธีระยุทธ รัชชะ)
รักษาการในตำแหน่งหัวหน้าภาควิชาการศึกษา

ภาควิชาการศึกษา
โทร. ๐๗๓-๓๓๗๓๘๒
โทรสาร ๐๗๓-๓๓๗๓๘๒

สำเนาคู่ฉบับ

ที่ ศธ ๐๕๒๑.๒.๐๗๐๓/ว๐๒๖

ภาควิชาการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี
ต.รูสะมิแล อ.เมือง จ.ปัตตานี ๙๔๐๐๐

๒๐ เมษายน ๒๕๖๐

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือวิจัย

เรียน ดร. ฮาซัน ดอปอ

สิ่งที่ส่งมาด้วย ๑. เครื่องมือวิจัย จำนวน ๔ ชุด

ด้วยนายเกรียงศักดิ์ วิเชียรสร้าง นักศึกษาปริญญาโท สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน ภาควิชาการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี กำลังทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง “ผลของการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี ความสามารถในการแก้ปัญหา และความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๖” โดยมี ดร. ณัฐนี โมพันธุ์ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก และ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. อาฟีฟี ลาเต๊ะ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

ในการนี้ ภาควิชาการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีคุณสมบัติเหมาะสม มีความรู้ความสามารถในเรื่องนี้เป็นอย่างดี จึงขอความอนุเคราะห์ท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือวิจัยตลอดทั้งให้ข้อเสนอแนะอื่นๆ เพื่อเป็นข้อมูลสำหรับผู้วิจัยในการปรับปรุงคุณภาพเครื่องมือเพื่อการวิจัยต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาให้ความอนุเคราะห์ด้วย และขอขอบพระคุณมา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(นายธีระยุทธ รัชชะ)
รักษาการในตำแหน่งหัวหน้าภาควิชาการศึกษา

ภาควิชาการศึกษา
โทร. ๐๗๓-๓๓๗๓๘๒
โทรสาร ๐๗๓-๓๓๗๓๘๒

สำเนาคู่ฉบับ

ที่ ศธ ๐๕๒๑.๒.๐๗๐๓/ว๐๒๖

ภาควิชาการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี
ต.รูสะมิแล อ.เมือง จ.ปัตตานี ๙๔๐๐๐

๒๐ เมษายน ๒๕๖๐

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือวิจัย

เรียน ผู้ช่วยศาสตราจารย์ประยูร ดำรงรักษ์

สิ่งที่ส่งมาด้วย ๑. เครื่องมือวิจัย จำนวน ๔ ชุด

ด้วยนายเกรียงศักดิ์ วิเชียรสร้าง นักศึกษาปริญญาโท สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน ภาควิชาการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี กำลังทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง “ผลของการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี ความสามารถในการแก้ปัญหา และความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๖” โดยมี ดร. ณัฐินี โมพันธุ์ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก และ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. อาฟีฟี ลาเต๊ะ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

ในการนี้ ภาควิชาการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีคุณสมบัติเหมาะสม มีความรู้ความสามารถในเรื่องนี้เป็นอย่างดี จึงขอความอนุเคราะห์ท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือวิจัยตลอดทั้งให้ข้อเสนอแนะอื่นๆ เพื่อเป็นข้อมูลสำหรับผู้วิจัยในการปรับปรุงคุณภาพเครื่องมือเพื่อการวิจัยต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาให้ความอนุเคราะห์ด้วย และขอขอบพระคุณมา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(นายธีระยุทธ รัชชะ)
รักษาการในตำแหน่งหัวหน้าภาควิชาการศึกษา

ภาควิชาการศึกษา
โทร. ๐๗๓-๓๓๗๓๘๒
โทรสาร ๐๗๓-๓๓๗๓๘๒

Prince of Songkla University Pattani Campus

สำเนาคู่ฉบับ

บันทึกข้อความ

ส่วนงาน คณะศึกษาศาสตร์ ภาควิชาการศึกษา โทร ๑๖๓๐

ที่ มอ ๒๗๐/ว ๓๓๓ **วันที่** ๒๑ เมษายน ๒๕๖๐

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือวิจัย

เรียน ดร. มัฮดี แวดราแม

ด้วยนายเกรียงศักดิ์ วิเชียรสร้าง นักศึกษาปริญญาโท สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน ภาควิชาการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี กำลังทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง “ผลของการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี ความสามารถในการแก้ปัญหา และความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๖” โดยมี ดร. ณัฐินี โมพันธุ์ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก และ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. อาฟีฟี ลาเต๊ะ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

ในการนี้ ภาควิชาการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีคุณสมบัติเหมาะสม มีความรู้ความสามารถในเรื่องนี้เป็นอย่างดี จึงขอความอนุเคราะห์ท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือวิจัยตลอดทั้งให้ข้อเสนอแนะอื่นๆ เพื่อเป็นข้อมูลสำหรับผู้วิจัยในการปรับปรุงคุณภาพเครื่องมือเพื่อการวิจัยต่อไป รายละเอียดตามเอกสารเครื่องมือที่แนบมาพร้อมนี้

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาให้ความอนุเคราะห์ด้วย จะขอบคุณยิ่ง

(นายธีระยุทธ รัชชะ)
รักษาการในตำแหน่งหัวหน้าภาควิชาการศึกษา

สำเนาคู่ฉบับ

บันทึกข้อความ

ส่วนงาน คณะศึกษาศาสตร์ ภาควิชาการศึกษา โทร ๑๖๓๐

ที่ มอ ๒๗๐/ว ๓๓๓ **วันที่** ๒๐ เมษายน ๒๕๖๐

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือวิจัย

เรียน ดร. สุบฮาน สาและ

ด้วยนายเกรียงศักดิ์ วิเชียรสร้าง นักศึกษาปริญญาโท สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน ภาควิชาการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี กำลังทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง “ผลของการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี ความสามารถในการแก้ปัญหา และความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๖” โดยมี ดร.ณัฐินี โมพันธุ์ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก และ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อาฟีฟี ลาเต๊ะ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

ในการนี้ ภาควิชาการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีคุณสมบัติเหมาะสม มีความรู้ความสามารถในเรื่องนี้เป็นอย่างดี จึงขอความอนุเคราะห์ท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือวิจัยตลอดทั้งให้ข้อเสนอแนะอื่นๆ เพื่อเป็นข้อมูลสำหรับผู้วิจัยในการปรับปรุงคุณภาพเครื่องมือเพื่อการวิจัยต่อไป รายละเอียดตามเอกสารเครื่องมือที่แนบมาพร้อมนี้

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาให้ความอนุเคราะห์ด้วย จะขอบคุณยิ่ง

(นายธีระยุทธ รัชชะ)
รักษาการในตำแหน่งหัวหน้าภาควิชาการศึกษา

สำเนาคู่ฉบับ

บันทึกข้อความ

ส่วนงาน คณะศึกษาศาสตร์ ภาควิชาการศึกษา โทร ๑๖๓๐

ที่ มอ ๒๗๐/ว ๓๓๓ **วันที่** ๒๐ เมษายน ๒๕๖๐

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือวิจัย

เรียน อาจารย์ภาราดร วารีศรี

ด้วยนายเกรียงศักดิ์ วิเชียรสร้าง นักศึกษาปริญญาโท สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน ภาควิชาการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี กำลังทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง “ผลของการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี ความสามารถในการแก้ปัญหา และความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๖” โดยมี ดร. ณัฐินี โมพันธุ์ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก และ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อาฟีฟี ลาเต๊ะ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

ในการนี้ ภาควิชาการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีคุณสมบัติเหมาะสม มีความรู้ความสามารถในเรื่องนี้เป็นอย่างดี จึงขอความอนุเคราะห์ท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือวิจัยตลอดทั้งให้ข้อเสนอแนะอื่นๆ เพื่อเป็นข้อมูลสำหรับผู้วิจัยในการปรับปรุงคุณภาพเครื่องมือเพื่อการวิจัยต่อไป รายละเอียดตามเอกสารเครื่องมือที่แนบมาพร้อมนี้

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาให้ความอนุเคราะห์ด้วย จะขอบคุณยิ่ง

(นายธีระยุทธ รัชชะ)
รักษาการในตำแหน่งหัวหน้าภาควิชาการศึกษา

ภาคผนวก ค
เครื่องมือที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้

Prince of Songkla University
Pattani Campus

ตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา

แผนการจัดการเรียนรู้

หน่วยการเรียนรู้ ไฟฟ้าเคมี เรื่อง ไฟฟ้าเคมี

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ รายวิชา เคมีเพิ่มเติม 4 ว30224 ชั้น ม.6 เวลา24 ชั่วโมง

ครูผู้สอน นายเกรียงศักดิ์ วิเชียรสร้าง โรงเรียนคุระบุรีชัยพัฒนาพิทยาคม

---

1. มาตรฐานการเรียนรู้

สาระที่ 3 สารและสมบัติของสาร

มาตรฐาน ว 3.2 เข้าใจหลักการและธรรมชาติของการเปลี่ยนแปลงสถานะของสาร การเกิดสารละลาย การเกิดปฏิกิริยา มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้และจิตวิทยาศาสตร์ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้ และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

สาระที่ 8 ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

มาตรฐานว 8.1 ใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์และจิตวิทยาศาสตร์ในการสืบเสาะหาความรู้การแก้ปัญหารู้ว่าปรากฏการณ์ทางธรรมชาติที่เกิดขึ้นส่วนใหญ่มีรูปแบบที่แน่นอน สามารถอธิบายและตรวจสอบได้ภายใต้ข้อมูลและเครื่องมือที่มีอยู่ในช่วงเวลานั้น ๆเข้าใจว่าวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีสังคมและสิ่งแวดล้อมมีความเกี่ยวข้องสัมพันธ์กัน

2. ผลการเรียนรู้

2.1 สามารถบอกเลขออกซิเดชันของธาตุได้

2.2 ระบุได้ว่าปฏิกิริยาเคมีที่เกิดขึ้นเป็นปฏิกิริยารีดอกซ์หรือไม่

2.3 อธิบายความหมายของปฏิกิริยาออกซิเดชัน ปฏิกิริยารีดักชัน ปฏิกิริยารีดอกซ์ ตัวรีดิวซ์และตัวออกซิไดส์ ในด้านการถ่ายโอนอิเล็กตรอนและการเปลี่ยนแปลงเลขออกซิเดชันได้

2.4 จัดลำดับความสามารถในการรับอิเล็กตรอนของธาตุหรือไอออนและเปรียบเทียบความสามารถในการเป็นตัวรีดิวซ์หรือตัวออกซิไดส์ได้

2.5 ดุลสมการรีดอกซ์โดยใช้เลขออกซิเดชันและครึ่งปฏิกิริยาได้

2.6 ต่อเซลล์กัลวานิกจากครึ่งเซลล์ที่กำหนดให้ พร้อมบอกขั้วแอโนด ขั้วแคโทด และเขียนสมการแสดงปฏิกิริยาได้

2.7 เขียนแผนภาพเซลล์กัลวานิกได้

2.8 อธิบายวิธีหาค่าศักย์ไฟฟ้ามาตรฐานครึ่งเซลล์ (E^0) โดยการเปรียบเทียบกับครึ่งเซลล์ไฮโดรเจนมาตรฐานได้

2.9 ใช้ค่า E° ของครึ่งเซลล์คำนวณหาค่าศักย์ไฟฟ้าของเซลล์และทำนายการเกิดปฏิกิริยารีดอกซ์ได้

2.10 อธิบายหลักการทำงานของเซลล์กัลวานิก เซลล์ปฐมภูมิ เซลล์ทุติยภูมิและเซลล์อิเล็กโทรไลต์ได้

2.11 อธิบายหลักการทำงานพร้อมเขียนสมการแสดงปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นในถ่านไฟฉาย เซลล์แอลคาไลน์ เซลล์ปรอทเซลล์เงิน เซลล์เชื้อเพลิงไฮโดรเจน-ออกซิเจน เซลล์เชื้อเพลิง โพรเพน-ออกซิเจน เซลล์สะสมไฟฟ้าแบบตะกั่ว เซลล์นิกเกิล-แคดเมียมและเซลล์โซเดียมซัลเฟอร์ได้

2.12 อธิบายหลักการของการแยกสารเคมีด้วยกระแสไฟฟ้าการชุบโลหะด้วยกระแสไฟฟ้าและการทำโลหะให้บริสุทธิ์ พร้อมทั้งเขียนสมการแสดงปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นได้

2.13 อธิบายสาเหตุหรือภาวะที่ทำให้โลหะเกิดการผุกร่อนพร้อมเขียนสมการแสดงปฏิกิริยาได้

2.14 อธิบายวิธีป้องกันการผุกร่อนของโลหะโดยวิธีอะโนไดซ์ การรมดำ วิธีแคโทดิก การเคลือบผิวด้วยพลาสติก สีหรือน้ำมัน การชุบด้วยโลหะได้

2.15 อธิบายหลักการทำงานของแบตเตอรีอิเล็กโทรไลต์แข็ง แบตเตอรี่อากาศ การทำ อิเล็กโทรไดอะลิซิสน้ำทะเลได้

2.16 สามารถบูรณาการความรู้วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์และคณิตศาสตร์ในการแก้ปัญหาในชีวิตประจำวันได้

3. จุดประสงค์การเรียนรู้

3.1 สามารถบอกเลขออกซิเดชันของธาตุได้

3.2 ระบุได้ว่าปฏิกิริยาเคมีที่เกิดขึ้นเป็นปฏิกิริยารีดอกซ์หรือไม่

3.3 อธิบายการถ่ายโอนอิเล็กตรอนระหว่างโลหะกับโลหะไอออนในปฏิกิริยาได้

Prince of Songkla University Pattani Campus

3.4 อธิบายความหมายของปฏิกิริยาออกซิเดชัน ปฏิกิริยารีดักชัน และปฏิกิริยารีดอกซ์ พร้อมทั้งเขียนสมการแสดงปฏิกิริยาได้

3.5 อธิบายความหมายของตัวรีดิวซ์และตัวออกซิไดส์ได้

3.6 เปรียบเทียบความสามารถในการเป็นตัวออกซิไดส์และตัวรีดิวซ์ได้

3.7 ดุลสมการรีดอกซ์โดยใช้เลขออกซิเดชันได้

3.8 ดุลสมการรีดอกซ์โดยใช้ครึ่งปฏิกิริยาได้

3.9 ทำการทดลองเพื่อศึกษาการถ่ายโอนอิเล็กตรอนในเซลล์กัลวานิก การทำงานของเซลล์สะสมไฟฟ้าแบบตะกั่ว เซลล์อิเล็กโทรไลติก การแยกสารละลายด้วยไฟฟ้า การชุบโลหะ การกัดกร่อนของเหล็ก และการป้องกันการกัดกร่อนของเหล็กได้

3.10 อธิบายการเกิดกระแสไฟฟ้าในเซลล์กัลวานิก และบอกได้ว่าขั้วไฟฟ้าใดเป็นขั้วแอโนดหรือขั้วแคโทด รวมทั้งบอกหน้าที่ของสะพานเกลือได้

3.11 เขียนสมการแสดงปฏิกิริยาที่ขั้วแอโนด ขั้วแคโทดและปฏิกิริยารีดอกซ์ได้

3.12 เขียนแผนภาพเซลล์กัลวานิกได้

3.13 อธิบายวิธีการหาค่าศักย์ไฟฟ้ามาตรฐานของครึ่งเซลล์และความหมายของค่าศักย์ไฟฟ้ามาตรฐานของครึ่งเซลล์ได้

3.14 เปรียบเทียบความสามารถในการเป็นตัวออกซิไดส์และตัวรีดิวซ์ของสารจากค่า E^0 ของครึ่งเซลล์ได้

3.15 อธิบายการเกิดปฏิกิริยาเมื่อนำครึ่งเซลล์ที่ทราบค่าศักย์ไฟฟ้ามาตรฐานของครึ่งเซลล์มาต่อกับครึ่งเซลล์ไฮโดรเจนมาตรฐานได้

