ผลของการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาโดยใช้ปัญหาเป็นฐานที่เน้นกระบวนการคิดอย่างมีวิจารณญาณที่มีต่อสมรรถนะการออกแบบวิธีการแก้ปัญหา ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และความพึงพอใจ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1

EFFECTS OF STEM PROBLEM-BASED LEARNING EMPHASIZING CRITICAL THINKING PROCESS ON DESIGNING SOLUTION COMPETENCIES ACHIEVEMENT AND

อนุสรา พุ่มพิกุล

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

2562

ผลของการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาโดยใช้ปัญหาเป็นฐานที่เน้นกระบวนการคิดอย่างมีวิจารณญาณที่มีต่อสมรรถนะการออกแบบวิธีการแก้ปัญหา ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และความพึงพอใจ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1

อนุสรา พุ่มพิกุล

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
การศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตรศึกษา
ศูนย์วิทยาศาสตรศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
ปีการศึกษา 2562
ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

EFFECTS OF STEM PROBLEM-BASED LEARNING EMPHASIZING CRITICAL THINKING PROCESS ON DESIGNING SOLUTION COMPETENCIES ACHIEVEMENT AND LEARNING SATISFACTION OF SEVENTH GRADE STUDENTS

ANUSARA PUMPIKUL

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of MASTER OF EDUCATION

(Science Education)

Science Education Center, Srinakharinwirot University

2019

Copyright of Srinakharinwirot University

ปริญญานิพนธ์

เรื่อง

ผลของการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาโดยใช้ปัญหาเป็นฐานที่เน้นกระบวนการคิดอย่างมีวิจารณญาณที่มีต่อสมรรถนะการออกแบบวิธีการแก้ปัญหา ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และความพึงพอใจ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1

ของ

อนุสรา พุ่มพิกุล

ได้รับอนุมัติจากบัณฑิตวิทยาลัยให้นับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตรศึกษา

ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

(รองศาสตราจารย์ นายแพทย์ฉัตรชัย เอกปัญญาสกุล)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

คณะกรรมการสอบปากเปล่าปริญญานิพนธ์

..... ที่ปรึกษาหลัก

(อาจารย์ ดร.พินิจ ขำวงษ์)

..... ประธาน

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เอกรัตน์ ทานาค)

..... กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธีรพงษ์ แสงประดิษฐ์)

ชื่อเรื่อง	ผลของการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาโดยใช้ปัญหาเป็นฐานที่เน้นกระบวนการคิดอย่างมีวิจารณญาณที่มีต่อสมรรถนะการออกแบบวิธีการแก้ปัญหา ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และความพึงพอใจของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1
ผู้วิจัย	อนุสรา พุ่มพิกุล
ปริญญา	การศึกษามหาบัณฑิต
ปีการศึกษา	2562
อาจารย์ที่ปรึกษา	อาจารย์ ดร. พินิจ ขำวงษ์

การวิจัยนี้มีจุดประสงค์เพื่อ ศึกษาผลของการใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้ปัญหาเป็นฐานที่เน้นกระบวนคิดอย่างมีวิจารณญาณที่มีต่อ 1.ความสามารถในการออกแบบวิธีการแก้ปัญหาตามมาตรฐานสะเต็มศึกษา 2.ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ และ 3.ความพึงพอใจ กลุ่มเป้าหมายที่ศึกษาคือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 จำนวน 1 ห้องเรียน มีนักเรียน 30 คน ซึ่งได้มาจากการเลือกแบบเจาะจง (Purposive sampling) การวิจัยนี้เป็นแบบผสานวิธี วิธีเชิงปริมาณเป็นหลัก เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ประกอบด้วย 1. แผนการจัดการเรียนรู้ 2. แบบประเมินความสามารถในการออกแบบวิธีการแก้ปัญหาตามมาตรฐานสะเต็มศึกษา 3. แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ และ 4. แบบสอบถามความพึงพอใจ วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติ t-test dependent t-test for one sample และวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพร่วมด้วย ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ร้อยละ 70 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้ปัญหาเป็นฐานที่เน้นกระบวนคิดอย่างมีวิจารณญาณ มีความสามารถในการออกแบบวิธีการแก้ปัญหาตามมาตรฐานสะเต็มศึกษาหลังเรียนสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และมีระดับพัฒนาการสูงขึ้นกว่าก่อนเรียน มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และมีความพึงพอใจอยู่ในระดับมาก

คำสำคัญ : สะเต็มศึกษา กระบวนการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ความสามารถในการออกแบบวิธีการแก้ปัญหา ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ความพึงพอใจ

Title	EFFECTS OF STEM PROBLEM-BASED LEARNING EMPHASIZING CRITICAL THINKING PROCESS ON DESIGNING SOLUTION COMPETENCIES ACHIEVEMENT AND LEARNING SATISFACTION OF SEVENTH GRADE STUDENTS
Author	ANUSARA PUMPIKUL
Degree	MASTER OF EDUCATION
Academic Year	2019
Thesis Advisor	Dr. Pinit Khumwong , Ph.D.

The objectives of the research are to study the effects of using STEM problem-based learning emphasizing the critical thinking process, as follows: (1) designing solution competencies based on STEM standards; (2) science achievement; and (3) learning satisfaction. The studied group consisted of 30 seventh-grade students, using purposive sampling. This research is the mixed methods type. The research instruments were as follows: (1) STEM problem-based learning emphasizing critical thinking process lesson plans; (2) designing solution competencies test; (3) a science achievement test; and (4) a learning satisfaction questionnaire. The designing solution competencies data were analyzed by using t-test for dependent sample and content analysis. The t-test for dependent sample was used to analysis students' science achievement and mean for analysis of students' learning satisfaction. and a t-test for the dependent sample on science achievement and the mean of the analysis of student satisfaction. The findings revealed the following: the post-test mean score of designing solution competencies based on STEM standards, which were higher than the pre-test mean score with a statistical significance at a level of .05 and had higher levels of competency than before learning. The science achievement mean scores of the students after learning was statistically higher than before implementation at a .05 level of significance and the level of student satisfaction after learning were at a high level.

Keyword : STEM Education Critical Thinking Designing Satisfaction Solution Competencies Science Achievement Satisfaction

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี ด้วยความเมตตากรุณา และเอาใจใส่อย่างดียิ่งจากอาจารย์ ดร.พินิจ ขำวงษ์ อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์ ที่ได้ให้ความช่วยเหลือ ให้คำแนะนำแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ตลอดจนให้กำลังใจด้วยดีเสมอมา ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งและขอบพระคุณท่านอาจารย์เป็นอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้ด้วย

กราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เอกรัตน์ ทานาค และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธีรพงษ์ แสงประดิษฐ์ ที่เสียสละเวลาอันมีค่ายิ่งในการเป็นกรรมการสอบปากเปล่า ตลอดจนให้คำแนะนำต่างๆ

กราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จรรยา ดาสา ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธีรพงษ์ แสงประดิษฐ์ รองศาสตราจารย์ ดร.ณสรรค์ ผลโภค และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชนินันท์ พฤกษ์ประมูล ที่กรุณาเป็นกรรมการสอบเค้าโครงปริญญานิพนธ์ ตลอดจนให้คำแนะนำต่าง ๆ

กราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เอกรัตน์ ทานาค ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พรรณวิไล ดอกไม้ และนางพินิจ แสงอรุณ ที่ให้ความอนุเคราะห์เป็นผู้เชี่ยวชาญในการตรวจเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย และให้คำแนะนำที่เป็นประโยชน์ต่อการทำวิจัยในครั้งนี้

กราบขอบพระคุณคณาจารย์และเจ้าหน้าที่ศูนย์วิทยาศาสตรศึกษาทุกท่าน ที่ให้ความช่วยเหลือด้วยดี และให้กำลังใจมาโดยตลอด

กราบขอบพระคุณผู้บริหาร คณะครู โรงเรียนไทยรัฐวิทยา 2 (วัดช้างใหญ่)ทุกคน ที่ให้ช่วยเหลือและให้กำลังใจในการทำวิจัย รวมถึงนักเรียนและผู้ปกครองที่ให้ความยินยอมและความร่วมมือในการเก็บข้อมูลวิจัยเป็นอย่างดียิ่ง ช่วยให้การดำเนินการวิจัยครั้งนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ขอบคุณนางสาวจิรกาญจน์ แผนกุล นางสาวไพลิน จันทดิษฐ และเพื่อนพี่น้องร่วมรุ่น ที่เป็นผู้ให้คำปรึกษา ให้ความช่วยเหลือ และให้กำลังใจเป็นอย่างดี

สุดท้ายขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา ผู้ให้ความรัก กำลังใจ และสนับสนุนทุกอย่างเสมอมา คุณงามความดีและประโยชน์อันเกิดจากการทำปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้วิจัยขอมอบเป็นเครื่องบูชาแด่ บุพการี บูรพาจารย์และผู้มีพระคุณทุกท่าน

อนุสรา พุ่มพิกุล

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ

กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ

สารบัญ ..... ช

สารบัญตาราง ..... ญ

สารบัญรูปภาพ ..... ฏ

บทที่ 1 บทนำ 1

ภูมิหลัง 1

ความมุ่งหมายของการวิจัย 7

ความสำคัญของการวิจัย 7

ขอบเขตของการวิจัย 7

กรอบแนวคิดในการวิจัย 11

สมมติฐานของการวิจัย 11

บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 13

1. สะเต็มศึกษา 14

1.1 ความหมายของสะเต็มศึกษา 14

1.2 ที่มาและความสำคัญของสะเต็มศึกษา 15

1.3 การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา 17

1.4 การวัดและประเมินผลสะเต็มศึกษา 29

2. การคิดอย่างมีวิจารณญาณ 31

2.1 ความหมายของการคิดอย่างมีวิจารณญาณ 31

2.2 ความสำคัญของการคิดอย่างมีวิจารณญาณ 32
2.3 กระบวนการคิดอย่างมีวิจารณญาณ 34
2.4 การพัฒนาการคิดอย่างมีวิจารณญาณ 37
3. การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาบูรณาการกระบวนคิดอย่างมี วิจารณญาณ ... 40
3.1 ความหมายของการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการ กระบวนการคิดอย่างมีวิจารณญาณ 40
3.2 ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาบูรณาการประบวนการคิดอย่างมี วิจารณญาณ 42
4. มาตรฐานสะเต็มศึกษา 47
4.1 ความสำคัญของมาตรฐานสะเต็มศึกษา 47
4.2 สมรรถนะตามมาตรฐานสะเต็มศึกษา 48
5. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ 57
5.1 ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ 57
5.2 การวัดและประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรายวิชาวิทยาศาสตร์ 57
6. ความพึงพอใจ 61
6.1 ความหมายของความพึงพอใจ 61
6.2 ทฤษฎีความพึงพอใจ 61
6.3 การวัดและประเมินความพึงพอใจ 66
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย 68
การกำหนดประชากรและการสุ่มกลุ่มตัวอย่าง 68
แบบแผนในการวิจัย 68
การสร้างและตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย 69
การเก็บรวบรวมข้อมูล 79
การจัดกระทำและการวิเคราะห์ข้อมูล 79

บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล 83
สัญลักษณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล 83
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล 84
บทที่ 5 สรุปและอภิปรายผลการทดลอง 98
ความมุ่งหมายของการวิจัย 98
สมมติฐานของการวิจัย 98
วิธีดำเนินการวิจัย 99
สรุปผลการวิจัย 100
อภิปรายผล 101
ข้อเสนอแนะ 108
บรรณานุกรม 110
ภาคผนวก 116
ภาคผนวก ก 117
ภาคผนวก ข 119
ภาคผนวก ค 132
ประวัติผู้เขียน 158

สารบัญตาราง

หน้า

ตาราง 1 เปรียบเทียบ ขั้นตอนวิธีการจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานตามแนวทางสะเต็มศึกษา 28

ตาราง 2 สังเคราะห์องค์ประกอบของกระบวนการคิดอย่างมีวิจารณญาณ 36

ตาราง 3 การสังเคราะห์วิธีการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้ปัญหาเป็นฐานที่เน้นกระบวนการคิดอย่างมีวิจารณญาณ 43

ตาราง 4 คุณลักษณะของผู้เรียนตามาตรฐานสะเต็มศึกษาตามที่สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีกำหนด 49

ตาราง 5 กรอบกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เรื่อง กระบวนการเปลี่ยนแปลงลมฟ้าอากาศตามแนวทางสะเต็มศึกษา 71

ตาราง 6 ตารางวิเคราะห์จุดประสงค์การเรียนรู้ ที่สอดคล้องกับเนื้อหา เรื่อง กระบวนการเปลี่ยนแปลงลมฟ้าอากาศ 76

ตาราง 7 ผลการทดสอบการแจกแจงแบบปกติของคะแนนความสามารถในการออกแบบวิธีการแก้ปัญหาตามมาตรฐานสะเต็มศึกษาก่อนเรียน – หลังเรียน 84

ตาราง 8 คะแนนความสามารถในการออกแบบวิธีการแก้ปัญหาตามมาตรฐานสะเต็มศึกษา ก่อนและหลังเรียน 85

ตาราง 9 เปรียบเทียบคะแนนความสามารถในการออกแบบวิธีการแก้ปัญหาก่อนและหลังเรียนแต่ละตัวชี้วัด 86

ตาราง 10 เปรียบเทียบระดับความสามารถในการออกแบบวิธีการแก้ปัญหาตามมาตรฐานสะเต็มศึกษาก่อนเรียนและหลังเรียน 87

ตาราง 11 ผลการทดสอบการแจกแจงแบบปกติของคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรายวิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 หลังเรียน 94

ตาราง 12 การเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยกับเกณฑ์ร้อยละ 70 95

ตาราง 13 ความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานที่เน้นกระบวนคิดอย่างมีวิจารณญาณ..... 95

ตาราง 14 ค่าเฉลี่ยผลการประเมินขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาด้วยรูปแบบปัญหาเป็นฐานที่เน้นกระบวนการคิดอย่างมีวิจารณญาณ..... 120

ตาราง 15 ค่าเฉลี่ยผลการประเมินแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง ท่องไปในชั้นบรรยากาศ..... 122

ตาราง 16 ค่าเฉลี่ยผลการประเมินแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง เกษตรกรรุ่นใหม่..... 123

ตาราง 17 ค่าเฉลี่ยผลการประเมินแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 เรื่อง นวัตกรรมลดโลกร้อน..... 124

ตาราง 18 ค่าเฉลี่ยดัชนีความสอดคล้อง ของแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรายวิชาวิทยาศาสตร์ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 125

ตาราง 19 ค่าเฉลี่ยผลการประเมินความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามวัดความสามารถในการออกแบบวิธีการแก้ปัญหาและเกณฑ์การให้คะแนนแบบรูบิค..... 126

ตาราง 20 ค่าเฉลี่ยดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับกับจุดประสงค์ที่ต้องการของแบบวัดความพึงพอใจ..... 127

ตาราง 21 ค่าความยากง่าย ค่าอำนาจจำแนกและความเชื่อมั่นทั้งฉบับของแบบวัดความสามารถในการออกแบบวิธีการแก้ปัญหา 129

ตาราง 22 ค่าความยากง่าย ค่าอำนาจจำแนก และความเชื่อมั่นทั้งฉบับของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์..... 130

ตาราง 23 ค่าอำนาจจำแนกรายข้อและความเชื่อมั่นทั้งฉบับของแบบวัดความพึงพอใจ..... 131

สารบัญรูปภาพ

หน้า

ภาพประกอบ 1 กรอบแนวคิดการวิจัย 11

ภาพประกอบ 2 แสดงจำนวนบัณฑิตด้าน STEM ในปี ค.ศ.2010-2015 ในแต่ละประเทศ..... 16

ภาพประกอบ 3 รูปแบบของการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานเชื่อมโยงกับแนวคิดสะเต็มศึกษา 24

ภาพประกอบ 4 แบบแผนของการวิจัยเป็นแบบผสานวิธี แบบรองรับภายใน (Embedded Design) 69

ภาพประกอบ 5 แบบแผนย่อย รูปแบบการทดลองระยะเดียว วิธีการเชิงปริมาณเป็นหลัก..... 69

ภาพประกอบ 6 ตัวอย่างการออกแบบการแก้ปัญหาก่อนเรียน..... 91

ภาพประกอบ 7 ตัวอย่างการออกแบบการแก้ปัญหาหลังเรียน 92

บทที่ 1
บทนำ

ภูมิหลัง

ความเจริญก้าวหน้าในด้านเทคโนโลยีและวิทยาศาสตร์ ส่งผลให้แนวคิดทางการจัดการศึกษาแตกต่างจากเดิม ปัจจุบันการจัดการศึกษาทุกระดับให้ความสำคัญกับความสามารถในการคิดขั้นสูงของผู้เรียน เช่น การคิดเพื่อหาทางออกของปัญหา การคิดวิพากษ์วิจารณ์ การคิดหลากหลายและแปลกใหม่ ฯลฯ รวมทั้งการพัฒนาการรับส่งข่าวสาร การใช้สิ่งทีมนุษย์พัฒนาขึ้นในการหาความรู้ และการมีทักษะการอยู่ร่วมกับผู้อื่นได้ ทำให้การจัดการศึกษาจำเป็นต้องนำสาระความรู้ในวิชาต่าง ๆ มาสอดแทรกเข้ากับการเรียนรู้ในห้องเรียนและนอกห้องเรียน จึงจะส่งผลผู้เรียนเห็นคุณค่าของการเรียน ผู้เรียนรับรู้ถึงประโยชน์และความสำคัญของการศึกษา สามารถนำความรู้มาปรับใช้ในชีวิตประจำวันได้ ซึ่งเป็นการปูพื้นฐานความรู้ให้กับผู้ที่จะศึกษาต่อไปในชั้นที่สูงขึ้น เพิ่มโอกาสการทำงานในอนาคต และยังเป็นการเตรียมความพร้อมแก่ชาติบ้านเมือง ในด้านติดต่อการลงทุนค้าขายสิ่งต่าง ๆ ได้เป็นอย่างดี พรทิพย์ ศิริภัทราชัย (2556) กระทรวงศึกษาธิการมองเห็นประโยชน์ของการเรียนแบบผสมผสานความรู้ในแต่ละสาระวิชา และเพื่อเป็นการพัฒนาคุณลักษณะสำคัญดังกล่าว จึงได้ระบุให้สะเต็มศึกษา (STEM Education) ระบุไว้ในของมาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัดวิทยาศาสตร์ รวมถึงกระบวนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่เป็นจุดเน้นในนโยบายสำคัญของการศึกษา เพื่อต้องการยกให้สะเต็มเป็นแนวทางใหม่สำหรับการเรียนด้านวิทยาศาสตร์ สำหรับสร้างเยาวชนเพื่อยกระดับบุคลากรของประเทศให้เป็นไปอย่างเหมาะสมและเป็นกลไกในการยกระดับประเทศสู่ความเจริญอย่างยั่งยืน อีกทั้งยังสอดคล้องกับนโยบายเชิงรุกของรัฐบาลที่ต้องการพัฒนากำลังคนในด้านสะเต็ม (กระทรวงศึกษาธิการ, 2559) จึงมีการแก้ไขหลักสูตร โดยมีกรอบในการปรับปรุงเพื่อปรับตัวชี้วัดและมาตรฐานของการเรียนรู้ในแต่ละระดับชั้นให้มีความชัดเจนมากขึ้น และลดเนื้อหาที่ซ้ำกันหรือเชื่อมโยงกันภายในวิชาหรือข้ามวิชา รวมไปถึงการเชื่อมโยงเนื้อหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี เข้าด้วยกันเพื่อให้เหมาะกับการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการมากยิ่งขึ้น (กระทรวงศึกษาธิการ, 2559)

สะเต็มศึกษา เป็นแนวทางการจัดกระบวนการให้ผู้เรียนสามารถนำความรู้ทั้ง 4 วิชา ได้แก่ วิชาวิทยาศาสตร์ วิชาคณิตศาสตร์ วิชาเทคโนโลยี และกระบวนการทางวิศวกรรม มาใช้กำจัดปัญหาที่พบในชีวิตประจำวัน เพื่อเพิ่มมวลความรู้ให้กับผู้เรียน ได้มีพื้นฐานความรู้ในการดำเนินชีวิต และมีคุณสมบัติในการคิดแก้ปัญหาต่าง ๆ และเป็นการเตรียมความพร้อมให้กับ