3.16 ใช้ค่า E^0 ของครึ่งเซลล์คำนวณหาค่าศักย์ไฟฟ้ามาตรฐานของเซลล์ได้

3.17 ทำนายทิศทางของการเกิดปฏิกิริยาโดยพิจารณาจากค่า E^0 ของเซลล์ที่คำนวณได้

3.18 อธิบายความหมายของเซลล์กัลวานิก เซลล์ปฐมภูมิและเซลล์ทุติยภูมิได้

3.19 บอกส่วนประกอบและหลักการทำงานของถ่านไฟฉาย เซลล์แอลคาไลน์ เซลล์ปรอท เซลล์เงิน เซลล์สะสมไฟฟ้าแบบตะกั่ว เซลล์นิเกิล-แคดเมียม เซลล์ลิเทียม-ไอออน พอลิเมอร์ และเซลล์โซเดียมซัลเฟอร์ พร้อมทั้งเขียนสมการแสดงปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นในเซลล์ได้

3.20 อธิบายหลักการแยกสารละลายด้วยกระแสไฟฟ้า การผลิตอลูมิเนียมและแมกนีเซียม การชุบด้วยไฟฟ้าและการทำโลหะให้บริสุทธิ์โดยใช้เซลล์อิเล็กโทรไลติก

3.21 เขียนสมการแสดงปฏิกิริยาการกัดกร่อนของโลหะ และบอกวิธีการป้องกันการกัดกร่อนของโลหะโดยวิธีอะโนไดซ์ รมดำ แคโทดิก และระบบหล่อเย็นแบบปิดได้

Prince of Songkla University Pattani Campus

3.22 อธิบายความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีของเซลล์ไฟฟ้าเคมีเกี่ยวกับหลักการทำงานของแบตเตอรี่อิเล็กโทรไลต์แข็ง แบตเตอรี่อากาศและการทำอิเล็กโทรไดอะลิซิสน้ำทะเลได้

3.23 ทำการทดลอง บันทึกผลการทดลอง แปลความหมายข้อมูลและสรุปผลการทดลองในเรื่องต่อไปนี้ได้

23.1. ปฏิกิริยาระหว่างโลหะกับสารละลายของโลหะไอออน

23.2. การถ่ายโอนอิเล็กตรอนในเซลล์กัลวานิก

23.3. เซลล์สะสมไฟฟ้าแบบตะกั่ว

23.4. การแยกทองแดงไอออน $Cu^{2+}(aq)$ ออกจากสารละลาย $CuSO_4$

23.5. การชุบตะปูเหล็กด้วยสังกะสี

23.6. การป้องกันการกัดกร่อนของเหล็ก

24. นักเรียนมีความสามารถในการแก้ปัญหา และสามารถบูรณาการความรู้วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์และคณิตศาสตร์ในการแก้ปัญหาในชีวิตประจำวันได้

4. สมรรถนะของผู้เรียน

4.1 มีความสามารถในการแก้ปัญหา

4.2 มีความสามารถในการคิด

4.3 มีความสามารถในการสื่อสาร

4.4 มีความสามารถในการใช้ทักษะชีวิต

4.5 ความสามารถในการใช้เทคโนโลยี

5. คุณลักษณะอันพึงประสงค์

5.1 มีความมุ่งมั่นในการเรียนรู้

5.2 มีความใฝ่เรียนรู้

5.3 มีวินัย

5.4 อยู่อย่างพอเพียง

6. สาระสำคัญ

ปฏิกิริยาที่มีการถ่ายโอนอิเล็กตรอนหรือปฏิกิริยาที่อะตอม โมเลกุลหรือไอออนมีการเปลี่ยนแปลงเลขออกซิเดชัน เรียกว่า ปฏิกิริยารีดอกซ์ ปฏิกิริยารีดอกซ์ประกอบด้วยปฏิกิริยาออกซิเดชันและปฏิกิริยารีดักชันซึ่งเกิดขึ้นพร้อมกันเสมอ

Prince of Songkla University Pattani Campus

การดุลสมการรีดอกซ์สามารถดุลได้ 2 วิธี คือ การดุลสมการรีดอกซ์โดยใช้เลขออกซิเดชัน และการดุลสมการรีดอกซ์โดยใช้ครึ่งปฏิกิริยา

เซลล์ไฟฟ้าเคมีจำแนกเป็น 2 ประเภทคือ เซลล์กัลวานิกและเซลล์อิเล็กโทรไลติก หลักการของเซลล์กัลวานิกคือ เมื่อสารในเซลล์เกิดปฏิกิริยาเคมีแล้วทำให้มีกระแสเกิดขึ้น ส่วนหลักการของเซลล์อิเล็กโทรไลติกคือ การใช้กระแสไฟฟ้าไปทำให้สารในเซลล์เกิดปฏิกิริยาเคมี

แผนภาพของครึ่งเซลล์ใช้แสดงส่วนประกอบของครึ่งเซลล์ โดยเขียนขั้วไฟฟ้าที่เป็นโลหะไว้ทางซ้ายตามด้วยไอออนในสารละลาย และใช้เส้นเดี่ยว (|) คั่นระหว่างสารที่มีสถานะต่างกัน ส่วนสารที่มีสถานะเดียวกันคั่นด้วยเครื่องหมายจุลภาค (,) แผนภาพเซลล์กัลวานิกใช้แสดงส่วนประกอบของเซลล์กัลวานิก โดยเขียนครึ่งเซลล์ที่เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน (ขั้วแอโนด) ไว้ทางขวามือ มีเส้นคู่ขนาน (||) แทนสะพานเกลือคั่นระหว่างครึ่งเซลล์ทั้งสอง

เมื่อนำ 2 ครึ่งเซลล์มาต่อกันเป็นเซลล์กัลวานิก ความต่างศักย์ที่วัดได้จากเซลล์คือศักย์ไฟฟ้ามาตรฐานของเซลล์ การหาศักย์ไฟฟ้ามาตรฐานของครึ่งเซลล์ทำได้โดยนำครึ่งเซลล์นั้นที่สภาวะมาตรฐานไปต่อกับครึ่งเซลล์ไฮโดรเจนมาตรฐาน ซึ่งกำหนดให้มีศักย์ไฟฟ้าเป็น 0 โวลต์ ครึ่งเซลล์รีดักชันที่มีค่าศักย์ไฟฟ้ามาตรฐานเป็นบวก ตัวออกซิไดส์ในครึ่งเซลล์นั้นจะชิงอิเล็กตรอนได้ดีกว่าไฮโดรเจนไอออนในครึ่งเซลล์ไฮโดรเจนมาตรฐาน ส่วนครึ่งเซลล์รีดักชันมีค่าศักย์ไฟฟ้ามาตรฐานเป็นลบ ตัวออกซิไดซ์ในครึ่งเซลล์นั้นมีความสามารถในการชิงอิเล็กตรอนได้น้อยกว่าไฮโดรเจนไอออนในครึ่งเซลล์ไฮโดรเจนมาตรฐาน ศักย์ไฟฟ้ามาตรฐานของครึ่งเซลล์สามารถใช้พิจารณาความสามารถในการเป็นตัวออกซิไดส์หรือตัวรีดิวซ์ใช้ทำนายทิศทางการเกิดปฏิกิริยารีดอกซ์ได้เมื่อนำ 2 ครึ่งเซลล์มาต่อกัน

เซลล์กัลวานิกจำแนกได้เป็นเซลล์ปฐมภูมิและเซลล์ทุติยภูมิ เซลล์กัลวานิกที่ใช้งานจนกระแสไฟฟ้าหมดแล้วไม่สามารถประจุไฟได้ใหม่อีกเรียกว่า เซลล์ปฐมภูมิ ส่วนเซลล์กัลวานิกที่ใช้งานจนกระแสไฟฟ้าหมดแล้วและสามารถนำไปประจุไฟใหม่แล้วนำมาใช้ได้อีกเรียกว่าเซลล์ทุติยภูมิ

เซลล์อิเล็กโทรไลติกประกอบด้วยขั้วไฟฟ้า 2 ขั้วจุ่มอยู่ในสารละลายอิเล็กโทรไลต์ เมื่อผ่านไฟฟ้ากระแสตรงเข้าไปในเซลล์ จะมีปฏิกิริยาเกิดขึ้น ขั้วที่เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันเรียกว่าขั้วแอโนด ขั้วที่เกิดปฏิกิริยารีดักชันเรียกว่าขั้วแคโทด การผ่านไฟฟ้ากระแสตรงลงไปในสารละลายอิเล็กโทรไลต์แล้วมีปฏิกิริยาเกิดขึ้นเรียกว่า กระบวนการอิเล็กโทรลิซิสการแยกสารเคมีด้วยกระแสไฟฟ้า การชุบโลหะด้วยกระแสไฟฟ้าและการทำโลหะให้บริสุทธิ์ เป็นกระบวนการที่นำหลักการของเซลล์อิเล็กโทรไลติกมาใช้ประโยชน์

หลักการชุบโลหะด้วยกระแสไฟฟ้าต้องจัดโลหะที่ใช้ชุบเป็นขั้วแอโนด โลหะที่ต้องการชุบเป็นขั้วแคโทด ส่วนสารละลายอิเล็กโทรไลต์ต้องมีไอออนของโลหะชนิดเดียวกับขั้วแอโนด

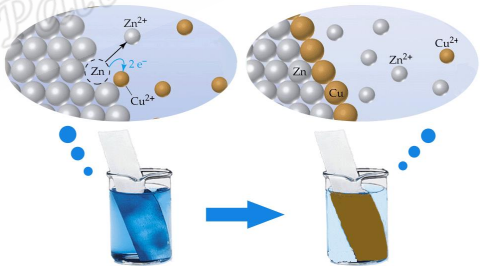
กระบวนการทำโลหะให้บริสุทธิ์ใช้หลักการเดียวกันกับการชุบโลหะด้วยกระแสไฟฟ้า โดยใช้โลหะบริสุทธิ์เป็นขั้วแคโทด โลหะไม่บริสุทธิ์เป็นขั้วแอโนด และสารละลายอิเล็กโทรไลต์ต้อมีไอออนชนิดเดียวกันกับขั้วแอโนด

การกัดกร่อนของโลหะเกิดจากโลหะเสียอิเล็กตรอน สนิมเหล็กเกิดจากเหล็กเสียอิเล็กตรอนให้แก่น้ำและออกซิเจนในอากาศ ดังนั้นการป้องกันการกัดกร่อนของโลหะทำได้โดยการป้องกันไม่ให้โลหะเสียอิเล็กตรอน

แบตเตอรี่อิเล็กโทรไลต์ของแข็ง แบตเตอรี่อากาศและการทำอิเล็กโทรไดอะลิซิสน้ำทะเล จัดเป็นความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีเกี่ยวกับเซลล์ไฟฟ้าเคมี

7. สาระการเรียนรู้

ปฏิกิริยารีดอกซ์ (Redox reaction) คือ ปฏิกิริยาเคมีที่มีการถ่ายโอนอิเล็กตรอนระหว่างสารที่เข้าทำปฏิกิริยากัน



ที่มา http://www.avon-chemistry.com/chem_intro_lecture.html

การดุลสมการรีดอกซ์มีหลักสำคัญ ดังนี้

1. ทำให้เลขออกซิเดชันของธาตุหรือไอออนที่เพิ่มขึ้นเท่ากับเลขออกซิเดชันของธาตุหรือไอออนที่ลดลง

2. ดุลอะตอมอื่นที่เลขออกซิเดชันไม่เปลี่ยนแปลงให้เท่ากัน

Prince of Songkla University Pattani Campus

3. ตรวจสอบจำนวนอะตอมของธาตุและประจุไฟฟ้า ของสารตั้งต้นกับผลิตภัณฑ์ต้องเท่ากัน

การดุลสมการรีดอกซ์มี 2 วิธี คือ การดุลสมการรีดอกซ์โดยใช้เลขออกซิเดชันและการดุลสมการรีดอกซ์โดยใช้ครึ่งปฏิกิริยา

การดุลสมการรีดอกซ์โดยใช้เลขออกซิเดชันทำได้ตามลำดับดังนี้

1. หาเลขออกซิเดชันของธาตุหรือไอออนในปฏิกิริยาเพื่อให้ทราบตัวรีดิวซ์และตัวออกซิไดส์
2. ดุลจำนวนอะตอมและไอออนที่มีเลขออกซิเดชันเปลี่ยนแปลง
3. ทำจำนวนเลขออกซิเดชันที่เพิ่มขึ้นของตัวรีดิวซ์กับเลขออกซิเดชันที่ลดลงของตัวออกซิไดส์ให้เท่ากัน
4. ดุลจำนวนอะตอมที่เลขออกซิเดชันไม่เปลี่ยนแปลง
5. ตรวจสอบจำนวนอะตอมของแต่ละธาตุและผลรวมประจุไฟฟ้าของสารตั้งต้นและผลิตภัณฑ์ให้เท่ากัน

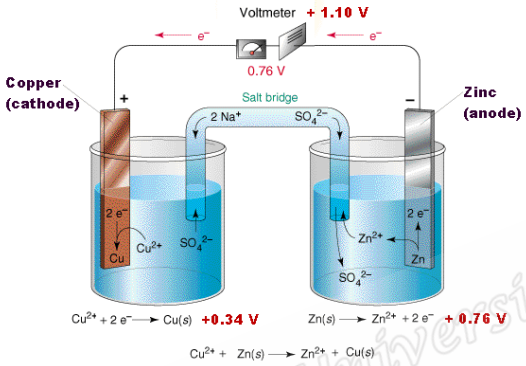
การดุลสมการรีดอกซ์โดยใช้ครึ่งปฏิกิริยา ทำได้ตามลำดับดังนี้

1. พิจารณาโมเลกุล อะตอม หรือไอออนที่ถูกออกซิไดส์(oxidized) และถูกรีดิวซ์ (reduced) จากเลขออกซิเดชัน (oxidation number) ที่เปลี่ยนไป
2. เขียนครึ่งปฏิกิริยาที่เกิดออกซิเดชัน (oxidation) และรีดักชัน (reduction)
3. ทำครึ่งปฏิกิริยาทั้งสองให้สมดุลทั้งจำนวนอะตอมและจำนวนประจุไฟฟ้า โดย
   - ✓ดุลอะตอมที่เปลี่ยนแปลงเลขออกซิเดชัน
   - ✓ดุลอะตอมออกซิเจน(O) และไฮโดรเจน(H) ในสมการโดยที่
     - ➢ ดุล O ด้วย H_2O
     - ➢ ดุล H ด้วย H^+
     - ➢ ถ้าสารละลายเป็นเบสให้เติม OH^- ทั้งสองด้านเพื่อสะเทิน H^+ในปฏิกิริยา(ถ้ามี)
   - ✓ทำจำนวน e^-ที่ให้และรับในสองครึ่งปฏิกิริยาให้เท่ากัน
4. รวมครึ่งปฏิกิริยาทั้งสองที่ดุลแล้วให้เป็นสมการสุทธิของปฏิกิริยารีดอกซ์

Prince of Songkla University Pattani Campus

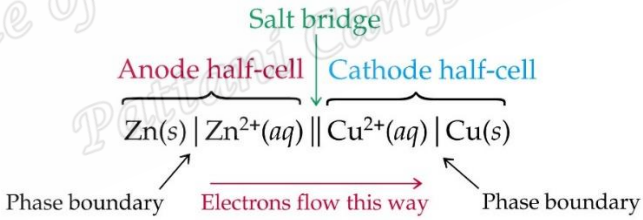
เซลล์ไฟฟ้าเคมีเป็นการศึกษาเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงทางเคมีของสาร โดยมีการเปลี่ยนแปลงทางไฟฟ้าเกิดขึ้นด้วยพร้อมกัน แบ่งได้เป็น 2 ประเภท

1. **เซลล์กัลวานิก (Galvanic cell)** เป็นเซลล์ที่ปฏิกิริยาเคมีทำให้เกิดกระแสไฟฟ้า ซึ่งปฏิกิริยาจะเกิดได้เอง (spontaneous reaction)



ที่มา http://chemwiki.ucdavis.edu/Analytical_Chemistry/Electrochemistry/Electrochemistry_2%3A_Galvanic_cells_and_Electrodes

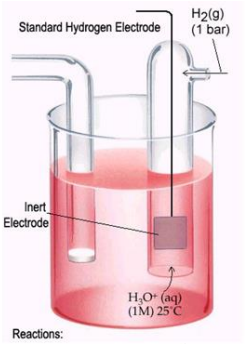
แผนภาพเซลล์กัลวานิกสามารถเขียนได้ดังนี้



ที่มา http://chemwiki.ucdavis.edu/Analytical_Chemistry/Electrochemistry/Voltaic_Cells

ศักย์ไฟฟ้าของเซลล์และศักย์ไฟฟ้ามาตรฐานของครึ่งเซลล์(Cell potential & Standard potential) เราไม่สามารถหาค่าศักย์ไฟฟ้าของครึ่งเซลล์ได้ ดังนั้น การหาค่าศักย์ไฟฟ้าของครึ่งเซลล์ต้องกำหนดว่าจะเปรียบเทียบกับครึ่งเซลล์ใดเพื่อเป็นมาตรฐานเดียวกันจึงกำหนดให้ ครึ่งเซลล์ไฮโดรเจนมาตรฐาน หรือเรียกอีกชื่อหนึ่งว่า ขั้วไฟฟ้าไฮโดรเจนมาตรฐาน(standard hydrogen electrode, SHE) ให้มีศักย์ไฟฟ้ามาตรฐานเท่ากับ0.00 V.