นักเรียนที่สนใจจะศึกษาต่อหรือทำงานต่อในด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี รวมทั้งนำไปสู่การสร้างเครื่องมือหรืออุปกรณ์ใหม่ ๆ ในอนาคต จุดเด่นของการจัดการศึกษาตามแนวคิดสะเต็ม คือ การนำขั้นตอนของการออกแบบเชิงวิศวกรรมรวมเข้ากับการเรียนการสอนในอีก 3 วิชา ที่มีสอนอยู่แล้วตามแบบปกติในสถานศึกษา กระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมนี้จะเป็นวิธีการหรือขั้นตอนในการสร้างสรรค์วิธีการวางแผนการขจัดปัญหา นำสาระสำคัญจากวิชาต่าง ๆ มาออกแบบผลงานภายใต้เงื่อนไขหรือข้อแม้ กล่าวคือ ในขณะที่นักเรียนทำกิจกรรมต่าง ๆ จะช่วยเสริมสร้างทักษะอย่างรอบด้าน อาทิ ด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี เนื่องจากขณะทำกิจกรรมผู้เรียนต้องนำความรู้แต่ละวิชามาออกแบบขั้นตอน กระบวนการ หรือเครื่องมือเพื่อแก้ปัญหามีความสัมคัญกับการดำรงชีวิต เพื่อตอบสนองความต้องการ หรือเพื่อผลิตเทคโนโลยีใหม่ ๆ (National Research Council, 2012; อภิสิทธิ์ ธงไชย, 2556)

เพื่อให้การจัดกระบวนการศึกษาในด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และคณิตศาสตร์ มีผลสัมฤทธิ์ตรงกับแนวคิดของการสอนแบบสะเต็มศึกษา สสวท.ซึ่งมีหน้าที่ในการเพิ่มคุณภาพการศึกษาทางด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี ของประเทศไทย ได้จัดทำมาตรฐานสะเต็มขึ้น เพื่อให้ผู้สอนและสถานศึกษาใช้เป็นเพื่อนำไปสู่กระบวนการจัดการเรียนการสอน และการวัดประเมินผลเพื่อตรวจสอบคุณภาพของผู้เรียนที่ผ่านการเรียนตามแนวทางสะเต็มศึกษา โดยได้กำหนดเป้าหมายของการเรียนรู้ของผู้เรียนตามแนวทางสะเต็มศึกษาเป็น 6 ตัวชี้วัด ซึ่งแต่ละตัวชี้วัดได้เลือกสิ่งที่ผู้เรียนควรต้องรู้และสามารถทำได้เช่น 1) การระบุปัญหา ผู้เรียนต้องสามารถบอกปัญหาที่พบจากการรวบรวมข้อมูลอย่างมีวิจารณญาณได้ 2) การเก็บข้อเท็จจริงและความรู้ที่เกี่ยวข้องกันเข้าไว้ด้วยกัน ผู้เรียนต้องสามารถค้นคว้าข้อเท็จจริงหรือความรู้ที่เกี่ยวข้องกับปัญหา วิเคราะห์และเลือกข้อมูลที่สอดคล้องและประเมินความเป็นไปได้เพื่อใช้แก้ปัญหาได้ 3) การออกแบบวิธีการแก้ปัญหา ผู้เรียนต้องสามารถเขียนโครงสร้างของวิธีการแก้ปัญหาโดยนำความรู้และกระบวนการทั้ง 4 วิชา มาใช้ในการออกแบบ และสามารถเลือกวิธีการแก้ปัญหาที่เหมาะสมภายใต้เงื่อนไขที่กำหนด พร้อมทั้งอธิบาย แนวคิดได้ 4) การคิดวิธีดำเนินการขจัดปัญหาล่วงหน้า ผู้เรียนต้องสามารถคิดวิธีการหาทางออกของปัญหาล่วงหน้าอย่างเป็นขั้นตอน ดำเนินการแก้ปัญหาโดยใช้เครื่องมือและอุปกรณ์ได้อย่างถูกต้อง ปลอดภัย บันทึกขั้นตอนและผลการแก้ปัญหาได้เป็นระบบและสอดคล้องกับปัญหาได้ 5) การวัดคุณค่าและเพิ่มคุณภาพให้กับวิธีการขจัดปัญหา ผู้เรียนต้องสามารถประเมินผลและหาแนวทางในทดสอบวิธีการแก้ปัญหาหรือการปรับปรุงแก้ไข เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของวิธีการแก้ปัญหาและประสิทธิภาพของชิ้นงานได้ และ 6) นำเสนอวิธีการหาทางออกให้กับปัญหาและผลการแก้ปัญหา ผู้เรียนต้องสามารถเสนอแนะวิธีการแก้ปัญหาและผลจาก

การแก้ปัญหาให้ผู้อื่นเข้าใจ โดยใช้ทักษะการสื่อสารอย่างมีประสิทธิภาพและอธิบายประเด็นหรือปัญหาที่เกิดขึ้น พร้อมทั้งเสนอแนะแนวทางการปรับปรุงกระบวนการแก้ปัญหาได้(สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2558)

จากเกณฑ์คุณภาพ สรุปได้ว่า การเรียนรู้การออกแบบเชิงวิศวกรรมหรือการหาทางแก้ปัญหาว่าจะออกแบบหรือหาทางออกให้กับปัญหาอย่างไรนั้นมีความจำเป็นมาก เพราะเป็นกระบวนการสำคัญต่อการพัฒนาสิ่งของต่าง ๆ เช่น อุปกรณ์ เครื่องมือ วัสดุ หรือวิธีการแก้ปัญหาใหม่ ๆ ทั้งในการทำงานและชีวิตประจำวัน (สุทธิดา จำรัส, 2560) การออกแบบการแก้ปัญหา คือ กระบวนการสร้างสรรค์ขั้นตอนหรือวิธีการแก้ไขสถานการณ์ปัญหาที่ไม่พึงประสงค์ หรือเป็นขั้นตอนของความต้องการที่จะทำตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ โดยใช้การคิดอย่างรอบคอบ ไตร่ตรองเพื่อให้ได้วิธีการหรือแบบอย่างในการแก้ปัญหาที่ดีที่สุด พร้อมทั้งต้องออกแบบวิธีการขจัดปัญหาโดยคำถึงเงื่อนไข เช่น สภาพแวดล้อม หรือวัสดุที่มีอยู่ และนำวิธีการหาทางออกให้กับปัญหาที่ออกแบบขึ้นไปดำเนินการตามแบบแผนที่วางไว้ โดยเชื่อมั่นว่าวิธีการที่ออกแบบขึ้นจะสามารถแก้ปัญหาและควบคุมตนเองขณะดำเนินการแก้ปัญหาได้ เพื่อสามารถแก้ปัญหาได้อย่างมีประสิทธิภาพ (สิทธิชัย ชมพูพาทย์, 2554) สุธิดา การีมี (2560) เยาวชนไทยในปัจจุบันนั้น ไม่มีการพัฒนาหรือการฝึกฝนกระบวนการคิด เช่น การคิดสร้างสรรค์เพื่อให้มีแนวทางการออกแบบวิธีการแก้ปัญหาอย่างหลากหลาย การคิดแยกแยะจากเหตุการณ์ปัญหาที่พบเจอ โดยความสามารถในการคิดที่กล่าวนี้ ถ้าพยายามฝึกฝนอย่างต่อเนื่อง จะส่งผลให้ผู้เรียนสามารถคิดค้นหาวิธีการหรือแนวทางแก้ไขปัญหาได้หลายวิธีภายใต้ข้อตกลงของเหตุการณ์ปัญหาที่ระบุไว้ และสามารถนำแนวทางหรือวิธีการนั้นมาใช้ในการออกแบบการฝันฝ่าปัญหาหรืออุปสรรคในการดำเนินชีวิต ซึ่งสาเหตุสำคัญอย่างหนึ่งของการที่ผู้เรียนไม่ได้ใช้การแสดงออกในการคิดก็คือ การจัดการเรียนรู้ในบางรูปแบบเช่น รูปแบบการสอนแบบบรรยาย เป็นวิธีสอนที่ผู้สอนพูด บอกเล่า อธิบาย บรรยายเนื้อหาสาระแก่ผู้รับฟัง โดยที่ครูเป็นฝ่ายเตรียมการศึกษาค้นคว้าเนื้อเรื่องมาแล้วเป็นอย่างดี ผู้เรียนเป็นฝ่ายมารับความรู้เพียงอย่างเดียว โดยทั่วไปมักจะเป็นการส่งข้อมูลทางเดียว คือ จากผู้สอนไปสู่ผู้เรียน โดยผู้เรียนจะมีส่วนร่วมในกิจกรรมการเรียนการสอนน้อย เพียงแต่ฟังจดความรู้หรือมีซักถามบางครั้ง เพราะวิธีสอนแบบนี้ครูจะมีบทบาทในห้องเรียนแต่เพียงผู้เดียว (อาภรณ์ ใจเที่ยง, 2550) ซึ่งเป็นรูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่ไม่ได้เน้นให้ผู้เรียนฝึกทักษะหรือแสดงออกทางความคิด เช่นการสังเคราะห์ข้อมูล เพื่อนำมาใช้ในการหาทางออกให้กับปัญหา โดยการจัดการเรียนรู้ในรูปแบบที่นักเรียนไม่ได้มีส่วนร่วมในการคิดนี้ส่งผลให้ผู้เรียนไม่เกิดแรงกระตุ้นในการคิดสิ่งต่าง ๆ ไม่สามารถคิดหาทางประดิษฐ์สิ่งใหม่ ๆ หรือการคิดหาวิธีเพื่อออกแบบการ