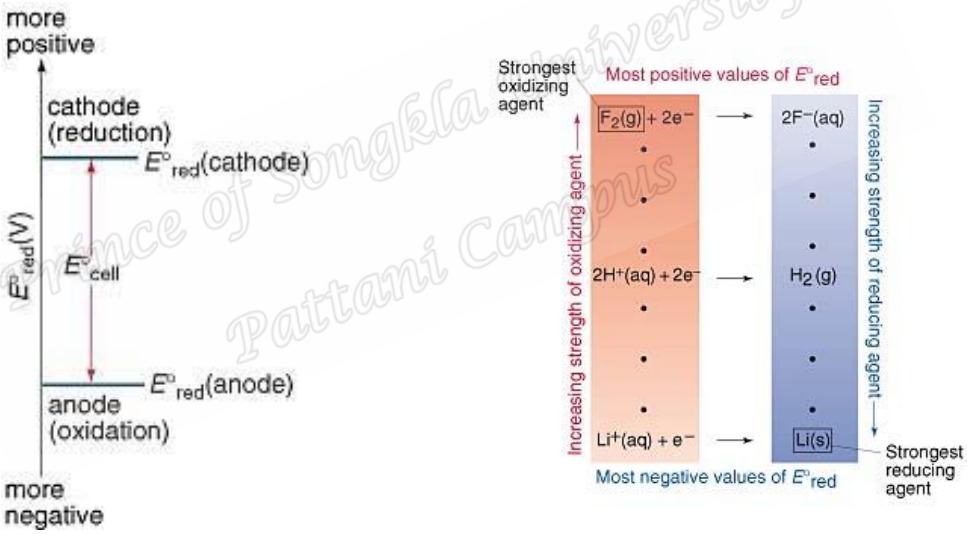
Prince of Songkla University Pattani Campus



Anode : $H_2(g) \rightarrow 2H^+(aq) + 2e^-$

Cathode : $2H^+(aq) + 2e^- \rightarrow H_2(g)$

ที่มาhttp://www.chem.umass.edu/genchem/whelan/class_images/Electrochemistry_SHE.jpg



ที่มา http://wps.prenhall.com/wps/media/objects/3084/3158196/blb2004.htmlที่มาhttp://wps.prenhall.com/wps/media/objects/3084/3158196/blb2004.html

เซลล์กัลวานิกแบ่งเป็น 2 ประเภท ได้แก่

1. เซลล์ปฐมภูมิ เป็นเซลล์ที่เมื่อใช้กระแสไฟฟ้าหมดแล้วจะนำมาประจุไฟใหม่ไม่ได้

2. เซลล์ทุติยภูมิ เป็นเซลล์ที่เมื่อจ่ายไฟจนหมดแล้วหรือเมื่อศักย์ไฟฟ้าต่ำลง สามารถนำมาประจุไฟใหม่ได้อีก

เซลล์กัลวานิก ชนิดเซลล์ปฐมภูมิ

เซลล์ถ่านไฟฉายและเซลล์แอลคาไลน์

	ถ่านไฟฉาย	เซลล์แอลคาไลน์
ก. ส่วนประกอบ		
แอโนด	Zn	Zn
แคโทด	MnO_2	MnO_2
อิเล็กโทรไลต์	NH_4 $ZnCl_2$แป้งเปียก ผงคาร์บอน และน้ำ	KOH
ข. ปฏิกิริยาที่ขั้วแอโนด	$Zn(s) \rightarrow Zn^{2+}(aq) + 2e^-$	$Zn(s)+2OH^-(aq) \rightarrow ZnO(s)+H_2O(l)+2e^-$
ปฏิกิริยาที่ขั้วแคโทด	$2MnO_2(s)+2NH_4^+(aq)+2e^- \rightarrow Mn_2O_3(s)+2NH_3(aq)+H_2O(l)$	$2MnO_2(s)+H_2O(l)+2e^- \rightarrow Mn_2O_3(s)+2OH^-(aq)$
ค. ค่าศักย์ไฟฟ้า	1.5 V.	1.5 V.
ง. อายุการใช้งาน	ให้กระแสไฟยาวนาน	ให้กระแสไฟยาวนานกว่า

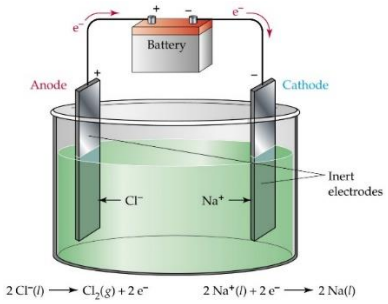
ชนิดของเซลล์	**สารที่ใช้เป็นส่วนประกอบ**			**ปฏิกิริยารวม**
	แอโนด	**แคโทด**	**อิเล็กโทรไลต์**	
1. เซลล์ปรอท	Zn(s)	HgO(s)	KOH	$Zn(s)+HgO(s) \rightarrow ZnO(s)+Hg(l)$
2. เซลล์เงิน	Zn(s)	$Ag_2O(s)$	KOH	$Zn(s)+Ag_2O(s) \rightarrow ZnO(s)+2Ag(s)$
3. เซลล์เชื้อเพลิง ไฮโดรเจน-ออกซิเจน	$H_2(g)$	$O_2(g)$	NaOH หรือ Na_2CO_3	$2H_2(g)+O_2(g) \rightarrow 2H_2O$

Prince of Songkla University Pattani Campus

เซลล์กัลวานิก ชนิดเซลล์ทุติยภูมิ

	เซลล์สะสมไฟฟ้าแบบตะกั่ว	**เซลล์นิกเกิล-แคดเมียม**
1. ขั้วแอโนด	Pb(s)	Cd
2. ขั้วแคโทด	$PbO_2(s)$	$NiO_2(s)$ หรือ NiO(OH)
3. ปฏิกิริยารวม	$Pb(s)+PbO_2(s)+4H^+(aq)+2SO_4^{2-}$ $\rightarrow 2PbSO_4(s)+2H_2O(l)$	$Cd(s)+2NiO(OH)(s)+2H_2O(l)$ $\rightarrow Cd(OH)_2(s)+2Ni(OH)_2(s)$
4. การนำไปใช้ประโยชน์	ใช้กับรถยนต์	ใช้กับโทรศัพท์มือถือ กล้องถ่ายรูป เครื่องเลเซอร์ชนิดไร้สาย
5. ข้อดีและข้อเสีย	ให้อิเล็กตรอนมาก น้ำหนักมาก ขนาดใหญ่ ต้องตรวจระดับน้ำกรดและเติมน้ำกลั่นเพิ่มให้ความเข้มข้นคงที่อยู่เสมอ การประจุไฟยุ่งยากกว่า	ขนาดเล็กประจุไฟง่ายกว่า ไม่ต้องเติมน้ำกลั่น

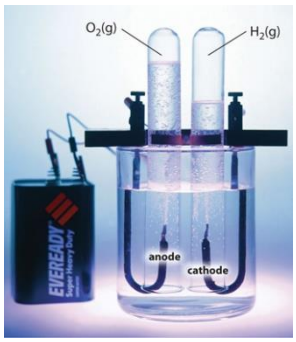
2. **เซลล์อิเล็กโทรไลต์ (Electrolytic cell)** เป็นเซลล์ที่ต้องใช้กระแสไฟฟ้าทำให้เกิดปฏิกิริยาเคมี เนื่องจากปฏิกิริยาที่เกิดเองไม่ได้ (non- spontaneous reaction)



ที่มา http://wps.prenhall.com/wps/media/objects/602/616516/Chapter_18.html

Prince of Songkla University Pattani Campus

เซลล์อิเล็กโทรไลติก (Electrolytic cell)



ที่มาhttp://2012books.lardbucket.org/books/principles-of-general-chemistry-v1.0/s23-07-electrolysis.html

การทำอิเล็กโทรลิซิส น้ำต้องเติม กรด H_2SO_4ลงไปในน้ำด้วยดังนั้น ในสารละลายจึงประกอบด้วย H_2O , H^+และ SO_4^{2-}

ปฏิกิริยาเคมีเกิดขึ้นดังนี้

ขั้วแคโทด:$2H^+(aq)+2e^- \rightarrow H_2(g)$ $E^\circ = 0.00$ V

ขั้วแอโนด: $H_2O(l) \rightarrow 1/2O_2(g) + 2H^+(aq) + 2e^-$ $E^\circ=+1.23$V

ปฏิกิริยารวม: $H_2O(l) \rightarrow H_2(g) + 1/2O_2(g)$

$$E^\circ_{cell} = E^\circ_{cathode} - E^\circ_{anode}$$

$$E^\circ_{cell} = 0.00V-(+1.23V) = -1.23V$$

การแยกสารละลายด้วยกระแสไฟฟ้า

การแยกทองแดงไอออน $Cu^{2+}(aq)$ ออกจากสารละลาย $CuSO_4$ด้วยไฟฟ้า

ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้น

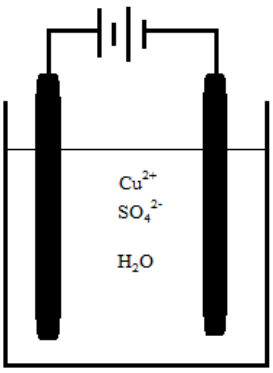
ขั้วแคโทด: $Cu^{2+}(aq) + 2e^- \rightarrow Cu(s)$ $E^\circ=+0.34$ V

ขั้วแอโนด: $H_2O(l) \rightarrow 1/2O_2(g) + 2H^+(aq) + 2e^-$ $E^\circ=+1.23$ V

ปฏิกิริยารวม: $Cu^{2+}(aq) + H_2O(l) \rightarrow Cu(s) + 1/2O_2(g) + 2H^+(aq)$

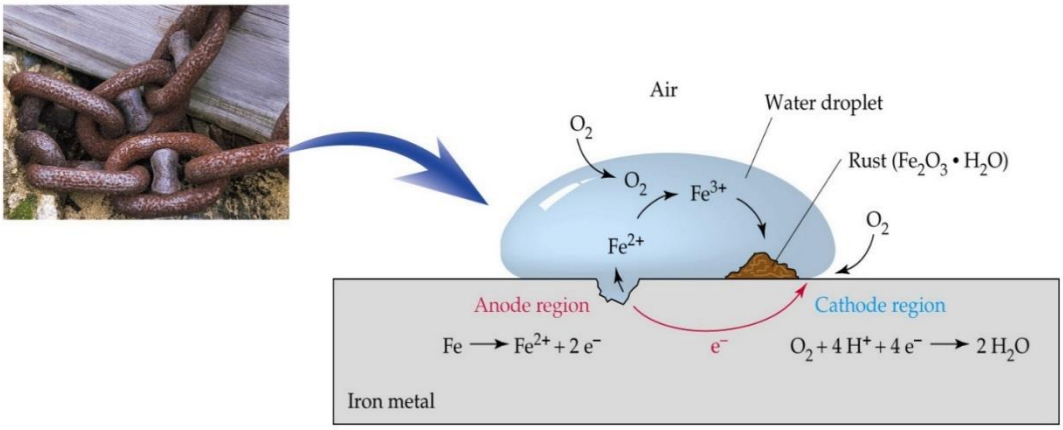
$$E^\circ_{cell} = E^\circ_{cathode} - E^\circ_{anode}$$

$$E^\circ_{cell} = 0.34V - 1.23V = -0.89V$$



Prince of Songkla University Pattani Campus

การกัดกร่อนของโลหะและการป้องกัน



ที่มา http://wps.prenhall.com/wps/media/objects/602/616516/Chapter_18.html

โลหะในธรรมชาติเกิดการกัดกร่อนหรือเกิดสนิมมีสาเหตุหลายประการ ตัวอย่างหนึ่งเกิดจากผิวโลหะสัมผัสกับน้ำและแก๊สออกซิเจน สำหรับการเกิดสนิมเหล็กนั้นอธิบายได้ว่าบริเวณที่ผิวเหล็กสัมผัสกับน้ำจะมีการให้และรับอิเล็กตรอน โดยอะตอมของเหล็กจะเกิดปฏิกิริยา

วิธีที่เหมาะสมสำหรับการป้องกันการกัดกร่อนของโลหะ

1. เคลือบผิวของโลหะด้วยน้ำมัน ทาสีหรือเคลือบด้วยพลาสติก

2. การชุบเคลือบผิวโลหะด้วยโลหะ เช่น Ni, Cu, Sn, Ag, Cr

3 .การจุ่มโลหะที่ต้องการชุบลงในโลหะที่ร้อนจนหลอมเหลว เช่น Zn

4. ทำให้โลหะมีภาวะเป็นแคโทด โดยพันโลหะที่ไม่ต้องการให้เกิดสนิม ด้วยโลหะที่มีศักย์ไฟฟ้าต่ำกว่าวิธีนี้เรียกว่า วิธีแคโทดิก

5. การทาผิวโลหะด้วยสารยับยั้งการผุกร่อน เช่น เกลือโครเมต($FeCrO_4$) เกลือบิวทิวลามีนซึ่งอยู่ในรูปของ $(CuHg)_3NH^+$

6. การอะโนไดส์

7. การรมดำ

Prince of Songkla University Pattani Campus

8. การบูรณาการสะเต็มศึกษา

วิทยาศาสตร์ (S)	เทคโนโลยี (T)	วิศวกรรมศาสตร์ (E)	คณิตศาสตร์ (M)
1.ปฏิกิริยารีดอกซ์ 2.ศักย์ไฟฟ้าของเซลล์และศักย์ไฟฟ้าของครึ่งเซลล์ 3.การกัดกร่อนของโลหะ	1. เซลล์กัลวานิก 2. เซลล์อิเล็กโทรไลติก 3. การชุบโลหะด้วยไฟฟ้า 4.ใช้เครื่องมือทางวิทยาศาสตร์ 5.การใช้เทคโนโลยีในการนำเสนอหรือสืบค้นข้อมูล	1. กระบวนการออกแบบและพัฒนาเซลล์กัลวานิก 2. กระบวนการออกแบบและพัฒนาเซลล์อิเล็กโทรไลติก 3. กระบวนการทำโลหะให้บริสุทธิ์ 4. กระบวนการป้องกันการผุกร่อนของโลหะ 5. กระบวนการออกแบบและพัฒนานวัตกรรมเพื่อการแก้ปัญหา	1.ลำดับความสามารถในการเป็นตัวออกซิไดส์หรือตัวรีดิวซ์ 2.การดุลสมการรีดอกซ์โดยใช้เลขออกซิเดชันและดุลโดยใช้ครึ่งปฏิกิริยา 3.เขียนแผนภาพเซลล์ 4.คำนวณหาค่าศักย์ไฟฟ้าของเซลล์