แก้ปัญหาหรือความต้องการได้ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ นันทชา อัมฤทธิ์ ที่จัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานตามแนวทางของสะเต็มศึกษาแบบปกติที่ไม่ได้นำกระบวนการคิดใช้เหตุผลในการพิจารณาไตร่ตรองมาใช้แบบเด่นชัด เพื่อส่งเสริมการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ พบว่านักเรียนมีพัฒนาการในการคิดแก้ปัญหามากขึ้น แต่ส่วนใหญ่เด็กใช้วิธีการลองผิดลองถูกมากกว่าการวางแผนเพื่อออกแบบจำลอง (นันทชา อัมฤทธิ์, 2558) และอัจฉรีย์ สังขรักษ์ ที่ศึกษาการพัฒนากระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม โดยใช้การสอนตามแนวทางของสะเต็มศึกษาแบบปกติที่ไม่ได้เน้นกระบวนการคิดอย่างมีวิจารณญาณเช่นกัน พบว่า ในช่วงแรกของการวิจัยนักเรียนใช้เฉพาะความรู้เดิมที่ได้ปรึกษาหารือกับสมาชิกในกลุ่มมาใช้ในการหาทางออกให้กับปัญหา พบว่าความรู้ที่นักเรียนยังไม่เพียงพอในการออกแบบ จึงทำให้การออกแบบและเขียนขั้นตอนการแก้ปัญหายังไม่ละเอียด ยังขาดส่วนสำคัญหลายอย่าง ภายหลังเมื่อกระตุ้นให้นักเรียนศึกษาข้อมูลจากแหล่งที่น่าเชื่อถือมากขึ้นนักเรียนก็สามารถวางแผนและออกแบบการสร้างชิ้นงานได้มีความละเอียดสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น (อัจฉรีย์ สังขรักษ์, 2560) จึงเป็นข้อมูลสะท้อนให้เห็นว่า ในการจัดการเรียนการสอนตามแนวทางของสะเต็มแบบปกติ นักเรียนยังขาดกระบวนการคิดในการวางแผนและสร้างแบบแผนในการแก้ปัญหา อันเนื่องมาจากขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ยังไม่ส่งเสริมให้นักเรียนใช้กระบวนการคิดอย่างรอบคอบและมีเหตุผลในการออกแบบวิธีการแก้ปัญหา

จากตัวอย่างดังกล่าวแสดงให้เห็นว่าการสอนตามแนวทางของสะเต็มศึกษาอย่างเดียวยังไม่พอสำหรับการออกแบบการแก้ปัญหาอย่างเหมาะสมและมีตรงตามเป้าหมายได้ ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดว่าถ้ามีการบูรณาการกระบวนการคิดอย่างมีวิจารณญาณเข้าไปในการสอนตามแนวทางของสะเต็มศึกษา น่าจะทำให้การออกแบบวิธีการแก้ปัญหานั้นมีความละเอียด สมบูรณ์ และเกิดความผิดพลาดน้อยที่สุด เนื่องจากคือ การคิดพิจารณาไตร่ตรองอย่างรอบคอบและมีเหตุผล โดยพิจารณาจากข้อมูลหรือหลักฐาน เพื่อนำไปสู่การตัดสินใจว่า สิ่งใดเป็นจริงหรือเป็นเท็จ สิ่งใดเชื่อถือได้หรือปฏิบัติตามได้หรือไม่ ช่วยให้ตัดสินใจสภาพการณ์ได้ถูกต้อง (กนกทอง มหาวงศ์นันท์, 2550; ธรรมราช บุญทิพย์เจริญ, 2553; บรรจง อมรชีวิน, 2556; สุคนธ์ สินธพานนท์, วรัตน์ วรรณเลิศลักษณ์, และ พรรณี สินธพานนท์, 2555) ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดของสนธิ พลชัยยา (2557) อธิบายไว้ว่า ถ้าผู้เรียนมีการคิดที่ใช้เหตุผลในการพิจารณาโดยใช้เหตุผลไตร่ตรองอย่างรอบคอบ จะส่งผลต่อการตัดสินใจเลือกวิธีแก้ปัญหาที่เหมาะสมภายใต้เงื่อนไขหรือข้อแม้ที่กำหนดโดยเชื่อมโยงความรู้ได้ เนื่องจากการคิดอย่างมีวิจารณญาณเป็นความสามารถในการวิเคราะห์เพื่อตัดสินเรื่องใดเรื่องหนึ่ง และการแยกแยะ

พิจารณา ผนวกกับการลงความเห็นในการเลือกใช้วัสดุ หรือวิธีการที่ทำให้เกิดความคุ้มค่ามากที่สุด

ศูนย์สะเต็มศึกษาแห่งชาติ (2558) อธิบายว่า ในขั้นสร้างแบบวิธีการหาทางออกให้ปัญหา ผู้สอนสามารถจัดลักษณะของกิจกรรมที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้นำความรู้ต่างๆ ที่ได้จากการค้นหาและเก็บข้อเท็จจริงต่างๆมารวมกัน ประเมิน ตัดสินใจเลือกและใช้ความรู้เหล่านั้นมาใช้เพื่อสร้างสรรค์ขั้นตอนวิธีการแก้ปัญหา จะทำให้ผู้เรียนได้กลั่นกรองแนวคิดบางส่วนของผู้เรียนได้ดี อีกทั้งยังเป็นการเปิดโอกาสให้ผู้สอนได้ตรวจสอบความเข้าใจเกี่ยวกับแนวคิดวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์และเทคโนโลยี รวมถึงการปรับใช้ความรู้ดังกล่าวของผู้เรียนให้ดีขึ้น อย่างไรก็ตามการจัดปัญหาหรือการสร้างแบบชิ้นงานมักเป็นกระบวนการที่ต้องทำซ้ำและต่อเนื่องจนกว่าจะสามารถคิดวิธีหาทางออกให้กับปัญหาหรือสร้างสรรค์ชิ้นงานนั้นๆ ได้ โดยรูปแบบการเรียนการสอนที่สอดคล้องกับแนวทางสะเต็มศึกษาที่นิยมนำมาใช้ในการร่วมกับกิจกรรมกันมากที่สุด คือ การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ เพราะกระบวนการเรียนรู้แบบสืบเสาะเป็นกระบวนการเรียนรู้ที่เน้นให้ผู้เรียนสร้างองค์ความรู้ใหม่ด้วยตัวของนักเรียนเอง (สนธิ พลชัยยา, 2557) โดยผ่านกระบวนการคิดและปฏิบัติ และใช้กระบวนการและทักษะทางวิทยาศาสตร์เป็นเครื่องมือ เช่น การสังเกต การวัด การจำแนกประเภท การลงความเห็นข้อมูล การทดลอง การสร้างแบบจำลอง การรวบรวมข้อมูล เป็นต้น (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2549; สำนักวิชาการและมาตรฐานการศึกษา, 2551) จากการศึกษางานวิจัยพบว่าเทคนิคและวิธีการสอนแบบสืบเสาะที่ถูกนำมาใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางของสะเต็มส่วนใหญ่ ได้แก่ การจัดการเรียนรู้แบบ 5E การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน (Problem-Based Learning) และการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐาน (Project-Based Learning) เป็นต้น (จำรัส อินทลาภาพร, มารุต พัฒผล, วิชัย วงษ์ใหญ่, และ ศรีสมร พุ่มสะอาด, 2558; สนธิ พลชัยยา, 2557; สุพรรณี ชาญประเสริฐ, 2558) สำหรับการวิจัยนี้ ผู้วิจัยเลือกจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้ปัญหาเป็นฐาน เพราะการจัดการเรียนรู้วิธีนี้ เป็นขั้นตอนกระบวนการจัดการเรียนรู้เพื่อแก้ปัญหาหรือเหตุการณ์เกี่ยวกับชีวิตประจำวันและมีความสำคัญต่อผู้เรียน เหตุการณ์ปัญหาจะเป็นจุดเริ่มต้นของกระบวนการเรียนรู้และยังเป็นตัวเร่งให้ผู้เรียนเกิดการพัฒนาวิธีการในการหาทางออกของปัญหาอย่างมีเหตุผล ผู้เรียนต้องนำข้อมูลที่ศึกษาได้มาร่วมกันพิจารณาความน่าเชื่อถือ ความสอดคล้องกับปัญหา ก่อนนำไปออกแบบวิธีการแก้ปัญหา จึงควรจะต้องใช้ทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณ นอกจากนี้รูปแบบการจัดการเรียนรู้ปัญหาเป็นฐานยังมีความเหมาะสมกับลักษณะของการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา คือ ผู้เรียนได้

ประยุกต์ใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรม และความสามารถเฉพาะทางของแต่ละวิชามาใช้ในขณะทำกิจกรรม มีการกระตุ้นผู้เรียนให้ขจัดปัญหาหรือเหตุการณ์ที่ผู้สอนกำหนด กระตุ้นให้ผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติ (active learning) ผ่านปัญหาที่เป็นแบบปลายเปิด ผู้ที่รับความรู้มีส่วนร่วมในการทำงานเป็นทีม มุ่งเน้นการขจัดปัญหาในชีวิตจริง และมีคำตอบของปัญหาได้หลายแนวทาง (มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร, 2559) ซึ่งมีความเหมาะสมมากกว่าการเรียนโดยใช้โครงงานเป็นฐานที่แม้จะเหมาะกับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา แต่ไม่เหมาะสมกับบริบทของรายวิชาวิทยาศาสตร์พื้นฐาน เพราะรายวิชาพื้นฐานมีเกณฑ์กำหนดคุณภาพของการเรียนรู้ และกรอบระยะเวลาที่กำหนดไว้ให้ผู้เรียน ซึ่งการจัดการเรียนรู้ที่เน้นโครงงานเป็นฐานนั้นเป็นการจัดการเรียนรู้ที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้เรียนรู้ตามความเชี่ยวชาญของตนเอง ความชื่นชอบ หรือสิ่งที่เขาให้ความสนใจ ผ่านขั้นตอนและวิธีการทางวิทยาศาสตร์ และมีข้อจำกัดคือต้องใช้ระยะเวลาในการศึกษามาก (มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2558)