9. กระบวนการจัดการเรียนรู้

ขั้นที่ (เวลา)	กิจกรรมการเรียนรู้	ภาระงาน/ชิ้นงาน
1. เชื่อมโยงและระบุปัญหาในชีวิตจริง (1 ชั่วโมง)	1. ครูชี้แจงจุดประสงค์ ข้อตกลง และทำความเข้าใจเกี่ยวกับวิธีการเรียนโดยใช้การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา 2. แบ่งนักเรียนเป็นกลุ่ม ๆ ละ 5 คน โดยคละความสามารถ 3. ให้นักเรียนร่วมกันทำกิจกรรมเตรียมความพร้อมก่อนลงพื้นที่ทัศนศึกษา 4. ครูแนะนำแหล่งเรียนรู้ที่จะพานักเรียนไปทัศนศึกษา ซึ่งได้แก่ ท่าเทียบเรือประมงพาณิชย์ และท่าเทียบเรือประมงพื้นบ้านท่าสุเหร่า อำเภอคุระบุรี จังหวัดพังงา 5. ครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มระดมความคิด แล้วเสนอข้อควรปฏิบัติและสิ่งที่ไม่ควรปฏิบัติขณะทัศนศึกษา 6. ครูให้นักเรียนระดมความคิด แล้วเสนอสิ่งที่นักเรียนอาจจะได้	นำเสนอข้อควรปฏิบัติ สิ่งที่ไม่ควรปฏิบัติ และสิ่งที่นักเรียนอาจพบเจอและคำถามที่นักเรียนเตรียมล่วงหน้า

Prince of Songkla University Pattani Campus

ขั้นที่ (เวลา)	กิจกรรมการเรียนรู้	ภาระงาน/ ชิ้นงาน
	พบเจอ พร้อมกับเสนอคำถามที่นักเรียนอยากรู้ 7. นักเรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอหน้าชั้นเรียน เกี่ยวกับข้อควรปฏิบัติ สิ่งที่ไม่ควรปฏิบัติ สิ่งที่นักเรียนอาจพบเจอ และคำถามที่นักเรียนเตรียมล่วงหน้า โดยใช้เวลากลุ่มละไม่เกิน 5 นาที 8. ครูและนักเรียนร่วมกันสรุปในสิ่งที่นักเรียนนำเสนอ เพื่อเตรียมความพร้อมก่อนออกไปทัศนศึกษา 9. ครูพานักเรียนไปทัศนศึกษาแหล่งเรียนรู้ในชุมชน 2 แห่ง คือ ท่าเทียบเรือประมงพาณิชย์อำเภอคุระบุรี และท่าเทียบเรือประมงพื้นบ้านท่าสุเหร่าอำเภอคุระบุรี จังหวัดพังงา (ใช้เวลาในการทัศนศึกษา ช่วงวันหยุด) 10. ครูนำนักเรียนร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับอำเภอคุระบุรี เกี่ยวกับสภาพภูมิอากาศ การประกอบอาชีพ และแหล่งท่องเที่ยวของอำเภอคุระบุรีจังหวัดพังงา 11. ให้นักเรียนนำเสนอข้อมูลความรู้ที่นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันทัศนศึกษา หน้าชั้นเรียน พร้อมกับระบุปัญหาหรือข้อสงสัยที่นักเรียนสนใจ 14. ครูและนักเรียนร่วมกันสรุปปัญหาหรือสิ่งที่นักเรียนสนใจเพื่อนำไปสู่การระบุสิ่งที่จำเป็นต้องเรียนรู้เพื่อแก้ปัญหา	
2. ระบุสิ่งที่จำเป็นต้องเรียนรู้เพื่อแก้ปัญหา (ใช้เวลา 1 ชั่วโมง)	1. ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันวิเคราะห์ปัญหาที่สรุปได้แล้วระบุสิ่งที่จำเป็นต้องเรียนรู้ 2. ครูและนักเรียนร่วมกันกำหนดเรื่องที่จำเป็นต้องเรียนรู้ ซึ่งนักเรียนควรสรุปเรื่องที่จำเป็นต้องเรียนรู้ ดังนี้ 2.1. แหล่งกำเนิดไฟฟ้า 2.2. การป้องกันการผุกร่อนของโลหะ	

Prince of Songkla University Pattani Campus

ขั้นที่ (เวลา)	กิจกรรมการเรียนรู้	ภาระงาน/ ชิ้นงาน
3. รวบรวมข้อมูลแนวคิดที่เกี่ยวข้องและสะท้อนความเข้าใจ (ใช้เวลา 15 ชั่วโมง)	**ปฏิกิริยารีดอกซ์** (ใช้เวลา 4 ชั่วโมง) 1. ครูและนักเรียนร่วมกันทบทวนความหมายและวิธีการหาเลขออกซิเดชัน 2. ให้นักเรียนหาเลขออกซิเดชันของธาตุในสารประกอบต่าง ๆ 3. ครูยกตัวอย่างสมการเคมีที่มีการเปลี่ยนแปลงเลขออกซิเดชันและไม่เปลี่ยนแปลงเลขออกซิเดชัน แล้วให้นักเรียนหาเลขออกซิเดชันของธาตุหรือไอออนในปฏิกิริยา 4. ครูและนักเรียนร่วมกันสรุปเลขออกซิเดชัน และสมการเคมีที่มีการเปลี่ยนแปลงเลขออกซิเดชัน 5. ให้นักเรียนร่วมกันศึกษาเรื่องปฏิกิริยารีดอกซ์จากหนังสือเรียน 6. ให้นักเรียนร่วมกันวางแผนการทดลองและออกแบบการทดลองลงในแบบปฏิบัติการไฟฟ้าเคมี การทดลองที่ 1 ปฏิกิริยาระหว่างโลหะกับสารละลายของโลหะไอออน 7. ครูและนักเรียนร่วมกันสรุปวิธีการทดลอง 8. ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มทำการทดลองพร้อมบันทึกผลการทดลองในแบบปฏิบัติการไฟฟ้าเคมี การทดลองที่ 1 9. ครูให้นักเรียนร่วมกันอภิปรายตามแนวคำถามต่อไปนี้ ✓ ก่อนจุ่มแผ่นโลหะในสารละลายมีไอออนของโลหะชนิดใดละลายอยู่ ✓ โลหะกับไอออนของโลหะในสารละลายคู่ใดที่มีปฏิกิริยาเคมีเกิดขึ้น และทราบได้อย่างไร ✓ โลหะกับไอออนของโลหะคู่ที่เกิดปฏิกิริยา เลขออกซิเดชันของสารมีการเปลี่ยนแปลงอย่างไร 10. ครูและนักเรียนอภิปรายร่วมกันตามรายละเอียดจากหนังสือเรียนเรื่อง ปฏิกิริยารีดอกซ์เพื่อให้นักเรียนได้ความรู้เพิ่มเติม ดังนี้ ➢ ปฏิกิริยาที่ให้อิเล็กตรอนเรียกว่า ปฏิกิริยาออกซิเดชัน ส่วนปฏิกิริยาที่รับอิเล็กตรอนเรียกว่า ปฏิกิริยารีดักชัน	**แบบฝึกหัด 1** การหาเลขออกซิเดชัน **การทดลองที่ 1** ปฏิกิริยาระหว่างโลหะกับสารละลายของโลหะไอออน

Prince of Songkla University Pattani Campus

ขั้นที่ (เวลา)	กิจกรรมการเรียนรู้	ภาระงาน/ชิ้นงาน
	➢ ปฏิกิริยาออกซิเดชันและปฏิกิริยารีดักชันต่างก็เป็นครึ่งปฏิกิริยา เมื่อรวมปฏิกิริยาทั้งสองเข้าด้วยกันจะได้ปฏิกิริยาที่เรียกว่า ปฏิกิริยารีดอกซ์ ➢ สารที่ให้อิเล็กตรอนกับสารอื่นแล้วมีเลขออกซิเดชันเพิ่มขึ้นเรียกว่า ตัวรีดิวซ์ ส่วนสารที่รับอิเล็กตรอนจากการสารอื่นแล้วมีเลขออกซิเดชันลดลงเรียกว่า ตัวออกซิไดส์ 11. ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายต่อไปเกี่ยวกับการทดลองจุ่ม Cu ลงในสารละลาย Zn^{2+} แล้วไม่เกิดปฏิกิริยา แสดงว่าความสามารถในการให้อิเล็กตรอน ของ Cu น้อยกว่า Zn แต่ Cu^{2+} จะรับอิเล็กตรอนได้ดีกว่า Zn^{2+} เพื่อนำไปสู่การจัดลำดับความสามารถในการให้และรับอิเล็กตรอนของโลหะและโลหะไอออน 12. ครูนำอภิปรายเพื่อทบทวนความรู้ความเข้าใจเรื่องการดุลสมการเคมีอย่างง่าย วิธีการตรวจสอบว่าปฏิกิริยาที่กำหนดให้ดุลหรือไม่ แล้วอภิปรายโดยยกตัวอย่างเกี่ยวกับการดุลสมการรีดอกซ์ ซึ่งต้องดุลจำนวนอิเล็กตรอนที่มีการถ่ายโอนหรือประจุไฟฟ้าในปฏิกิริยา และดุลจำนวนอะตอม ดังนั้นสมการรีดอกซ์ที่ดุลแล้วจะมีจำนวนอะตอมและประจุไฟฟ้าของสารตั้งต้นและผลิตภัณฑ์เท่ากัน 13. ให้นักเรียนร่วมกันศึกษาการดุลสมการรีดอกซ์จากหนังสือเรียน 14. ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มระดมความคิดเพื่อทำความเข้าใจการดุลสมการรีดอกซ์ 15. ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอการดุลสมการรีดอกซ์หน้าชั้นเรียน พร้อมยกตัวอย่าง โดยใช้วิธีดุลโดยใช้เลขออกซิเดชัน 1 ข้อ และ วิธีดุลโดยใช้ครึ่งปฏิกิริยา 1 ข้อ 16. ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายสรุปการดุลสมการรีดอกซ์ 17. ให้นักเรียนทำแบบฝึกหัดที่ 3 การดุลสมการรีดอกซ์	**แบบฝึกหัดที่ 3** การดุลสมการรีดอกซ์

Prince of Songkla University Pattani Campus

ขั้นที่ (เวลา)	กิจกรรมการเรียนรู้	ภาระงาน/ ชิ้นงาน
	เซลล์กัลป์วานิก (4 ชั่วโมง) 1. ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายทบทวนการทดลองเรื่อง ปฏิกิริยาระหว่างโลหะกับสารละลายของโลหะไอออนจนได้ข้อสรุปเกี่ยวกับความหมายของครึ่งเซลล์และการเขียนสัญลักษณ์ของครึ่งเซลล์ 2. ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันศึกษาเซลล์กัลวานิกจากหนังสือเรียน 3. ให้นักเรียนร่วมกันวางแผนและออกแบบวิธีการทดลองลงในแบบปฏิบัติการไฟฟ้าเคมี การทดลองที่ 2 การถ่ายโอนอิเล็กตรอนในเซลล์กัลวานิก 3. ครูและนักเรียนร่วมกันสรุปวิธีการทดลอง 4. ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มทำการทดลอง บันทึกผลและอภิปรายลงในแบบปฏิบัติการไฟฟ้าเคมี การทดลองที่ 2 ตามแนวคำถามดังนี้ ✓ เมื่อต่อวงจรไฟฟ้าระหว่างครึ่งเซลล์แต่ละคู่ มีการถ่ายโอนอิเล็กตรอนหรือไม่ และทราบได้อย่างไร ✓ ครึ่งเซลล์ที่นำมาต่อกันแต่ละคู่นั้น ครึ่งเซลล์ใดเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน ครึ่งเซลล์ใดเกิดปฏิกิริยารีดักชัน และที่ขั้วไฟฟ้าหรือสารละลายมีการเปลี่ยนแปลงหรือไม่อย่างไร ✓ สะพานเกลือทำหน้าที่อย่างไร 5.ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายต่อไปเกี่ยวกับส่วนประกอบและการเรียกชื่อขั้วไฟฟ้าของเซลล์กัลวานิก เพื่อให้ได้ข้อสรุปว่า ขั้วไฟฟ้าของเซลล์ที่เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันเรียกว่า แอโนด ส่วนขั้วไฟฟ้าของเซลล์ที่เกิดปฏิกิริยารีดักชัน เรียกว่า แคโทด แล้วให้นักเรียนเขียนปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นในเซลล์กัลวานิก และจัดลำดับความสามารถในการให้และรับอิเล็กรอนของโลหะและโลหะไอออน ซึ่งควรจัดได้ดังนี้	**การทดลองที่ 2** การถ่ายโอนอิเล็กตรอนในเซลล์กัลวานิก

Prince of Songkla University Pattani Campus

ขั้นที่ (เวลา)	กิจกรรมการเรียนรู้	ภาระงาน/ชิ้นงาน

รับอิเล็กตรอน		ให้อิเล็กตรอน	
ง่าย	$Cu^{2+}(aq)$	Cu(s)	ยาก
	$Fe^{2+}(aq)$	Fe(s)	
	$Zn^{2+}(aq)$	Zn(s)	
ยาก	$Mg^{2+}(aq)$	Mg(s)	ง่าย

6. ครูและนักเรียนเรียนร่วมกันอภิปรายสรุปผลการทดลอง

การเขียนแผนภาพเซลล์กัลวานิก

1. ครูและนักเรียนร่วมกันทบทวนการต่อเซลล์กัลวานิก ระหว่างครึ่งเซลล์ $Zn|Zn^{2+}(aq)$ กับครึ่งเซลล์ $Cu(s)|Cu^{2+}(aq)$ ในการทดลองเรื่อง **ปฏิกิริยาระหว่างโลหะกับสารละลายของโลหะไอออน** รวมทั้งทิศทางการเบนของเข็มของโวลต์มิเตอร์ แล้วนำมาอภิปรายเกี่ยวกับการเขียนแผนภาพเซลล์กัลวานิก
2. ให้นักเรียนฝึกเขียนแผนภาพเซลล์กัลวานิกจากปฏิกิริยาที่กำหนดให้ดังนี้
   - $Zn(s) + Cu^{2+}(aq) \rightarrow Zn^{2+}(aq) + Cu(s)$
   - $Mg(s) + Zn^{2+}(aq) \rightarrow Mg^{2+}(aq) + Zn(s)$
   - $Fe(s) + Cu^{2+}(aq) \rightarrow Fe^{2+}(aq) + Cu(s)$
   - $Zn(s) + Fe^{2+}(aq) \rightarrow Zn^{2+}(aq) + Fe(s)$
   - $Mg(s) + Fe^{2+}(aq) \rightarrow Mg^{2+}(aq) + Fe(s)$
3. ให้นักเรียนฝึกเขียนปฏิกิริยาที่ขั้วแอโนด แคโทด และปฏิกิริยาของเซลล์กัลวานิกจากตัวอย่างแผนภาพเซลล์กัลวานิกที่กำหนดให้ ดังนี้
   - $Zn(s)|Zn^{2+}(aq, 1\ mol/dm^3)||Cu^{2+}(aq, 1\ mol/dm^3)|Cu(s)$
   - $Mg(s)|Mg^{2+}(aq, 1\ mol/dm^3)||Fe^{3+}(aq, 1\ mol/dm^3), Fe^{2+}(aq, 1\ mol/dm^3)|Pt(s)$
   - $Zn(s)|Zn^{2+}(aq, 1\ mol/dm^3)||H^{+}(aq, 1\ mol/dm^3)|H^{2}(g, 1\ atm)|Pt(s)$