ดังนั้นผู้วิจัยมีความสนใจและแนวคิดที่จะจัดการเรียนรู้ตามแนวทางของสะเต็มศึกษาด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้ปัญหาเป็นฐานที่เน้นกระบวนการคิดอย่างมีวิจารณญาณ เพื่อส่งเสริมความสามารถในการออกแบบวิธีการแก้ปัญหาให้ตรงตามมาตรฐานสะเต็มศึกษา ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ และความพึงพอใจของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 เนื่องจากเป็นชั้นที่มีการใช้ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลางกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ในปีการศึกษา 2561 ซึ่งมีการเปลี่ยนแปลงสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ใหม่ โดยเพิ่มสาระเทคโนโลยีเข้ามาในกลุ่มสาระวิทยาศาสตร์ ซึ่งมีกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมเข้ามาเป็นหนึ่งในมาตรฐานการเรียนรู้ และนอกจากทักษะดังกล่าวแล้ว นักเรียนจำเป็นต้องได้รับเนื้อหาความรู้และสามารถนำความรู้ไปใช้ในชีวิตประจำวันได้อย่างถูกต้อง ดังนั้นผู้วิจัยจึงต้องการศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ควบคู่กับทักษะการออกแบบวิธีการแก้ปัญหาควบคู่ด้วย โดยผู้วิจัยจึงเลือกใช้เนื้อหากระบวนการเปลี่ยนแปลงของลมฟ้าอากาศ ในการทำวิจัย เนื่องจากเป็นเนื้อหาที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับกิจกรรมในชีวิตประจำวัน เช่น การเดินทาง การประกอบอาชีพ เป็นต้น เพื่อเป็นการเตรียมความพร้อมคนให้สามารถปรับตัวรองรับผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงของสภาพลม ฟ้า อากาศได้ อีกทั้งเนื้อหาเรื่องกระบวนการเปลี่ยนแปลงของลมฟ้าอากาศยังเป็นเรื่องที่ไม่ค่อยมีการนำมาทำเป็นกิจกรรมสะเต็มศึกษาอย่างแพร่หลาย

ความมุ่งหมายของการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยตั้งความมุ่งหมายไว้ดังนี้

1. เพื่อศึกษาผลของการใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาโดยใช้ปัญหาเป็นฐานที่เน้นกระบวนคิดอย่างมีวิจารณญาณ ที่มีต่อความสามารถในการออกแบบวิธีการแก้ปัญหาตามมาตรฐานสะเต็มศึกษา ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1

2. เพื่อศึกษาผลของการใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาโดยใช้ปัญหาเป็นฐานที่เน้นกระบวนการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1

3. เพื่อศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 หลังได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้ปัญหาเป็นฐานที่เน้นกระบวนคิดอย่างมีวิจารณญาณ

ความสำคัญของการวิจัย

การศึกษาการใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาโดยใช้ปัญหาเป็นฐานที่เน้นกระบวนการคิดอย่างพิจารณาโดยใช้เหตุผล เพื่อส่งเสริมความสามารถในการออกแบบวิธีการขจัดปัญหาให้ตรงตามมาตรฐานสะเต็มศึกษาทำให้ผู้เรียนสามารถคิดขั้นตอนการขจัดปัญหาโดยเชื่อมโยงความรู้วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ได้อย่างดี เมื่อมีการสอดแทรกเคนิคกระบวนการคิดอย่างมีวิจารณญาณเข้าไปในแต่ละขั้นตอนจะทำให้การออกแบบวิธีการแก้ปัญหานั้นมีความผิดพลาดน้อยที่สุด เพื่อนำไปสู่กระบวนการแก้ปัญหาอย่างเป็นขั้นตอน เป็นระบบ มีประสิทธิภาพ และเกี่ยวข้องกับเหตุการณ์ปัญหาได้เป็นอย่างดี นอกจากนี้ยังเป็นแนวทางให้ครูผู้สอนนำวิธีการจัดการเรียนรู้ไปปรับใช้เพื่อพัฒนาทักษะที่สำคัญกับการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21

ขอบเขตของการวิจัย

กลุ่มเป้าหมายที่ศึกษา

นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 สังกัดเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษาพระนครศรีอยุธยา เขต 2 จำนวน 1 ห้องเรียน มีนักเรียน 30 คน มาจากการเลือกแบบเจาะจง (Purposive sampling) เนื่องจากเป็นห้องที่คละความสามารถที่กำลังเรียนเนื้อหาเรื่องกระบวนการเปลี่ยนแปลงของลมฟ้าอากาศ และสอนโดยผู้วิจัย

ตัวแปรที่ศึกษา

1. ตัวแปรอิสระ ได้แก่ รูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้ปัญหาเป็นฐานที่เน้นกระบวนคิดอย่างมีวิจารณญาณ

2. ตัวแปรตาม ได้แก่

2.1 ความสามารถในการออกแบบวิธีการแก้ปัญหาตามมาตรฐานสะเต็มศึกษา

2.2 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์

2.3 ความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้ปัญหาเป็นฐานที่เน้นกระบวนคิดอย่างมีวิจารณญาณ

เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัย

เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัยในครั้งนี้ ได้แก่เรื่อง กระบวนการเปลี่ยนแปลงของลมฟ้าอากาศ ชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นปีที่ 1 ตามตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์(ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ครอบคลุมเนื้อหาในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2561

นิยามศัพท์เฉพาะ

1. รูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้ปัญหาเป็นฐานที่เน้นกระบวนคิดอย่างมีวิจารณญาณ หมายถึง การจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิชาวิทยาศาสตร์ โดยใช้ปัญหาเป็นฐานบูรณาการเชื่อมโยงเนื้อหา 4 สาระวิชา ได้แก่ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ โดยให้ผู้เรียนได้วิเคราะห์ปัญหา ศึกษาข้อมูลเพื่อสร้างขั้นตอนหรือวิธีการขจัดปัญหาในเหตุการณ์ต่าง ๆ ที่ครูสร้างขึ้น ใช้เทคนิคกระตุ้นกระบวนการคิดอย่างมีวิจารณญาณ โดยใช้เทคนิคการตั้งคำถามกระตุ้นความคิด การเน้นข้อความด้วยสีต่าง ๆ และการระดมสมอง การนำเสนองาน และเพื่อนประเมินเพื่อน ทำให้ผู้เรียนได้พิจารณา วิเคราะห์ ประเมิน คัดเลือก กำหนดปัญหาและรูปแบบขั้นตอนที่จะใช้กำจัดอุปสรรคนำไปสู่ขั้นการสร้างสรรค์ขั้นตอนวิธีการแก้ปัญหาก่อนดำเนินการแก้ปัญหาได้อย่างรอบคอบเหมาะสม และตรงกับเงื่อนไขของสถานการณ์ปัญหามากที่สุด ซึ่งมี 6 ขั้นตอนดังนี้

ขั้นที่ 1 ระบุปัญหา ผู้สอนสร้างเหตุการณ์ที่เป็นปัญหาขึ้น กระตุ้นให้ผู้เรียนรู้สึกสนใจและระบุปัญหาของเหตุการณ์ โดยผู้สอนใช้คำถามกระตุ้นให้ผู้เรียนได้ใช้กระบวนการคิดอย่างมีวิจารณญาณในการพิจารณาสถานการณ์ปัญหาด้วยเทคนิค 3W1H คือ

W1(What) ปัญหาของสถานการณ์นี้คืออะไร

W2 (Who) ใครมีส่วนเกี่ยวข้องกับสถานการณ์นี้บ้าง

W3(Why) ทำไมเราต้องแก้ปัญหาหรือทำไมถึงเกิดปัญหานั้นขึ้น

1H (How) ทำอย่างไรจึงจะแก้ปัญหาหรือบรรลุเงื่อนไขของสถานการณ์นี้ได้

ขั้นที่ 2 ทำความเข้าใจกับปัญหา ต้องพิจารณาไตร่ตรองกับเหตุการณ์ที่ต้องการเรียนรู้ วิเคราะห์เงื่อนไขหรือข้อตกลงของเหตุการณ์ปัญหา โดยผู้เรียนต้องระบุเงื่อนไขหรือข้อตกลงเบื้องต้นของเหตุการณ์ปัญหา ระบุข้อมูลหรือเนื้อหาที่จำเป็นต้องใช้ร่วมกับทำกิจกรรม โดยใช้กิจกรรมกลุ่มระดมสมองร่วมกันวิเคราะห์ และกำหนดให้ใช้ปากกาสีน้ำเงินเน้นตรงข้อความที่แสดงถึงปัญหาและสีแดงเน้นเงื่อนไขหรือข้อตกลงของเหตุการณ์ เพื่อช่วยให้ผู้เรียนได้ใช้กระบวนการคิดอย่างมีวิจารณญาณในการแยกแยะส่วนสำคัญต่าง ๆ ที่เหตุการณ์กำหนดอย่างรอบคอบ มีการโต้แย้งหรือแสดงความคิดเห็นกันภายในกลุ่มนำไปสู่การหาวิธีการแก้ปัญหาได้ตรงจุดมากยิ่งขึ้น

ขั้นที่ 3 ดำเนินการศึกษาค้นคว้า เป็นการกำหนดสิ่งที่ต้องดำเนินการสืบค้นข้อมูลโดยให้ผู้เรียนบอกวิธีหรือแนวทางในการได้รับความรู้ที่ต้องการ เช่น ทำการสำรวจ ทดลอง สืบค้นโดยใช้เทคโนโลยี หรือสอบถามผู้มีความรู้ในการเก็บข้อเท็จจริง และดำเนินการเก็บข้อเท็จจริงจากหลาย ๆ แหล่ง และให้นักเรียนเลือกใช้จากแหล่งที่น่าเชื่อถือที่สุด ออกแบบวิธีแก้ปัญหาที่เหมาะสมกับข้อแม้มากที่สุด และเลือกใช้วัสดุได้อย่างสมเหตุสมผล โดยครูจะคอยกระตุ้นความคิดด้วยคำถาม เช่น ข้อมูลที่มีทำให้เลือกวิธีแก้ปัญหาที่เหมาะสมได้หรือยัง ข้อมูลที่ได้มาเพียงพอกับการออกแบบวิธีการแก้ปัญหาหรือไม่ ข้อมูลที่ได้มาเชื่อถือได้มากน้อยเพียงใด ข้อมูลที่ได้มามีความเชื่อมโยงกับข้อกำหนดหรือเปล่า ข้อมูลที่ได้ทำให้นักเรียนเลือกวัสดุได้อย่างเหมาะสมหรือไม่ เป็นต้น

ขั้นที่ 4 ขั้นสังเคราะห์ความรู้ สมาชิกแต่ละกลุ่มนำข้อมูลที่ตัดสินใจเลือกมาเขียนแบบแบบจำลองอย่างละเอียด ลงในแบบบันทึกข้อมูลการร่างแบบวิธีแก้ปัญหาตามมาตรฐานสะเต็มศึกษา ครูจะคอยกระตุ้นให้นักเรียนคิดอย่างมีวิจารณญาณด้วยคำถาม เช่น นักเรียนต้องการออกแบบอะไร จากข้อมูลที่รวบรวมได้นักเรียนสังเกตเห็นความแตกต่างหรือไม่ อะไรบ้าง ข้อแม้ของเหตุการณ์นี้คืออะไร จะออกแบบอย่างไรถึงจะตรงกับข้อแม้ของเหตุการณ์ จะนำความรู้ที่ค้นคว้าได้มาเชื่อมโยงการออกแบบอย่างไร วัสดุที่ใช้ควรเป็นอะไรจึงจะเหมาะสม เป็นต้น จะทำให้การสร้างสรรค์ขั้นตอนวิธีการแก้ปัญหามีความสมบูรณ์มากขึ้น ตรงกับปัญหาและเงื่อนไขที่สถานการณ์กำหนด มีการเชื่อมโยงความรู้ตามมาตรฐานสะเต็มศึกษา พร้อมทั้งบอกเหตุผลในการเลือกวัสดุมาใช้แก้ปัญหาได้เหมาะสม

ขั้นที่ 5 ประเมินวิธีการแก้ปัญหา เป็นขั้นตอนการตรวจสอบนตนเองอย่างมีเหตุผล สรุปและวัดคุณค่าของผลงาน ว่าชิ้นงานที่สร้างขึ้นสามารถแก้ปัญหาได้หรือไม่ เมื่อเทียบกับ

ข้อกำหนดหรือเกณฑ์ของปัญหา วิเคราะห์หาจุดบกพร่อง จากนั้นจึงสรุปเพื่อหาแนวทางปรับปรุงแก้ไขที่เหมาะสมเพื่อให้ได้วิธีแก้ปัญหาที่มีประสิทธิภาพที่สุด

ขั้นที่ 6 นำเสนอและประเมินผลงาน ผู้เรียนนำเสนอเป็นผลงานรูปแบบที่เหมาะสมหลากหลาย มีการวิเคราะห์ ประเมินและแลกเปลี่ยนความคิดเห็นระหว่างกลุ่ม

2. ความสามารถในการออกแบบวิธีการแก้ปัญหาตามมาตรฐานสะเต็มศึกษา หมายถึง มาตรฐานสะเต็มศึกษาตัวชี้วัดข้อที่ 3 คือ ความสามารถในการสร้างสรรค์วิธีการกำจัดปัญหา โดยเชื่อมโยงความรู้วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ มาช่วยในการแก้ปัญหาให้สอดคล้องกับสถานการณ์และเงื่อนไขที่มีให้มากที่สุด เครื่องมือที่ใช้วัดคือแบบวัดเชิงสถานการณ์จำนวน 2 สถานการณ์ ให้นักเรียนออกแบบวิธีการแก้ปัญหา โดยมี 3 ประเด็นย่อยในการวัดได้แก่

2.1.ออกแบบการแก้ปัญหาโดยเชื่อมโยงความรู้วิทยาศาสตร์ วิศวกรรมศาสตร์ เทคโนโลยี และคณิตศาสตร์ได้ สิ่งที่ผู้เรียนควรทำได้มีดังนี้ คือสามารถระบุปัญหาและเงื่อนไขที่ตกลงได้ตรงกับที่สถานการณ์ระบุให้ และเชื่อมโยงความรู้วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ที่ต้องนำมาใช้ประกอบการวิเคราะห์แก้ปัญหาได้เหมาะสม และการนำเสนอแนวคิดที่ใช้ในการออกแบบการแก้ปัญหาได้

2.2 เลือกวิธีการแก้ปัญหาที่เหมาะสมภายใต้เงื่อนไขที่กำหนดให้ ผู้เรียนควรมีลักษณะดังนี้คือ เลือกวิธีการแก้ปัญหาได้ดีที่สุด มีข้อผิดพลาดน้อยที่สุด และเป็นไปตามเงื่อนไขหรือข้อแม้ที่กำหนดให้ โดยพิจารณาไตร่ตรองอย่างรอบคอบ และตัดสินใจเลือกใช้ข้อมูลจากแหล่งข้อมูลที่มีความน่าเชื่อถือ

2.3 อธิบายแนวคิดที่ใช้ในการสร้างสรรค์วิธีการขจัดปัญหาได้ ผู้เรียนควรมีลักษณะดังนี้คือ ออกแบบวิธีการแก้ปัญหาในรูปแบบต่าง ๆ เช่น ข้อความ แผนภาพ ภาพร่าง ผังมโนทัศน์ ผังงาน เป็นต้น ให้เหตุผลในการออกแบบชิ้นส่วนต่างๆ ได้เหมาะสมกับหลักการ และอธิบายรายละเอียดอย่างชัดเจน สามารถอธิบายถึงจุดเด่น จุดด้อย และแนวทางการปรับปรุงชิ้นงานต่อไปได้

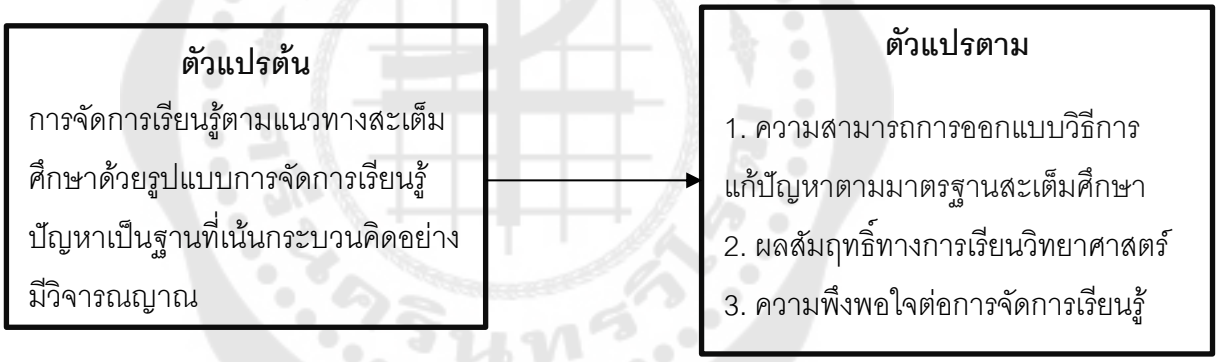
3. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความสามารถในการเรียนวิทยาศาสตร์ของนักเรียน ที่เกิดจากการจัดการเรียนรู้วิชาวิทยาศาสตร์ เรื่อง กระบวนการเปลี่ยนแปลงของลมฟ้าอากาศ โดยมีกระบวนการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาโดยใช้ปัญหาเป็นฐานที่เน้นกระบวนคิดอย่างมีวิจารณญาณ โดยพิจารณาจากคะแนนที่ได้จากการทำแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น โดยใช้ข้อสอบปรนัย 4 ตัวเลือก

จำนวน 20 ข้อ แบ่งพฤติกรรมเป็น 4 ด้าน ตามแนวคิดของบลูม คือ 1. ความรู้ความจำ 2. ความเข้าใจ 3. การนำไปใช้ 4. การวิเคราะห์

4. ความพึงพอใจ หมายถึง ความรู้สึก หรือทัศนคติที่มีต่อการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาบูรณาการกระบวนคิดอย่างมีวิจารณญาณด้านบรรยากาศ ด้านการจัดกระบวนการเรียนรู้ และด้านครูผู้สอน โดยวัดด้วยแบบสอบถามแบบมาตราส่วนประมาณค่า (Rating scale) 5 ระดับ จำนวน 19 ข้อ

กรอบแนวคิดในการวิจัย

การวิจัยเรื่องผลของการใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้ปัญหาเป็นฐานที่เน้นกระบวนคิดอย่างมีวิจารณญาณ ที่มีต่อสมรรถนะการออกแบบวิธีการแก้ปัญหาตามมาตรฐานสะเต็มศึกษา ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 มีกรอบแนวคิดในการวิจัยดังนี้



ภาพประกอบ 1 กรอบแนวคิดการวิจัย

สมมติฐานของการวิจัย

1. นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้ปัญหาเป็นฐานที่เน้นกระบวนคิดอย่างมีวิจารณญาณมีความสามารถในการออกแบบวิธีการแก้ปัญหาตามมาตรฐานสะเต็มศึกษา หลังเรียนสูงขึ้น

2. นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ร้อยละ 70 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้ปัญหาเป็นฐานที่เน้นกระบวนคิดอย่างมีวิจารณญาณ มี

ความสามารถในการออกแบบวิธีการแก้ปัญหาตามมาตรฐานสะเต็มศึกษา อยู่ในระดับพัฒนาการสูงขึ้นกว่าก่อนเรียน

3. นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้ปัญหาเป็นฐานที่เน้นกระบวนคิดอย่างมีวิจารณญาณ มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ หลังเรียนสูงกว่าเกณฑ์ ร้อยละ 70

4. นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ทุกคนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้ปัญหาเป็นฐานที่เน้นกระบวนคิดอย่างมีวิจารณญาณ มีความพึงพอใจอยู่ในระดับมากขึ้นไป

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การศึกษาครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง และได้นำเสนอตามหัวข้อต่อไปนี้

1. สะเต็มศึกษา
    1.1 ความหมายของสะเต็มศึกษา
    1.2 ที่มาและความสำคัญของสะเต็มศึกษา
    1.3 การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา
    1.4 การวัดและประเมินผลสะเต็มศึกษา
2. การคิดอย่างมีวิจารณญาณ
    2.1 ความหมายของการคิดอย่างมีวิจารณญาณ
    2.2 ความสำคัญของการคิดอย่างมีวิจารณญาณ
    2.3 กระบวนการคิดอย่างมีวิจารณญาณ
    2.4 การพัฒนาการคิดอย่างมีวิจารณญาณ
3. การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนคิดอย่างมีวิจารณญาณ
    3.1. ความหมายของการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการคิดอย่างมีวิจารณญาณ
    3.2 ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการคิดอย่างมีวิจารณญาณ
4. มาตรฐานสะเต็มศึกษา
    4.1 ความสำคัญของมาตรฐานสะเต็มศึกษา
    4.2 สมรรถนะตามมาตรฐานสะเต็มศึกษา
5. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์
    5.1 ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์
    5.2 การวัดและประเมินผลของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์
6. ความพึงพอใจ
    6.1 ความหมายของความพึงพอใจ
    6.2 ความสำคัญของความพึงพอใจ
    6.3 การวัดและประเมินความพึงพอใจ