Prince of Songkla University Pattani Campus

ขั้นที่ (เวลา)	กิจกรรมการเรียนรู้	ภาระงาน/ ชิ้นงาน
	4. ให้นักเรียนร่วมกันสรุปการเขียนแผนภาพเซลล์กัลวานิกและสมการไอออนิก จากนั้นให้นักเรียนทำแบบฝึกหัดที่4 แผนภาพเซลล์กัลวานิก 5. ครูให้นักเรียนตอบคำถาม “จากการทดลองศักย์ไฟฟ้าที่วัดได้เป็นศักย์ไฟฟ้าของเซลล์ใช่หรือไม่ และเราสามารถคำนวณหาศักย์ไฟฟ้าของครึ่งเซลล์ได้หรือไม่ อย่างไร” 6. ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มระดมความคิดแล้วตอบคำถาม 7. ให้นักเรียนศึกษาศักย์ไฟฟ้าของเซลล์และศักย์ไฟฟ้าของครึ่งเซลล์จากหนังสือเรียนพร้อมตารางค่าศักย์ไฟฟ้ามาตรฐานของครึ่งเซลล์รีดักชัน 8. ครูให้ภาพเซลล์กัลวานิกตัวอย่างให้นักเรียนร่วมกันอธิบายพร้อมกับคำนวณหาค่าความต่างศักย์ของเซลล์กัลวานิกที่กำหนดให้ 9. ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันสร้างเซลล์กัลวานิกที่สนใจพร้อมกับคำนวณค่าความต่างศักย์ของเซลล์ 10. นักเรียนอธิบายเซลล์กัลวานิกที่สร้างขึ้นอันได้แก่ การเปลี่ยนแปลงของสารเคมีที่เกิดขึ้น การเปลี่ยนแปลงของอิเล็กตรอนที่เกิดขึ้น ปฏิกิริยาเคมีที่เขียนได้ แผนภาพเซลล์ที่เขียนได้ และศักย์ไฟฟ้ามาตรฐานของเซลล์ที่คำนวณได้ 11. ให้นักเรียนทำแบบฝึกหัดที่ 5 ศักย์ไฟฟ้าของเซลล์และศักย์ไฟฟ้ามาตรฐานของครึ่งเซลล์	**แบบฝึกหัดที่4** แผนภาพเซลล์กัลวานิก **แบบฝึกหัดที่ 5** ศักย์ไฟฟ้าของเซลล์และศักย์ไฟฟ้ามาตรฐานของครึ่งเซลล์
	ประเภทของเซลล์กัลวานิก (2 ชั่วโมง) 1. ให้นักเรียนร่วมกันศึกษาประเภทของเซลล์กัลวานิกจากหนังสือเรียน 2. ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันอภิปรายและสรุปเกี่ยวกับเซลล์กัลวานิกต่าง ๆ ได้แก่ เซลล์ถ่านไฟฉาย เซลล์แอลคาไลน์ เซลล์ปรอท เซลล์เงิน เซลล์เชื้อเพลิง จนได้ข้อสรุป อันได้แก่ ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้น ปฏิกิริยาที่ขั้วต่าง ๆ และความแตกต่างระหว่างเซลล์ เป็นต้น	

Prince of Songkla University Pattani Campus

ขั้นที่ (เวลา)	กิจกรรมการเรียนรู้	ภาระงาน/ชิ้นงาน
	3. ให้นักเรียนร่วมกันศึกษาเซลล์สะสมไฟฟ้าแบบตะกั่ว จากหนังสือเรียน 4. ให้นักเรียนร่วมกันวางแผนการทดลองและออกแบบการทดลองลงในแบบปฏิบัติการไฟฟ้าเคมีการทดลองที่ 3 เซลล์สะสมไฟฟ้าแบบตะกั่ว 5. ครูนำนักเรียนอภิปรายก่อนการทดลอง ดังนี้ ✓ ให้นักเรียนสังเกตการเปลี่ยนแปลงที่แผ่นตะกั่วทั้ง 2 แผ่น และการเบนของเข็มโวลต์มิเตอร์ ✓ เตือนไม่ให้สูดดมแก๊สที่เกิดขึ้นขณะทำการทดลอง เนื่องจากมีไอของกรดและแก๊ส SO_2 ปะปนออกมาด้วย 6. ครูและนักเรียนร่วมกันสรุปวิธีการทดลอง 7. ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มทำการทดลองและบันทึกผลการทดลองลงในแบบปฏิบัติการไฟฟ้าเคมีการทดลองที่ 3 ที่มา: สสวท., 2556: 53 รูปที่ I การจัดอุปกรณ์เพื่อศึกษาเซลล์สะสมไฟฟ้าแบบตะกั่ว 9. ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มอภิปรายผลการทดลองร่วมกันภายในกลุ่ม แล้วนำข้อสรุปมาอภิปรายร่วมกันอีกครั้ง ซึ่งควรได้ข้อสรุป ดังนี้ ✓ เมื่อต่อวงจรตามรูป ก. ครั้งที่ 1 เข็มของโวลต์มิเตอร์ไม่เบน แสดงว่าไม่มีกระแสไหลในวงจร เนื่องจากขั้วไฟฟ้าทั้งสองมีศักย์ไฟฟ้าเท่ากัน เพราะเป็นโลหะชนิดเดียวกันและจุ่มอยู่ในสารละลายเดียวกัน ✓ เมื่อต่อวงจรตามรูป ข. ที่แผ่นตะกั่ว B ซึ่งเป็นแคโทดมีแก๊สไฮโดรเจนเกิดขึ้น เมื่อพิจารณา E^0ของครึ่งเซลล์ H^+	**การทดลองที่ 3** เซลล์สะสมไฟฟ้าแบบตะกั่ว

Prince of Songkla University Pattani Campus

ขั้นที่ (เวลา)	กิจกรรมการเรียนรู้	ภาระงาน/ชิ้นงาน
	พบว่ารับ อิเล็กตรอนได้ดีกว่า H_2O ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นเป็นดังนี้ $2H^+(aq) + 2e^- \rightarrow H_2(g)$ ที่แผ่นตะกั่ว A ซึ่งเป็นแอโนด มีสารสีน้ำตาล คือ PbO_2มาเกาะ เมื่อพิจารณาค่า E^0ของครึ่งเซลล์พบว่า $H_2O(l)$ เป็นตัวรีดิวส์ดีกว่า $SO_4^{2-}(aq)$ จึงเกิดแก๊ส O_2ดังสมการ $H_2O(l) \rightarrow 1/2O_2(g) + 2H^+(aq) + 2e^-$ แก๊สออกซิเจนที่เกิดขึ้นจะทำปฏิกิริยากับตะกั่วเกิดเป็น PbO_2 ✓ เมื่อต่อวงจรรูป ก.อีกครั้ง พบว่าเข็มโวลต์มิเตอร์เบนไป แสดงว่ามีกระแสไหลในวงจร ที่แอโนด (B) มีสารสีขาวเกิดขึ้น คือ $PbSO_4(s)$ ซึ่งเกิดจาก Pb(s) ถูกออกซิไดส์เกิดเป็น $Pb^{2+}(aq)$ แล้วทำปฏิกิริยากับสารละลาย H_2SO_4 ที่แคโทด (A)สีน้ำตาลดำจางลง เพราะว่า $PbO_2(s)$ เป็นตัวออกซิไดซ์เกิด $PbSO_4(s)$ ดังสมการในบทเรียน 10. ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับเซลล์นิกเกิล-แคดเมียม เซลล์ลิเทียม-ไอออน พอลิเมอร์ เซลล์โซเดียม-ซัลเฟอร์ เกี่ยวกับส่วนประกอบ ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นภายในเซลล์และการนำไปใช้ประโยชน์ตามรายละเอียดในบทเรียนจากนั้นให้นักเรียนทำแบบฝึกหัดที่ 6 ประเภทของเซลล์กัลวานิก	**แบบฝึกหัด 6** ประเภทของเซลล์กัลวานิก
	เซลล์อิเล็กโทรไลติก (2ชั่วโมง) 1. ให้นักเรียนศึกษา**เซลล์อิเล็กโทรไลติก**จากหนังสือเรียน 2. ครูนำอภิปรายเกี่ยวกับส่วนประกอบของเซลล์อิเล็กโทรไลต์และการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นในเซลล์ โดยใช้การแยกน้ำด้วยไฟฟ้าและการแยกสารไอออนิกหลอมเหลวด้วยไฟฟ้า ต่อจากนั้นอภิปรายเกี่ยวกับการนำหลักการของเซลล์อิเล็กโทรไลต์มาใช้ประโยชน์ในทางอุตสาหกรรม	

Prince of Songkla University Pattani Campus

ขั้นที่ (เวลา)	กิจกรรมการเรียนรู้	ภาระงาน/ชิ้นงาน
	3. ให้นักเรียนร่วมกันศึกษาการแยกสารละลาย $CuSO_4$ และ KI ด้วยกระแสไฟฟ้าจากหนังสือเรียน 4. ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันระดมความคิดและตั้งสมมติฐานเพื่อทำนายการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นก่อนการทดลองแล้วนำเสนอหน้าชั้นเรียนกลุ่มละ 5 นาที 5. ให้นักเรียนร่วมกันวางแผนและออกแบบการทดลองลงในแบบปฏิบัติการไฟฟ้าเคมีการทดลองที่ 4 การแยกสารละลาย $CuSO_4$ และ KI ด้วยกระแสไฟฟ้า 6. ครูและนักเรียนร่วมกันสรุปวิธีการทดลอง 7. ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มทำการทดลองแล้วอภิปรายผลการทดลองลงในแบบปฏิบัติการไฟฟ้าเคมี การทดลองที่ 4 ตามแนวคำถามดังนี้ ➢ มีการเปลี่ยนแปลงที่ขั้วไฟฟ้าและในสารละลายอย่างไร ➢ เขียนสมการการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นที่ขั้วแอโนดและขั้วแคโทดได้อย่างไร ➢ สารละลายที่เหลือจากการทดลองมีสมบัติอย่างไร เพราะเหตุใด 8. ครูและนักเรียนร่วมกันสรุปผลการทดลองเรื่อง การแยกสารละลาย $CuSO_4$ และ KI ด้วยกระแสไฟฟ้า 9. ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับ การชุบโลหะด้วยไฟฟ้า 10. ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันระดมความคิดเพื่อทำนายการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นก่อนการทดลองแล้วนำเสนอหน้าชั้นเรียนกลุ่มละ 5 นาที 11. ให้นักเรียนร่วมกันวางแผนและออกแบบการทดลองลงในแบบปฏิบัติการไฟฟ้าเคมีการทดลองที่ 5 การชุบตะปูเหล็กด้วยสังกะสี 12. ครูและนักเรียนร่วมกันสรุปวิธีการทดลอง 13. ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มทำการทดลองแล้วอภิปรายผลการทดลอง	**การทดลองที่ 4** การแยกสารละลาย $CuSO_4$ และ KI ด้วยกระแสไฟฟ้า **การทดลองที่ 5**การชุบตะปูเหล็กด้วยสังกะสี

Prince of Songkla University Pattani Campus

ขั้นที่ (เวลา)	กิจกรรมการเรียนรู้	ภาระงาน/ ชิ้นงาน
	ลงในแบบปฏิบัติการไฟฟ้าเคมี การทดลองที่ 5 14. ครูและนักเรียนร่วมกันสรุปผลการทดลองที่ 5 15. ครูนำนักเรียนขยายความรู้เรื่องเซลล์อิเล็กโทรไลติก เพื่อนำไปใช้ประโยชน์ ได้แก่ การทำทองแดงให้บริสุทธิ์ การผลิตอลูมิเนียม และการผลิตแมกนีเซียม 16. ให้นักเรียนทำแบบฝึกหัดที่ 7 เซลล์อิเล็กโทรไลติก	**แบบฝึกหัด 7** เซลล์อิเล็กโทรไลติก
	ป้องกันการผุกร่อนของโลหะ (2 ชั่วโมง) 1. ให้นักเรียนร่วมศึกษาการผุกร่อนของเหล็ก จากหนังสือเรียน 2. ครูนำนักเรียนอธิบายการผุกร่อนของเหล็ก 3. ให้นักเรียนร่วมกันเสนอวิธีการป้องกันการผุกร่อนของเหล็ก 4. ให้นักเรียนร่วมกันศึกษาการป้องกันการกัดกร่อนของเหล็ก จากหนังสือเรียน 5. ให้นักเรียนร่วมกันวางแผนและออกแบบลงในแบบปฏิบัติการไฟฟ้าเคมี การทดลองที่ 6 เรื่องการป้องกันการผุกร่อนของเหล็ก 6. ครูและนักเรียนร่วมกันสรุปวิธีการทดลอง 7. ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มทำการทดลองที่ 6 แล้วทิ้งไว้ 1 คืน 8. เมื่อผ่านไป 1 คืน ให้นักเรียนบันทึกผลการทดลองที่ 6 9. นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันอภิปรายผลการทดลอง 10. ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายสรุปผลการทดลอง ตามแนวคำถามดังนี้ ➢ ภาวะใดบ้างที่ตะปูเหล็กเกิดสนิม และการเกิดสนิมมากน้อยแตกต่างกันอย่างไร ➢ เหตุใดตะปูเหล็กจึงเกิดสนิมได้มากน้อยแตกต่างกัน ➢ ภาวะใดที่ตะปูเหล็กไม่เกิดสนิม เพราะเหตุใด ➢ การป้องกันไม่ให้ตะปูเหล็กเกิดสนิมทำได้อย่างไร ➢ ถ้าใช้ถ่านไฟฉายแค่ 1 ก้อน (1.5 โวลต์) นักเรียนคิดว่าผลการทดลองจะเป็นอย่างไร 11. ให้นักเรียนร่วมกันศึกษาวิธีการป้องกันการผุกร่อนของโลหะ	

Prince of Songkla University Pattani Campus

ขั้นที่ (เวลา)	กิจกรรมการเรียนรู้	ภาระงาน/ ชิ้นงาน
	เพิ่มเติมจากหนังสือเรียน ได้แก่ การป้องกันการผุกร่อนโดยวิธีอะโนไดซ์ การรมดำโลหะเหล็ก และการป้องกันการกัดกร่อนของโลหะในระบบหล่อเย็นแบบปิด 12. ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายสรุปการป้องกันการผุกร่อนโดยวิธีอะโนไดซ์ การรมดำโลหะเหล็ก และการป้องกันการกัดกร่อนของโลหะในระบบหล่อเย็นแบบปิด 13. ให้นักเรียนทำแบบฝึกหัดที่ 8 การกัดกร่อนของโลหะและการป้องกัน	**แบบฝึกหัดที่8** การกัดกร่อนของโลหะและการป้องกัน
	ความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีที่เกี่ยวกับไฟฟ้าเคมี (1ชั่วโมง) 1. ครูให้นักเรียนสืบค้นเทคโนโลยีที่เกี่ยวกับเซลล์ไฟฟ้าเคมี ดังนี้ 1.1 แบตเตอรี่อิเล็กโทรไลต์แข็ง 1.2 แบตเตอรี่อากาศ 1.3 การทำอิเล็กโทรไดอะลิซิสน้ำทะเล 2. ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอเป็น Power Point หน้าชั้นเรียนใช้เวลากลุ่มละ 10 นาที 3. ครูและนักเรียนร่วมกันสรุปความรู้เกี่ยวกับเทคโนโลยีที่เกี่ยวกับเซลล์ไฟฟ้าเคมี	นำเสนอเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับไฟฟ้าเคมี **แบบฝึกหัดท้ายบท** ไฟฟ้าเคมี
4. วางแผนและออกแบบวิธีการแก้ปัญหา (2 ชั่วโมง)	1. ให้นักเรียนร่วมกันวางแผนการดำเนินงาน เช่น กำหนดขั้นตอนการทำงาน การเลือกใช้วัสดุอุปกรณ์ งบประมาณ ระยะเวลา วิธีการเก็บข้อมูล การบันทึกข้อมูล เป็นต้น 2. ครูให้นักเรียนออกแบบชิ้นงานโดยการวาดภาพโมเดลต้นแบบสำหรับการแก้ปัญหา 3. นักเรียนนำเสนอโมเดลต้นแบบพร้อมอธิบายหลักการให้เพื่อน ๆ ฟังหน้าชั้นเรียน 4. ครูคอยสำรวจการทำงานของนักเรียนแต่ละกลุ่มและกระตุ้นด้วยการใช้คำถามให้นักเรียนเกิดแนวคิดในการวางแผนและออกแบบการแก้ปัญหา	นำเสนอภาพโมเดลต้นแบบ

Prince of Songkla University Pattani Campus

ขั้นที่ (เวลา)	กิจกรรมการเรียนรู้	ภาระงาน/ ชิ้นงาน
5. ดำเนินการแก้ปัญหา (2ชั่วโมง)	1. นักเรียนแต่ละกลุ่มดำเนินการสร้างนวัตกรรมที่จะใช้ในการแก้ปัญหาตามแผนที่กำหนดไว้ 2. ครูอำนวยความสะดวก และคอยให้คำแนะนำกับนักเรียน 3. นักเรียนส่งนวัตกรรมที่ทำเสร็จแล้วไว้บนโต๊ะที่ครูจัดเตรียมไว้หน้าชั้นเรียน	
6. ทดสอบประเมินผล และปรับปรุง (1 ชั่วโมง)	1. ครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มสาธิตนวัตกรรมที่สร้างขึ้นหน้าชั้นเรียน 2. ครูเปิดโอกาสให้นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันตั้งคำถาม แสดงความคิดเห็น หรือเสนอแนะเพิ่มเติม เพื่อการปรับปรุงแก้ไขคุณภาพของชิ้นงานที่แต่ละกลุ่มได้สร้างสรรค์ขึ้นมาให้ดีขึ้น 3. นักเรียนแต่ละกลุ่มนำข้อเสนอแนะจากเพื่อน ๆ ต่างกลุ่ม และผลจากการทดสอบมาปรับปรุงแก้ไขชิ้นงานสำหรับต่อยอดความรู้หรือการดำเนินการปรับปรุงชิ้นงาน	สาธิตการใช้นวัตกรรม
7. นำเสนอวิธีการแก้ปัญหาผลการแก้ปัญหาหรือผลการพัฒนานวัตกรรม (1 ชั่วโมง)	1. ครูจัดนิทรรศการเพื่อให้นักเรียนได้นำเสนอชิ้นงานที่สร้างขึ้นและเปิดโอกาสให้เพื่อนต่างกลุ่มเข้ามาชมผลงาน 2. ครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มทำใบกิจกรรม STEM เพื่อสรุปองค์ความรู้ที่ได้จากการดำเนินงานจากนั้นให้แต่ละกลุ่มออกมานำเสนอหน้าชั้นเรียน	นักเรียนนำเสนอนวัตกรรมที่พัฒนาขึ้น ใบกิจกรรม STEM
8. เชื่อมโยงการแก้ปัญหาไปยังสถานการณ์อื่น ๆ (1ชั่วโมง)	1. นักเรียนแต่ละกลุ่มระดมความคิดเพื่อระบุปัญหาในชีวิตประจำวันที่เกี่ยวข้องกับไฟฟ้าเคมีว่ามีอะไรบ้าง 2. ครูและนักเรียนร่วมกันสรุปปัญหาในชีวิตประจำวันที่เกี่ยวกับไฟฟ้าเคมี ซึ่งควรสรุปได้ดังนี้ ✓ นักเรียนจะมีวิธีทำให้น้ำทะเลกลายเป็นน้ำจืดได้อย่างไร ✓ นักเรียนมีวิธีป้องกันไม่ให้แบตเตอรี่เสื่อมได้อย่างไร ✓ ทองแดงไม่บริสุทธิ์จะมี สังกะสี เหล็ก เงิน และทอง เจือ	ใบกิจกรรมการแก้ปัญหาในชีวิตประจำวัน

Prince of Songkla University Pattani Campus

ขั้นที่ (เวลา)	กิจกรรมการเรียนรู้	ภาระงาน/ ชิ้นงาน
	ปนอยู่ นักเรียนจะมีวิธีทำให้ได้ทองแดงบริสุทธิ์ออกมาได้อย่างไร ✓ อำเภอคุระบุรีเป็นอำเภอที่มีฝนตกปริมาณน้ำฝนมาก แต่ชาวบ้านมักจะเลือกใช้หลังคาบ้านเป็นสังกะสีนักเรียนคิดว่าเหมาะสมหรือไม่ เพราะเหตุใด ✓ กรดมักจะทำปฏิกิริยากับโลหะ แล้วทำให้โลหะกลายเป็นไอออนหลุดออกมา นักเรียนคิดว่า ถ้าใช้กระป๋องอะลูมิเนียมบรรจุน้ำอัดลมจะเหมาะสมหรือไม่ ✓ จากที่เรือหลวงพระทองได้ถูกจมลงในน้ำทะเลลึก นักเรียนคิดว่าเป็นการแก้ปัญหาที่ถูกต้องหรือไม่ เพราะเหตุใด 3. นักเรียนร่วมกันนำเสนอวิธีแก้ปัญหา	

Prince of Songkla University Pattani Campus

10. สื่อ อุปกรณ์ และแหล่งเรียนรู้

10.1 วัสดุอุปกรณ์

การทดลองที่ 1 ปฏิกิริยาระหว่างโลหะกับสารละลายของโลหะไอออน			
อุปกรณ์	**กลุ่มละ**	**สารเคมี**	**กลุ่มละ**
1. บีกเกอร์ขนาด 50 cm^3	4 ใบ	1. สารละลาย $CuSO_4$ 1mol/dm^3	50 cm^3
2. กระบอกตวงขนาด 25 cm^3	1 ใบ	2. สารละลาย $ZnSO_4$ 1 mol/dm^3	50 cm^3
3. กระดาษทรายขนาด 3 cm x 3 cm	1 ชิ้น	3. สังกะสีขนาด 0.5 cm x 7 cm	2 ชิ้น
		4. ทองแดงขนาด 0.5 cm x7cm	2 ชิ้น
การทดลองที่ 2 การถ่ายโอนอิเล็กตรอนในเซลล์กัลวานิก			
อุปกรณ์	**กลุ่มละ**	**สารเคมี**	**กลุ่มละ**
1. บีกเกอร์ขนาด 50 cm^3	4 ใบ	1. สารละลาย KNO_3อิ่มตัว	10 cm^3
2. มิเตอร์วัดความต่างศักย์ของขั้วไฟฟ้าชนิดที่มีเลขศูนย์อยู่ตรงกลาง (ไมโครแอมมิเตอร์-โวลต์มิเตอร์)	1 เครื่อง	2. สารละลาย $CuSO_4$ 1.0 mol/dm^3	20 cm^3
		3. สารละลาย $ZnSO_4$ 1.0 mol/dm^3	20 cm^3
		4. สารละลาย $MgSO_4$ 1.0 mol/dm^3	20 cm^3
		5. สารละลาย $FeSO_4$ 1.0 mol/dm^3	20 cm^3
3. กระดาษกรองขนาด 1 cm x 8 cm	5 ชิ้น	6. ทองแดงขนาด 0.5 cm x 5 cm	1 ชิ้น
4. สายไฟฟ้าพร้อมที่เสียบและคลิปปากจระเข้	2 เส้น	7. แมกนีเซียมขนาด 0.5 cm x 5cm	1 ชิ้น
		8. อะลูมิเนียมขนาด 0.5 cm x 5 cm	1 ชิ้น
5. กระดาษทรายขนาด 3 cm x 3 cm	1 ชิ้น	9. เหล็กขนาด 0.5 cm x 5 cm	1 ชิ้น
การทดลองที่ 3 เซลล์สะสมไฟฟ้าแบบตะกั่ว			
อุปกรณ์	กลุ่มละ	**สารเคมี**	กลุ่มละ
1. โวลต์มิเตอร์	1 เครื่อง	1. แผ่นตะกั่วขนาด 1cm x 6 cm	2 แผ่น
2. แบบเตอรี่ขนาด 6 โวลต์ (หรือถ่านไฟฉาย 4 ก้อนพร้อมกระบะถ่าน)	1 ชุด	2. สารละลายกรดซัลฟูริก 0.5 mol/dm^3	30 cm^3
3. สายไฟที่ต่อกับคลิบปากจระเข้	2 เส้น		
4. บีกเกอร์ขนาด 100 cm^3	1 ใบ		

Prince of Songkla University Pattani Campus

การทดลองที่ 4 การแยกสารละลาย $CuSO_4$ และ KI ด้วยกระแสไฟฟ้า			
อุปกรณ์	กลุ่มละ	**สารเคมี**	กลุ่มละ
1. ชุดทดลองแยกสารละลายด้วยไฟฟ้าพร้อมจุกยางที่มีใส้ดินสอเสียบอยู่	1 ชุด	1. สารละลาย $CuSO_4$ 0.5 mol/dm^3	20 cm^3
		2. สารละลาย KI 0.5 mol/dm^3	20 cm^3
		3. ฟีนอล์ทาลีน	5 หยด
2. แบตเตอรี่ 6 โวลต์ (หรือกระบะถ่านพร้อมถ่านไฟฉาย 4 ก้อน)	1 ชุด		
3. สายไฟฟ้าพร้อมคลิปปากจระเข้	2 เส้น		
4. หลอดหยด	1 อัน		
5. ก้านธูป	1 ดอก		
6. ไม้จิ้มไฟ	1 กลัก		
การทดลองที่ 5 การชุบตะปูเหล็กด้วยสังกะสี			
อุปกรณ์	กลุ่มละ	สารเคมี	กลุ่มละ
1. บีกเกอร์ขนาด 100 cm^3	1 ใบ	1. ตะปูเหล็กหรือชิ้นงานเหล็ก	1 ชิ้น
2. แบตเตอรี่ 3 โวลต์	1 ชุด	2. แผ่นสังกะสีขนาด 1 cm x 4 cm	1 ชิ้น
3. สายไฟฟ้าพร้อมคลิปปากจระเข้	2 เส้น	3. สารละลายซิงค์ซัลเฟต 0.1 mol/dm^3	25 cm^3
4. กระดาษทรายขนาด 3 cm x 3 cm	1 ชิ้น	3. สารละลายกรดไฮโดรคลอริก 1.0 mol/dm^3	75 cm^3/ห้อง
5. ปากคีบ	1 อัน		
การทดลองที่ 6 การป้องกันการผุกร่อนของเหล็ก			
อุปกรณ์	**กลุ่มละ**	**สารเคมี**	**กลุ่มละ**
1. บีกเกอร์ขนาด 50 cm^3	7 ใบ	1. ตะปูเหล็กขนาด ยาวประมาณ 1.5 นิ้ว	7 ตัว
2. ลวดตัวนำยาวประมาณ 6 cm	2 เส้น	2. ลวดทองแดงยาวประมาณ 4 cm	1 เส้น
3. หลอดหยด	2 อัน	3. ลวดแมกนีเซียม ยาวประมาณ 4 cm	1 เส้น
4. แบตเตอรี่ 6 โวลต์ (กระบะถ่านไฟฉาย 4 ก้อน)	1 ชุด	4. วาสลีน	1 ช้อน
		5. ฟีนอล์ฟทาลีน	เบอร์ 1
		6. สารละลาย $K_3Fe(CN)_6$	2 cm^3

Prince of Songkla University Pattani Campus

10.2 สื่อ

- แบบฝึกหัดที่ 1-8 และแบบฝึกหัดท้ายบท
- ใบกิจกรรม STEM
- แบบปฏิบัติการไฟฟ้าเคมีการทดลองที่ 1-6
- หนังสือเรียนเคมี 4
- Power Point เรื่องไฟฟ้าเคมี

11. การวัดและประเมินผล

สิ่งที่ต้องประเมิน	รายการประเมิน	เครื่องมือ
ด้านความรู้ (K)	- ใบงาน - ชิ้นงาน - แบบทดสอบหลังเรียน	- แบบประเมินผลการปฏิบัติงาน - แบบประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนและหลังเรียน
ทักษะ (P)	- แบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหา - ปฏิบัติการทดลอง - การนำเสนอข้อมูลและการอภิปราย	- แบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาก่อนเรียน ระหว่างเรียนและหลังเรียน - แบบประเมินผลการปฏิบัติงาน - แบบบันทึกภาคสนาม
คุณลักษณะที่พึงประสงค์ (A)	- มีความมุ่งมั่นในการเรียนรู้ - มีความใฝ่เรียนรู้ - มีวินัย - อยู่อย่างพอเพียง	- แบบประเมินคุณลักษณะ

Prince of Songkla University Pattani Campus

เกณฑ์การประเมิน

1. แบบทดสอบหลังเรียน มีเกณฑ์การประเมินดังนี้

80% ขึ้นไป	หมายถึง	ดีมาก
70-79%	หมายถึง	ดี
60-69%	หมายถึง	ปานกลาง
50-59%	หมายถึง	พอใช้
ต่ำกว่า 50%	หมายถึง	ต้องปรับปรุง

2. แบบประเมินคุณลักษณะ มีเกณฑ์การประเมินดังนี้

3	คะแนน	หมายถึง	ดี
2	คะแนน	หมายถึง	ปานกลาง
1	คะแนน	หมายถึง	ปรับปรุง

3. แบบประเมินผลการปฏิบัติงาน มีเกณฑ์การให้คะแนนดังนี้

18 – 20	คะแนน	หมายถึง ดีมาก
15 – 17	คะแนน	หมายถึง ดี
12 – 14	คะแนน	หมายถึง ปานกลาง
9 – 11	คะแนน	หมายถึง พอใช้
ต่ำกว่า 8	คะแนน	หมายถึง ปรับปรุง

Prince of Songkla University Pattani Campus

แบบประเมินผลการปฏิบัติงาน

รายการประเมิน	คะแนน			
	1	**2**	**3**	**4**
กระบวนการออกแบบ	ไม่มีร่องรอยของการใช้กระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม	มีการใช้กระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมแต่ยังขาดขั้นตอนใดขั้นตอนหนึ่งและขาดการสืบค้นข้อมูลก่อนการออกแบบ	มีการใช้กระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมแต่ขาดการสืบค้นข้อมูลก่อนการออกแบบ	ใช้กระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม และมีการสืบค้นข้อมูลและเชื่อมโยงจากข้อมูลที่สืบค้นได้
ความสำเร็จของงาน	ไม่สามารถทำงานให้สำเร็จ	สามารถทำงานสำเร็จแต่ไม่เป็นตามเงื่อนไขทั้งหมดและใช้เวลาเกินกว่าที่กำหนด	สามารถทำงานสำเร็จแต่ไม่เป็นไปตามเงื่อนไขทั้งหมด โดยใช้เวลาตามที่กำหนด	สามารถทำงานสำเร็จและเป็นไปตามเงื่อนไขทั้งหมด แต่ใช้เวลาเกินกว่าที่กำหนดเล็กน้อย
ประสิทธิภาพของผลงาน	ไม่มีการออกแบบวิธีการทดสอบประสิทธิภาพของผลงาน	มีการออกแบบวิธีการทดสอบประสิทธิภาพของผลงาน แต่ยังไม่ได้ทำการทดสอบ	มีการออกแบบวิธีการทดสอบประสิทธิภาพของผลงาน แต่วิธีการนั้นไม่สามารถทดสอบประสิทธิภาพได้	มีการออกแบบวิธีการทดสอบประสิทธิภาพของผลงาน และสามารถทดสอบประสิทธิภาพได้เหมาะสม
การนำเสนอผลงานและการสื่อสาร	สามารถนำเสนอผลงานได้แต่สื่อสารได้ไม่ดีและขาดความน่าสนใจ	สามารถนำเสนอผลงานได้ แต่ขาดความน่าสนใจหรือขาดปฏิสัมพันธ์กับผู้ฟัง	สามารถนำเสนอผลงานได้อย่างน่าสนใจ สามารถสื่อสารได้ดี แต่ขาดปฏิสัมพันธ์กับผู้ฟัง	สามารถนำเสนอผลงานได้อย่างน่าสนใจ สามารถสื่อสารได้อย่างชัดเจนและมีปฏิสัมพันธ์กับผู้ฟัง

Prince of Songkla University Pattani Campus

รายการประเมิน	คะแนน			
	1	2	3	4
การวางแผนและการทำงานร่วมกัน	ลงมือปฏิบัติโดยไม่ร่วมมือกันในกลุ่ม	ลงมือปฏิบัติโดยไม่มีการวางแผน ระดมความคิดและลงข้อสรุปของกลุ่ม	ไม่มีการวางแผนการทำงานร่วมกัน แต่มีการแบ่งหน้าที่ความรับผิดชอบมีการระดมความคิดและลงข้อสรุปร่วมกัน	มีการประชุมเพื่อการวางแผนการทำงาน แบ่งหน้าที่ความรับผิดชอบและมีการอภิปรายและลงข้อสรุปร่วมกัน

12. บันทึกผลหลังการจัดการเรียนรู้

12.1 ผลการจัดการเรียนรู้

.....