1. สะเต็มศึกษา

1.1 ความหมายของสะเต็มศึกษา

คำว่า “สะเต็ม” หรือ “STEM” เป็นคำย่อจากภาษาอังกฤษของศาสตร์ 4 สาขาวิชา ได้แก่ วิทยาศาสตร์ (Science) เทคโนโลยี (Technology) วิศวกรรมศาสตร์(Engineering) และคณิตศาสตร์ (Mathematics) นักวิชาการได้ให้นิยามของ สะเต็มศึกษา (STEM Education) หลายท่านได้ให้นิยามไว้ สามารถอธิบายได้ว่า สะเต็ม หมายถึง แนวทางการจัดการศึกษาให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้และสามารถบูรณาการความรู้ระหว่างศาสตร์สาขาต่าง ๆ ทั้ง 4 ศาสตร์ โดยนำข้อดีและเทคนิคของแต่ละสาขาวิชามารวมเข้าด้วยกัน โดยการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษามุ่งเน้นแก้ไขเหตุการณ์ปัญหาที่สามารถพบได้ และยังเป็นการส่งเสริมการพัฒนาทักษะสำคัญในปัจจุบัน หรือความชำนาญที่ต้องมีสำหรับศตวรรษที่ 21 ส่งเสริมประสบการณ์ทักษะที่จำเป็นในการใช้อยู่ในสังคม ความคิดอย่างแตกต่างหลากหลาย และเป็นการเตรียมความพร้อมให้กับนักเรียนที่ต้องใช้ความรู้และทักษะกระบวนการด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์และเทคโนโลยี รวมทั้งนำไปสู่การคิดค้นนวัตกรรมในอนาคต (ชลาธิป สมาหิโต, 2558; พรทิพย์ ศิริภัทราชัย, 2556; มนตรี จุฬาวัฒนทล, 2556; สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2557) นอกจากนี้ยังมีผู้ให้ความหมายในประเด็นเพิ่มเติมนอกเหนือจากการบูรณาการเนื้อหา 4 วิชานั้น สะเต็มยังหมายถึงการบูรณาทักษะทางวิศวกรรมศาสตร์ลงสู่วิธีการเรียนรู้ (Learning Strategies) และวิธีการจัดการเรียนรู้(Teaching Strategies) อาทิ การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน (สิรินภา กิจเกื้อกูล, 2558) ซึ่งกิตติพศ ศิริสูตร (2560) ได้อธิบายไว้ว่าแต่ละวิชามีจุดเด่นดังนี้

วิทยาศาสตร์(s) ศึกษาในเรื่องของความเข้าใจในสิ่งต่าง ๆ รอบตัว โดยอาศัยกระบวนสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (Scientific inquiry)

เทคโนโลยี(T) ศึกษาเกี่ยวกับขั้นตอนการทำงานเพื่อแก้ปัญหา ปรับปรุงแก้ไขหรือพัฒนาสิ่งต่าง ๆ ในธรรมชาติเพื่อตอบสนองความต้องการหรือความจำเป็นของมนุษย์

วิศวกรรมศาสตร์(E) ศึกษาเกี่ยวกับการคิดค้นสิ่งใหม่ๆ เพื่อสร้างประโยชน์ในทางเศรษฐกิจและอำนวยความสะดวกของมนุษย์ บนฐานของการออกแบบ เน้นการแก้ปัญหาเพื่อพัฒนาและสร้างสรรค์ชิ้นงาน

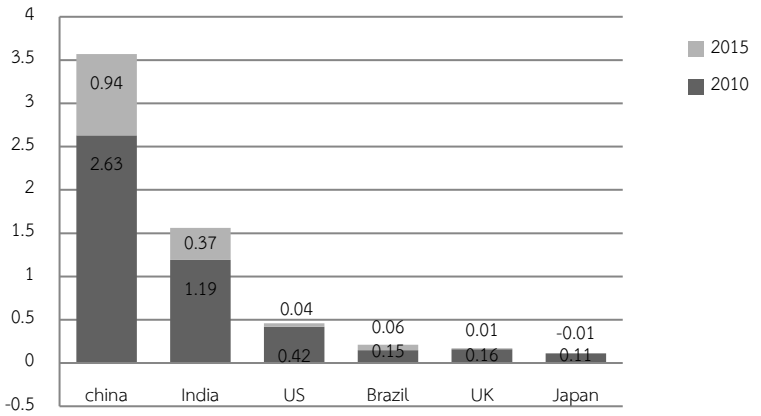
คณิตศาสตร์(M) ศึกษาเรื่องตัวเลข เน้นการมองหารูปแบบและความสัมพันธ์ของสิ่งต่าง ๆ ซึ่งอาจเป็นตัวเลข รูปทรงเรขาคณิตหรือชุดของสมการต่าง ๆ โดยใช้ทักษะด้านการคำนวณเป็นพื้นฐาน

จากข้อมูลที่กล่าวมาสรุปได้ว่า สะเต็มศึกษา (STEM Education) เป็นแนวทางในการจัดการเรียนรู้เพื่อแก้ปัญหาที่พบ โดยลดบทบาทครูและเน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ ที่มีการบูรณาการเนื้อหาระหว่าง 4 สาขาวิชา ได้แก่ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ โดยเน้นให้ผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติจริง โดยนำข้อค้นพบที่ได้จากการศึกษาทั้ง 4 ศาสตร์ มาคิดขั้นตอนการกำจัดปัญหาหรือหาวิธีการแก้ไขสิ่งต่าง ๆ ให้ดีขึ้น เพื่อให้ตรงกับความต้องการหรือแก้ปัญหาที่เกี่ยวเนื่องกับการดำรงชีวิต และเกิดทักษะที่จำเป็นในศตวรรษที่ 21

1.2 ที่มาและความสำคัญของสะเต็มศึกษา

แนวคิดสะเต็มศึกษามีจุดเริ่มต้นที่ประเทศอเมริกา ซึ่งพบว่าระดับความสามารถในการคิดค้นหรือสร้างสิ่งใหม่ ๆ ของอเมริกาไม่ได้โดดเด่นอย่างรอบด้านเหมือนอดีต แต่ขณะเดียวกันหลายๆ ประเทศทั่วโลกพยายามปรับปรุงประเทศตนเองให้มีความก้าวหน้ามากขึ้น โดยพบว่า การทดสอบในระดับนานาชาติหรือการทดสอบ PISA และการทดสอบด้านคณิตศาสตร์วิทยาศาสตร์ระดับสากลหรือการทดสอบ TIMSS ของประเทศอเมริกามีคะแนนต่ำกว่าหลายประเทศ คะแนนลดลงจากเดิม ซึ่งแสดงให้เห็นถึงความไม่ก้าวหน้าของการจัดการศึกษาในปี ค.ศ. 2006 เมื่อเทียบกับปีค.ศ. 2003 รวมทั้งรายงานของ Phi Delta Kappan กล่าวว่านักเรียนอเมริกันทำคะแนนได้ต่ำในเรื่องของการแก้โจทย์ปัญหา(Bellanca, 2010; Dejarnette, 2012) นอกจากนั้น นักเรียนนักศึกษาที่สนใจศึกษาต่อทางด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ลดจำนวนลง อีกทั้งประชากรวัยทำงานทางด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และวิศวกรเองก็มีจำนวนน้อยลงเช่นกัน นั่นแสดงว่าเรากำลังเจอกับปัญหาการขาดแรงงานมนุษย์ในด้านดังกล่าว ส่งผลให้เกิดปัญหาด้านเศรษฐกิจตามมา ดังนั้นแนวคิดการศึกษาแบบสะเต็มศึกษา จึงเป็นแนวทางที่จะช่วยแก้ปัญหาดังกล่าวได้ โดยคาดหวังว่า จะช่วยพัฒนาผลการประเมินต่างๆ เช่น PISA ให้สูงขึ้น ส่งผลให้ประชากรมีคุณภาพ ประเทศพัฒนาทำให้ปัญหาต่าง ๆ ของประเทศลดลง มีการร่วมลงทุนทำธุรกิจในประเทศได้มากขึ้น (Rachel, 2008)

นอกจากอเมริกาแล้ว ยังมีประเทศอื่นๆ อีกที่ประสบปัญหาเช่นเดียวกันนี้เช่น อังกฤษ ออสเตรเลีย จีน อินเดีย บราซิล และญี่ปุ่น เป็นต้น ต้องเร่งสร้างบัณฑิตด้าน STEM ให้มีคุณสมบัติเหมาะสมกับการจ้างงานในประเทศ และสามารถแข่งขันกับประชากรประเทศอื่น ๆ ซึ่งจากการศึกษางานวิจัยพบว่าจีนเป็นประเทศที่สามารถผลิตนักศึกษาที่จบด้าน STEM ได้มากที่สุดในโลกโดยดูจาก (ภาพประกอบ 2) ข้อมูลดังกล่าวบ่งชี้ให้เห็นว่าในช่วงปี 2010-2015 จีนและอินเดียสามารถผลิตบัณฑิตด้าน STEM ได้มากที่สุด และจะมีโอกาสพัฒนาความสามารถในการแข่งขันของประเทศเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว (Craig, Thomas, Hou, และ Mathur, 2011)



ภาพประกอบ 2 แสดงจำนวนบัณฑิตด้าน STEM ในปี ค.ศ.2010-2015 ในแต่ละประเทศ

ที่มา: Accenture Institute for High Performance

สำหรับประเทศไทยนั้นก็กำลังประสบปัญหาเช่นเดียวกับอเมริกาและประเทศอื่น ๆ ในเรื่องของการศึกษาวิทยาศาสตร์ คณิตศาตร์และเทคโนโลยี เช่นเดียวกัน ได้แก่ (มนตรี จุฬาวัฒนฑล, 2556)