.....

12.2 ปัญหาอุปสรรค

.....

.....

12.3 แนวทางปรับปรุงแก้ไข

.....

.....

ลงชื่อ.....

(นายเกรียงศักดิ์ วิเชียรสร้าง)

Prince of Songkla University Pattani Campus

ใบกิจกรรม STEM

ชื่อชิ้นงาน.....

สมาชิกในกลุ่ม

1. ชื่อ-สกุล..... เลขที่.....
2. ชื่อ-สกุล..... เลขที่.....
3. ชื่อ-สกุล..... เลขที่.....
4. ชื่อ-สกุล..... เลขที่.....
5. ชื่อ-สกุล..... เลขที่.....

1. ปัญหาที่ต้องการแก้ไขคืออะไร

.....

.....

.....

.....

.....

2. นวัตกรรมที่ต้องการสร้างคือ (วาดภาพพร้อมอธิบาย)

Prince of Songkla University Pattani Campus

3. ให้นักเรียนสรุปองค์ความรู้ที่ได้จากการสร้างนวัตกรรม

STEM

Science

Technology

Engineering

Mathamatic

Prince of Songkla University Pattani Campus

ภาคผนวก ง
เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

Prince of Songkla University
Pattani Campus

ตัวอย่างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่องไฟฟ้าเคมี

แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่องไฟฟ้าเคมี

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2560

วิชาเคมี 5 (ว30225) เวลาสอบ 90 นาที คะแนนเต็ม 40 คะแนน

คำชี้แจง ให้นักเรียนทำเครื่องหมายกากบาท (✖) ลงในกระดาษคำตอบให้ตรงกับตัวเลือกที่ถูกต้องที่สุดเพียงตัวเลือกเดียว

---

1. ธาตุที่**ขีดเส้นใต้**ในข้อใดมีเลขออกซิเดชันเท่ากับ +6

ก. $\underline{Zn}SO_4$ ข. $K\underline{Mn}O_4$ ค. $K_2\underline{Cr}_2O_7$ ง. $\underline{Pb}SO_4$

2. เลขออกซิเดชันของกำมะถันในสารที่กำหนดให้ต่อไปนี้ มีค่าเรียงตามลำดับอย่างไร

SO_2 SO_4^{2-} $S_2O_3^{2-}$ $S_4O_6^{2-}$ H_2S S_8

ก. -4, +6, +2, +2, -2, 0 ค. +4, +6, +2, +2.5, +2, 0

ข. +4, +6, +2, +3,- 2, 0 ง. +4, +6, +2, +2.5, -2, 0

3. ปฏิกิริยาใดต่อไปนี้**ไม่เป็น**ปฏิกิริยารีดอกซ์

ข. $2HCl(aq) + Na_2S_2O_3(aq) \rightarrow 2NaCl(aq) + SO_2(g) + H_2O(l) + CO_2(g)$

ข. $Pb(NO_3)_2 + 2KI \rightarrow PbI_2 + 2KNO_3$

ค. $N_2H_4 + O_2 \rightarrow N_2 + 2H_2O$

ง. $Cu + 2Ag^+ \rightarrow Cu^{2+} + 2Ag$

4. จงพิจารณาปฏิกิริยาต่อไปนี้

(1) $4HN_3(g) + 5O_2(g) \rightarrow 4NO(g) + 6H_2O(g)$

(2) $N_2(g) + 3H_2(g) \rightarrow 2NH_3(g)$

(3) $Cd(s) + NiO_2(s) + 2H_2O(l) \rightarrow Cd(OH)_2(s) + Ni(OH)_2(s)$

(4) $FeS(s) + 2HCl(aq) \rightarrow FeCl_2(aq) + H_2S(g)$

ปฏิกิริยาใดจัดเป็นปฏิกิริยารีดอกซ์

ก. (1) และ (2) ค. (1), (2) และ (3)

ข. (1) และ (3) ง. (1), (3) และ (4)

Prince of Songkla University Pattani Campus

5. จากผลการทดลองต่อไปนี้

ระบบที่ทดลอง	การเปลี่ยนแปลงที่สังเกตได้	
	ชิ้นโลหะ	สารละลาย
Zn ใน $CuSO_4$	มีสีน้ำตาลแดงเกาะบนสังกะสี ส่วนที่จุ่มอยู่ในสารละลาย เมื่อเขี่ยสารสีน้ำตาลแดงออก พบว่าผิวสังกะสีมีลักษณะขรุขระ	สารละลายสีฟ้าจางลงเมื่อตั้งไว้เป็นเวลานานขึ้น สารละลายจะมีสีจางมาก หรือในที่สุดจะไม่มีสี
Cu ใน $CuSO_4$	ไม่เห็นการเปลี่ยนแปลง	ไม่เห็นการเปลี่ยนแปลง
Zn ใน ZnO_4	ไม่เห็นการเปลี่ยนแปลง	ไม่เห็นการเปลี่ยนแปลง
Cu ใน $ZnSO_4$	ไม่เห็นการเปลี่ยนแปลง	ไม่เห็นการเปลี่ยนแปลง

จากข้อความต่อไปนี้

(1)ปฏิกิริยารีดอกซ์ที่เกิดขึ้นคือ $Cu(s) + Zn^{2+}(aq) \rightarrow Cu^{2+}(aq) + Zn(s)$

(2) ตัวรีดิวซ์ คือ Zn และตัวออกซิไดส์ คือ Cu^{2+}

(3) อิเล็กตรอนถ่ายโอนจาก Cu(s) ไปยัง Zn^{2+}

ข้อใดกล่าวถูกต้อง

ก. (1) เท่านั้น

ข. (2) เท่านั้น

ค. (1) และ (2)

ง. (2) และ (3)

6. ข้อใดต่อไปนี้เขียนปฏิกิริยารีดอกซ์และปฏิกิริยาออกซิเดชันได้สัมพันธ์กัน

	ปฏิกิริยารีดอกซ์	ปฏิกิริยาออกซิเดชัน
ก.	$2Al + 6H^{+} \rightarrow 2Al^{3+} + 3H_2$	$Al \rightarrow Al^{3+} + 3e^{-}$
ข.	$Zn + Cu^{2+} \rightarrow Zn^{2+} + Cu$	$Cu^{2+} + 2e^{-} \rightarrow Cu$
ค.	$Mg + Cl_2 \rightarrow Mg^{2+} + 2Cl^{-}$	$2Cl^{-} \rightarrow Cl_2 + 2e^{-}$
ง.	$Cu + 2Ag^{+} \rightarrow Cu^{2+} + 2Ag$	$Cu^{2+} + 2e^{-} \rightarrow Cu$

7. เมื่อจุ่มโลหะทองแดงลงไปในสารละลาย $AgNO_3$ พบว่ามีโลหะเงินไปเกาะที่แผ่นทองแดงตรงส่วนที่จุ่มอยู่ในสารละลาย เมื่อเคาะโลหะเงินออกพบว่าทองแดงกร่อนไป ข้อใดคือปฏิกิริยารีดอกซ์ที่เกิดขึ้น

ก. $Cu + 2Ag^{+} \rightarrow Cu^{2+} + 2Ag$

ข. $Ag + Cu^{2+} \rightarrow 2Ag^{+} + Cu$

ค. $Cu \rightarrow Cu^{2+} + 2e^{-}$

ง. $Ag \rightarrow Ag^{+} + e^{-}$

Prince of Songkla University Pattani Campus

8. เมื่อใส่โลหะแมกนีเซียมลงไปในสารละลายกรดไฮโดรคลอริก พบว่ามีฟองแก๊สเกิดขึ้นที่ผิวของโลหะแมกนีเซียมและโลหะแมกนีเซียมกร่อนไป ข้อใดคือปฏิกิริยารีดอกซ์ที่เกิดขึ้น

ก. $H_2 \rightarrow 2H^+ + 2e^-$

ข. $Mg^{2+} + H_2 \rightarrow 2H^+ + Mg$

ค. $Mg \rightarrow Mg^{2+} + 2e^-$

ง. $Mg + 2H^+ \rightarrow Mg^{2+} + H_2$

9. กำหนดปฏิกิริยารีดอกซ์ต่อไปนี้

$2Al + 3Sn^{2+} \rightarrow 2Al^{3+} + 3Sn$

สารใดเป็นตัวรีดิวซ์และสารใดเป็นตัวออกซิไดส์ตามลำดับ

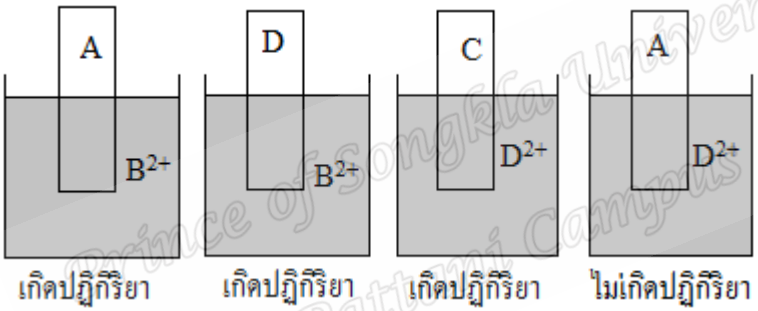
ก. Al และ Sn^{2+}

ข. Sn^{2+}และ Al

ค. Al^{3+}และ Sn

ง. Snและ Al^{3+}

10.



ข้อใดต่อไปนี้เรียงลำดับความสามารถในการเป็นตัวออกซิไดส์จากมากไปน้อยได้ถูกต้อง

ก. $B^{2+} > A^{2+} > C^{2+} > D^{2+}$

ข. $B^{2+} > A^{2+} > D^{2+} > C^{2+}$

ค. $A^{2+} > B^{2+} > D^{2+} > C^{2+}$

ง. $A^{2+} > B^{2+} > C^{2+} > D^{2+}$

Prince of Songkla University Pattani Campus

ตัวอย่างแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหา

แบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาครั้งที่ 1

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2560

วิชาเคมี 5 (ว30225) เวลา 30 นาที คะแนนต์ม10 คะแนน

<u>คำชี้แจง</u> ให้นักเรียนอ่านคำถามและเขียนคำตอบตามความคิดของนักเรียน

---

1. นายยุทธนา มีอาชีพทำปลาจิ้งจั้ง ทุกวันนายยุทธนาต้องต้มปลาจิ้งจั้งก่อนตากให้แห้ง นายยุทธนาต้องเปลี่ยนสังกะสีบริเวณใกล้ปล้องควันไฟบ่อย ๆ เนื่องจากเกิดสนิมและผุกร่อนเร็วกว่าบริเวณอื่น ๆ ถ้านักเรียนเป็นนายยุทธนา นักเรียนจะแก้ปัญหานี้ได้อย่างไร

   1) อะไรคือปัญหาสำคัญ

.....

.....

   2) สาเหตุใดที่ทำให้เกิดปัญหา

.....

.....

   3) จากปัญหาที่เกิดขึ้นควรใช้วิธีแก้ไขอย่างไร

.....

.....

.....

.....

.....

.....

   4) เมื่อนักเรียนได้ทำตามขั้นตอนดังกล่าวแล้ว ผลที่เกิดขึ้นจะเป็นอย่างไร

.....

.....

.....

.....

Prince of Songkla University Pattani Campus

2. อำเภอคุระบุรี เป็นอำเภอที่มีอาณาเขตทางทะเลติดกับประเทศเมียนมา อำเภอคุระบุรีจึงมีเรือรบหลวงพระทองคอยลาดตระเวนดูแลน่านน้ำอำเภอ คุระบุรี เมื่อเวลาผ่านไปเรือหลวงพระทองซึ่งสร้างมาจากเหล็กก็เสื่อมโทรมลงจึงต้องทำการปลดระวาง หลังปลดระวางเรือหลวงพระทองก็เกิดสนิมและผุกร่อนเสื่อมโทรมลงไปเรื่อย ๆ นายอำเภอจึงให้นักเรียนโรงเรียนคุระบุรีชัยพัฒนาพิทยาคมร่วมกันระดมความคิดเพื่อแก้ปัญหาและสร้างประโยชน์จากเรือรบหลวงพระทองนี้ นักเรียนจะแก้ปัญหานี้อย่างไร

1) อะไรคือปัญหาสำคัญ

.....

.....

2) สาเหตุใดที่ทำให้เกิดปัญหา

.....

.....

3) จากปัญหาที่เกิดขึ้นควรใช้วิธีแก้ไขอย่างไร

.....

.....

.....

.....

.....

.....

4) เมื่อนักเรียนได้ทำตามขั้นตอนดังกล่าวแล้ว ผลที่เกิดขึ้นจะเป็นอย่างไร

.....

.....

.....

.....

Prince of Songkla University Pattani Campus

แบบวัดความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา จำนวน 20 ข้อ

<u>คำชี้แจง</u> แบบวัดความพึงพอใจ

1. โปรดเติมเครื่องหมาย ✓ ให้ตรงกับระดับความพึงพอใจ

ระดับความพึงพอใจ

5 = **พึงพอใจมากที่สุด** 4 = **พึงพอใจมาก** 3 = **พึงพอใจปานกลาง**

2 = **พึงพอใจน้อย** 1 = **พึงพอใจน้อยที่สุด**

ข้อคำถาม	ระดับความพึงพอใจ				
	5	4	3	2	1
1. ฉันชอบที่จะ ค้นคว้า แสวงหาความรู้ด้วยตนเอง					
2. ฉันชอบที่จะซักถาม แสดงความคิดเห็น และร่วมกันตอบคำถาม ขณะเรียน					
3. ฉันชอบที่จะวิเคราะห์ปัญหาและแสวงหาคำตอบที่จะศึกษาตามความสนใจ					
4. ฉันชอบที่จะอภิปรายแลกเปลี่ยนความรู้ระหว่างผู้เรียน ผู้สอน และผู้เชี่ยวชาญเฉพาะเรื่อง					
5. ฉันชอบที่จะวางแผนค้นคว้าหาคำตอบด้วยตนเอง					
6. ฉันชอบที่จะช่วยเหลือซึ่งกันและกันในการทำงานกลุ่ม และมีส่วนร่วมในการนำเสนอ					
7. ฉันมีอิสระในการแสดงความคิดเห็นและรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น					
8. ฉันชอบที่จะเรียนรู้โดยเริ่มจากปัญหาใกล้ตัวที่เกี่ยวข้องกับสังคมในท้องถิ่น					
9. ฉันชอบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้มุ่งส่งเสริมให้ฉันได้ฝึกทักษะการแก้ปัญหา					
10.ฉันได้ฝึกทักษะการคิดวิเคราะห์ และชอบการแก้ปัญหา					
11.ฉันชอบการแจ้งผลการเรียนและความก้าวหน้าให้ทราบเป็นระยะ ๆ					
12. ฉันชอบการวัดและประเมินผลผู้เรียนด้วยวิธีการที่หลากหลาย					
13. ฉันชอบการให้คะแนนจากการปฏิบัติจริงของผู้เรียนเป็นส่วนหนึ่งของการประเมินผล					
14. ฉันเข้าใจเนื้อหาเชิงลึกและครอบคลุมมากขึ้น					
15.ฉันได้คิดค้นและสร้างสรรค์ผลงานด้วยตนเอง					
16. ฉันชอบการเรียนรู้ที่ทำให้ฉันเกิดการบูรณาการความรู้วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์					
17. ฉันชอบที่จะนำความรู้วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ มาเชื่อมโยงสัมพันธ์กับเนื้อหา					
18. ฉันนำความรู้วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ไปใช้ในชีวิตประจำวันได้					
19. ฉันคิดว่าความรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ ไปแก้ปัญหาสังคม และพัฒนาประเทศชาติได้					
20. ฉันคิดว่าวิทยาศาสตร์เป็นสิ่งที่มีคุณค่าในการดำรงชีวิต					

ภาคผนวก จ

คุณภาพของแบบทดสอบและแบบวัด

Prince of Songkla University
Pattani Campus

ตาราง 20 ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) แผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา

รายการประเมิน	ผู้เชี่ยวชาญคนที่							IOC	ระดับความเหมาะสม
	1	2	3	4	5	6	7		
1.เป้าหมายการเรียนรู้									
1.1 สอดคล้องกับสาระสำคัญ	4	4	5	4	5	5	5	4.57	มากที่สุด
1.2 สอดคล้องกับเนื้อหา	5	4	5	4	5	5	5	4.71	มากที่สุด
1.3 สอดคล้องกับการวัดและประเมินผล	5	4	5	4	4	5	5	4.57	มากที่สุด
2.สมรรถนะสำคัญ									
2.1 เหมาะสมกับผู้เรียน	4	4	4	4	5	4	5	4.29	มาก
2.2 สอดคล้องกับหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐานปี พุทธศักราช 2551	4	4	5	5	5	4	5	4.57	มากที่สุด
3.คุณลักษณะอันพึงประสงค์									
3.1 เหมาะสมกับผู้เรียน	5	4	5	5	5	4	5	4.71	มากที่สุด
3.2 สอดคล้องกับหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐานปี พุทธศักราช 2551	5	4	5	5	5	5	5	4.86	มากที่สุด
4.สาระสำคัญ									
4.1 สอดคล้องกับเป้าหมายการเรียนรู้	4	4	5	5	5	4	5	4.57	มากที่สุด
4.2 สอดคล้องกับเนื้อหา	4	4	5	5	5	4	5	4.57	มากที่สุด
5.สาระการเรียนรู้									
5.1 สอดคล้องกับเป้าหมายการเรียนรู้	5	4	5	5	5	5	5	4.86	มากที่สุด
5.2 มีความชัดเจน น่าสนใจ	5	4	5	5	4	5	5	4.71	มากที่สุด
5.3 เนื้อหาถูกต้องครบถ้วน	5	4	5	5	5	5	5	4.86	มากที่สุด
5.4 ภาษาที่ใช้ชัดเจนและเข้าใจง่าย	4	4	5	3	4	4	5	4.14	มาก
5.5 เวลาเรียนมีความเหมาะสมกับเนื้อหา	4	4	4	4	5	4	5	4.29	มาก
6.การบูรณาการสะเต็มศึกษา									
6.1 มีการบูรณาการวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์	5	4	5	5	5	5	5	4.86	มากที่สุด
7.กระบวนการจัดการเรียนรู้									
7.1 สอดคล้องกับผลการเรียนรู้	5	4	5	5	5	5	5	4.86	มากที่สุด

Prince of Songkla University Pattani Campus

รายการประเมิน	ผู้เชี่ยวชาญคนที่							IOC	ระดับความเหมาะสม
	1	2	3	4	5	6	7		
7.2 ถูกต้องตามหลักวิชาการ	5	4	5	5	5	5	5	4.86	มากที่สุด
7.3 มีขั้นตอนเหมาะสม	5	4	5	4	4	4	5	4.43	มาก
7.4 กิจกรรมสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	5	4	5	5	4	5	5	4.71	มากที่สุด
7.5 กิจกรรมการเรียนรู้เป็นไปตามลำดับขั้นตอน	5	4	5	4	4	4	5	4.43	มาก
7.6 ระยะเวลาแต่ละขั้นตอนเหมาะสม	5	4	4	4	4	4	5	4.29	มาก
7.7 มีการบูรณาการวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์	5	4	5	4	5	5	5	4.71	มากที่สุด
8. สื่อ อุปกรณ์ และแหล่งเรียนรู้									
8.1 สอดคล้องกับสาระการเรียนรู้และจุดประสงค์	5	4	5	4	5	5	5	4.71	มากที่สุด
8.2 สอดคล้องกับขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้	5	4	5	5	5	5	5	4.86	มากที่สุด
8.3 ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการใช้สื่อ	5	4	5	5	5	5	5	4.86	มากที่สุด
8.4 เหมาะสมกับวัยและวุฒิภาวะของผู้เรียน	5	4	4	5	5	4	5	4.57	มากที่สุด
9. การวัดและการประเมินผล									
9.1 สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	5	4	5	4	5	4	5	4.57	มากที่สุด
9.2 สอดคล้องกับสาระการเรียนรู้	5	4	5	4	5	5	5	4.71	มากที่สุด
9.3 วัดได้ครอบคลุมจุดประสงค์การเรียนรู้	5	4	5	5	5	4	5	4.71	มากที่สุด
9.4 มีเกณฑ์การประเมินที่ชัดเจน	5	4	5	4	4	4	5	4.43	มาก
9.5 เหมาะสมกับวัยและวุฒิภาวะของผู้เรียน	5	4	4	4	5	4	5	4.43	มาก

Prince of Songkla University Pattani Campus

ตาราง 21 ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่องไฟฟ้าเคมี

ข้อที่	ผู้เชี่ยวชาญคนที่					IOC	ข้อที่	ผู้เชี่ยวชาญคนที่					IOC
	1	2	3	4	5			1	2	3	4	5	
1	+1	+1	+1	+1	+1	1.00	21	+1	+1	+1	+1	+1	1.00
2	+1	+1	+1	+1	+1	1.00	22	-1	+1	+1	+1	+1	1.00
3	+1	+1	+1	+1	+1	1.00	23	+1	+1	+1	+1	+1	1.00
4	+1	+1	+1	+1	+1	1.00	24	+1	+1	+1	0	+1	0.80
5	+1	+1	+1	+1	+1	1.00	25	+1	+1	+1	+1	+1	1.00
6	+1	+1	+1	+1	+1	1.00	26	+1	+1	+1	+1	+1	1.00
7	+1	+1	+1	+1	0	0.80	27	+1	+1	+1	+1	+1	1.00
8	+1	+1	+1	+1	0	0.80	28	+1	+1	+1	+1	+1	1.00
9	+1	+1	+1	+1	+1	1.00	29	+1	+1	+1	+1	0	0.80
10	+1	+1	+1	+1	+1	1.00	30	+1	+1	+1	+1	0	0.80
11	+1	+1	+1	+1	+1	1.00	31	+1	+1	+1	+1	+1	1.00
12	+1	+1	+1	+1	+1	1.00	32	+1	+1	+1	+1	-1	0.60
13	+1	+1	+1	+1	+1	1.00	33	+1	+1	+1	0	+1	0.80
14	+1	+1	+1	+1	+1	1.00	34	+1	+1	+1	+1	+1	1.00
15	+1	+1	+1	+1	+1	1.00	35	+1	+1	+1	+1	+1	1.00
16	+1	+1	+1	+1	+1	1.00	36	+1	+1	+1	+1	+1	1.00
17	+1	+1	+1	+1	+1	1.00	37	+1	+1	+1	+1	+1	1.00
18	+1	+1	0	+1	+1	0.80	38	+1	+1	+1	+1	+1	1.00
19	+1	+1	+1	+1	+1	1.00	39	+1	+1	+1	+1	+1	1.00
20	+1	+1	+1	+1	0	0.80	40	+1	+1	+1	+1	+1	1.00

Prince of Songkla University Pattani Campus

ตาราง 23 ค่าความยากง่าย (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่อง ไฟฟ้าเคมี จำนวน 40 ข้อ

ข้อที่	p	r	ข้อที่	p	r
1	0.71	0.58	**21**	0.58	0.67
2	0.79	0.42	**22**	0.54	0.58
3	0.71	0.58	**23**	0.58	0.33
4	0.75	0.50	**24**	0.79	0.42
5	0.63	0.58	**25**	0.75	0.33
6	0.75	0.50	**26**	0.63	0.42
7	0.71	0.42	**27**	0.71	0.58
8	0.75	0.50	**28**	0.58	0.33
9	0.67	0.50	**29**	0.63	0.58
10	0.50	0.50	**30**	0.71	0.25
11	0.67	0.33	**31**	0.58	0.33
12	0.75	0.33	**32**	0.63	0.42
13	0.71	0.42	**33**	0.63	0.25
14	0.54	0.25	**34**	0.75	0.50
15	0.67	0.33	**35**	0.58	0.50
16	0.79	0.42	**36**	0.79	0.42
17	0.54	0.25	**37**	0.58	0.33
18	0.67	0.50	**38**	0.71	0.25
19	0.58	0.50	**39**	0.58	0.50
20	0.71	0.25	**40**	0.75	0.33

**มีความเชื่อมั่น 0.91

Prince of Songkla University Pattani Campus

ตาราง 24 ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหา

ข้อที่	ผู้เชี่ยวชาญคนที่							IOC
	1	2	3	4	5	6	7	
1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	1.00
2	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	1.00
3	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	1.00
4	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	1.00
5	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	1.00
6	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	1.00
7	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	1.00
8	+1	+1	+1	0	+1	+1	+1	0.86

Prince of Songkla University
Pattani Campus

ตาราง 25 ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC)ของแบบวัดความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา

ข้อที่	ผู้เชี่ยวชาญคนที่							IOC
	1	2	3	4	5	6	7	
1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	1.00
2	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	1.00
3	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	1.00
4	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	1.00
5	0	+1	0	+1	+1	+1	+1	0.71
6	+1	+1	+1	+1	+1	0	+1	0.86
7	-1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	0.71
8	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	1.00
9	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	1.00
10	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	1.00
11	+1	+1	+1	0	+1	0	+1	0.71
12	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	1.00
13	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	1.00
14	+1	+1	+1	0	+1	+1	+1	0.86
15	0	+1	0	+1	+1	+1	+1	0.71
16	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	1.00
17	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	1.00
18	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	1.00
19	+1	0	+1	0	+1	+1	+1	0.71
20	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	1.00

Prince of Songkla University Pattani Campus

Prince of Songkla University
Pattani Campus

ภาคผนวก ฉ

ภาพการจัดกิจกรรมการเรียนรู้

1. เชื่อมโยงและระบุปัญหาในชีวิตจริง

ภาพประกอบ 22 นักเรียนทัศนศึกษา ณ ท่าเทียบเรือ

2. ระบุสิ่งที่จำเป็นต้องเรียนรู้เพื่อแก้ปัญหา

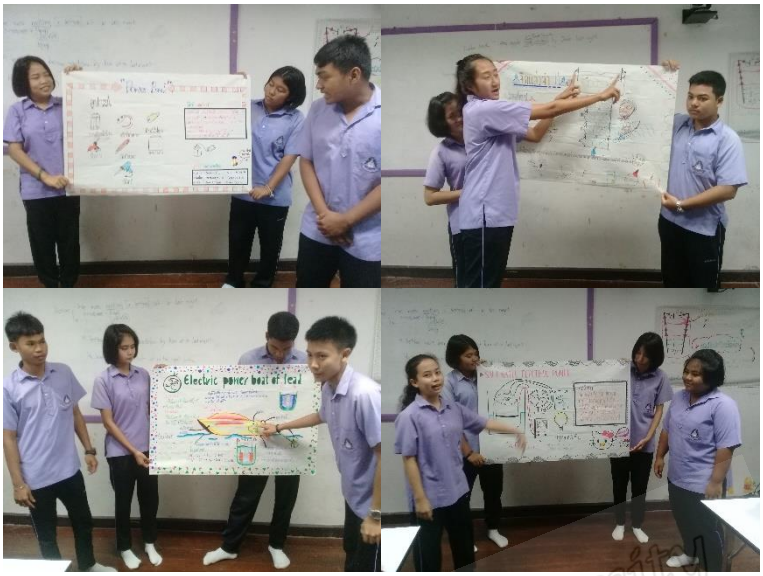
ภาพประกอบ 23 ระบุสิ่งที่จำเป็นต้องเรียนรู้เพื่อแก้ปัญหา

Prince of Songkla University Pattani Campus

3. รวบรวมข้อมูลแนวคิดที่เกี่ยวข้องและสะท้อนความคิดความเข้าใจ

ภาพประกอบ 24 รวบรวมข้อมูลแนวคิดที่เกี่ยวข้องและสะท้อนความคิดความเข้าใจ

4. ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา



ภาพประกอบ 25 ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา

5. วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา

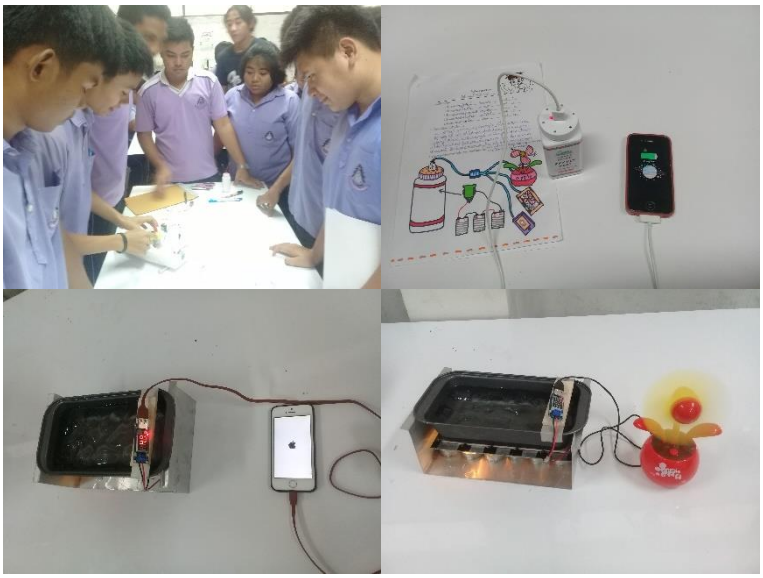
Prince of Songkla University

ภาพประกอบ 26 วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา

6. ทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุง

ภาพประกอบ 27 ทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุง

7. นำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหา



ภาพประกอบ 28 นำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหา

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ สกุล นายเกรียงศักดิ์ วิเชียรสร้าง

รหัสประจำตัวนักศึกษา 5820120602

วุฒิการศึกษา

วุฒิ	ชื่อสถาบัน	ปีที่สำเร็จการศึกษา
วิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาเคมี	มหาวิยาลัยสงขลานครินทร์	2551
ประกาศนียบัตรบัณฑิต สาขาวิชาชีพครู	มหาวิทยาลัยทักษิณ	2552

ทุนการศึกษา

ทุนอุดหนุนงานวิจัยเพื่อทำวิทยานิพนธ์ของมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ประจำปีงบประมาณ 2559

ตำแหน่งและสถานที่ทำงาน

ครู ค.ศ. 1 โรงเรียนคุระบุรีชัยพัฒนาพิทยาคม ตำบลคุระ อำเภอคุระบุรี จังหวัดพังงา 82150

การตีพิมพ์เผยแพร่ผลงาน

เกรียงศักดิ์ วิเชียรสร้าง. (2560). “ผลของการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี ความสามารถในการแก้ปัญหา และความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6” วารสารศึกษาศาสตร์ ปีที่ 29 ฉบับที่ 3 (กันยายน-ธันวาคม 2561)

Prince of Songkla University Pattani Campus