1. เยาวชนไทยขาดความรู้ความสามารถด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเมื่อเทียบกับประเทศอื่น ๆ แม้ว่าเยาวชนไทยจะสามารถเข้าร่วมการแข่งขันและได้รับรางวัลในการแข่งขันโอลิมปิกวิชาการได้มาตลอดทุกปี แต่จากผลการทดสอบ PISA และ TIMSS แสดงให้เห็นนักเรียนไทยโดยรวมยังมีทักษะความรู้ด้านการอ่าน วิทยาศาสตร์ และคณิตศาสตร์ ยังตามหลังอีกหลายประเทศ สาเหตุหลักเกิดจากการจัดการเรียนรู้แบบท่องจำ ขาดการคิดวิเคราะห์ แยกแยะ อีกทั้งขีดความสามารถทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยียังล้าหลังกว่าหลายประเทศ เช่น เกาหลี สิงคโปร์และจีน เป็นต้น

2. ประเทศไทยต้องการหลุดพ้นจากการเป็นประเทศที่มีรายได้ปานกลาง ในอดีตประเทศไทยมีรายได้ต่ำ แต่ปัจจุบันประเทศไทยเป็นประเทศที่มีรายได้จัดอยู่ในกลุ่มปานกลาง โดยการพัฒนาที่อยู่อาศัย ค่าแรงราคาถูก และสิ่งที่มีคุณค่าในธรรมชาติที่มีอยู่อย่างมากมาย ในภายภาคหน้าค่าแรงของประเทศกำลังเพิ่มสูงขึ้นและทรัพยากรเริ่มขาดแคลน ดังนั้นจึงจำเป็นต้องเพิ่มรายได้สูงขึ้นเพื่อให้เกิดความสมดุลกับทรัพยากรที่มีอยู่อย่างจำกัด ในปี พ.ศ. 2555 สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติได้เสนอการบูรณาการยุทธศาสตร์ประเทศ (Country Strategy) เพื่อให้ประเทศไทยหลุดพ้นจากการเป็นประเทศที่มีรายได้ปานกลางจึงต้องหาวิธีการพัฒนาขีดความสามารถให้กับประชากรในประเทศในด้านความสามารถทาง

วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี และการผลิตสิ่งของใหม่ ๆ ซึ่งเป็นสิ่งที่คนรุ่นใหม่จำเป็นต้องได้รับการส่งเสริม

3. กำลังคนด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีไม่เพียงพอต่อสังคมภาคหน้า ข้อมูลจากสำนักงานคณะกรรมการนโยบายวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและนวัตกรรมแห่งชาติ แสดงให้เห็นว่าในปี พ.ศ. 2544 ประเทศไทยมีกำลังแรงงานประมาณ 39 ล้านคน แต่มีประมาณ 3 ล้านคน หรือน้อยกว่า 10% ของแรงงานทั้งหมดที่เป็นกำลังคนที่ทำงานโดยอาศัยความรู้ด้านวิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยี หรือ กำลังคนหรือแรงงานด้านสะเต็ม (STEM Workforce) ในจำนวนนี้ 89% สำเร็จการศึกษาต่ำกว่าปริญญาตรี

ดังนั้นหน่วยงานที่สำคัญที่รับผิดชอบในด้านการพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีได้รู้ถึงความสำคัญของสะเต็มศึกษา (STEM Education) จึงกำหนดให้เป็นโครงการสำคัญด้านหลักสูตรและกระบวนการเรียนรู้ตามจุดเน้น 6 ข้อ เพื่อให้เป็นนวัตกรรมการจัดการศึกษาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีสำหรับสร้างคนไทยรุ่นใหม่ และรองรับการพัฒนาประชากรของประเทศอย่างเหมาะสม ตรงกับความต้องการของประเทศ (กระทรวงศึกษาธิการ, 2559) ซึ่งตรงกับ พรทิพย์ ศิริภัทราชัย (2556) มีความเห็นว่า การจัดการศึกษาแบบสะเต็มส่งผลให้ผู้เรียนเกิดการพัฒนาการอย่างรอบด้าน และตรงกับแนวการส่งเสริมบุคคลให้มีคุณภาพในศตวรรษที่ 21 เช่น มีการพัฒนาด้านความรู้ ทำให้ผู้เรียนเข้าใจในเนื้อหาวิชามากยิ่งขึ้น ด้านทักษะการคิดโดยเฉพาะการคิดขั้นสูง เช่น การคิดอย่างมีวิจารณาณ การคิดวิเคราะห์แยกแยะ การคิดสร้างสรรค์ ฯลฯ ด้านคุณลักษณะ ผู้เรียนจะเกิดความสามารถในการติดต่อสื่อสารที่มีประสิทธิภาพ การเป็นผู้นำ รวมถึงการยอมรับคำวิพากษ์วิจารณ์ของคนอื่นได้

1.3 การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา

การจัดการศึกษาตามแนวคิดสะเต็มศึกษาจำเป็นต้องสอดคล้องกับหลักสูตรหรือมาตรฐานการเรียนรู้อยู่ และเป็นการนำไปบูรณาการกับกิจกรรมการเรียนรู้แบบเดิม เพื่อมิให้เป็นภาระกับครูเพราะอาจจะเป็นปัญหากับการเรียนการสอนได้ นอกจากนั้นยังพบว่ากระบวนการของการจัดการเรียนการสอนทางวิทยาศาสตร์ได้มุ่งเน้นแนวคิดการทดลองทางวิทยาศาสตร์ ที่ไม่เพียงแต่ค้นคว้าเพื่อให้ได้คำตอบและยังมุ่งเน้นการลงมือทำทั้งการทดลองและการสร้างสรรค์ชิ้นงาน โดยการใช้ความรู้ควบคู่กับคณิตศาสตร์และใช้กระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมและเทคโนโลยี (Engineering and Technological Design Process) นักเรียนจะเกิดทักษะต่าง ๆ ในขณะทำกิจกรรม ข้อควรปฏิบัติในการสอนสะเต็มศึกษาคือ จะต้องใช้องค์ประกอบของเหตุการณ์ให้อยู่รอบตัวนักเรียน ใกล้เคียงกับเหตุการณ์จริง และให้นักเรียนมองว่าเป็นสิ่งใกล้ตัว มีการใช้คำถามปลายเปิดเพื่อให้ผู้เรียนได้ฝึกคิดแก้ปัญหา (Problem Solving) ฝึกการคิดเชิงระบบ

(Systems Thinking) และการคิดวิเคราะห์ (Critical Thinking) มุ่งเน้นการทำงานเป็นทีม และให้นักเรียนฝึกใช้อุปกรณ์ สื่อ และเทคโนโลยีที่พบเห็นได้ทั่วไป เพื่อเป็นเครื่องมือในการเรียนรู้ (เช่น ในการสืบค้นข้อมูล) รวมถึงมีการฝึกการนำเสนอผลงานที่นักเรียนได้จัดทำ ช่วยให้นักเรียนตระหนักถึงจุดมุ่งหมาย เหตุผล กระบวนการในการเรียนรู้ (อภิสิทธิ์ ธงไชย, 2556)

จากที่เกริ่นนำมาแล้วว่า สะเต็มศึกษา เป็นวิธีการจัดการเรียนรู้แบบประยุกต์ใช้ความรู้หลายวิชา จึงมีการเสนอแนวทางการบูรณาการเป็น 4 ระดับ ดังนี้ (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2557)

1. แบบภายในวิชา เป็นวิธีการสอนคล้ายเดิม นักเรียนยังได้เรียนเนื้อหาและฝึกทักษะของแต่ละวิชาที่เกี่ยวข้องกับสะเต็มแยกกัน การจัดการเรียนรู้แบบนี้คือ การจัดการเรียนรู้ที่เป็นอยู่ทั้วไป ที่ครูผู้สอนแต่ละวิชาต่างจัดการเรียนรู้ให้แก่นักเรียนตามรายวิชาของตนเอง

2. แบบพหุวิทยาการ เป็นการจัดรูปแบบให้นักเรียนได้เรียนเนื้อหาและฝึกทักษะของวิชาต่าง ๆ แยกกันคล้ายกับแบบภายในวิชา แต่จะมีหัวข้อหลักที่ครูทุกวิชาตกลงร่วมกัน จากนั้นครูแต่ละวิชาก็จะสอนให้มีการอ้างอิงถึงความเชื่อมโยงหัวข้อหลักกับความรู้ในวิชานั้น ๆ การจัดรูปแบบนี้ช่วยให้ผู้เรียนเห็นเชื่อมโยงวิชานั้น ๆ กับสิ่งที่อยู่รอบตัว เช่น ถ้าครูผู้สอนแต่ละวิชากำหนดร่วมกันว่าจะใช้กระติบข้าวเป็นหัวข้อหลัก ครูผู้สอนวิชาเทคโนโลยีอาจจะเริ่มแนะนำกระติบข้าวได้ว่า กระติบข้าวจัดเป็นเทคโนโลยีอย่างง่ายที่มนุษย์ สร้างขึ้นเพื่อสร้างความสะดวกและตอบโจทย์ปัญหาที่ต้องการเก็บความร้อนของข้าวในได้นาน ในขณะที่ครูวิทยาศาสตร์ยกตัวอย่างกระติบข้าวเพื่อสอนการถ่ายโอนความร้อน ครูคณิตศาสตร์สามารถใช้กระติบข้าวสอนเรื่องรูปทรงและให้นักเรียนหาพื้นที่ผิวและปริมาตรของกระติบข้าวได้

3. แบบสหวิทยาการ เป็นการจัดรูปแบบให้ทำกิจกรรมร่วมกัน 2 วิชาขึ้นไป โดยลักษณะกิจกรรมจะมีการเชื่อมโยงทุกวิชา เพื่อให้นักเรียนได้เห็นความสัมพันธ์กัน การเรียนในรูปแบบนี้ครูในแต่ละวิชาต้องทำงานร่วมกัน โดยครูผู้สอนจะต้องพิจารณาเนื้อหาหรือตัวชี้วัดที่ตรงกันและออกแบบกิจกรรมในรายวิชาของตนเอง ให้เกี่ยวเนื่องกับวิชาอื่น ผ่านเนื้อหาหรือตัวชี้วัดนั้น เช่น ในวิชาวิทยาศาสตร์ เมื่อศึกษาเรื่องการถ่ายโอนความร้อนและฉนวนกันความร้อนแล้ว ครูกำหนดให้ศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการเก็บอุณหภูมิของกระติบข้าว โดยขอให้ครูวิชาอื่นๆสอนตามเนื้อหาที่ต้องการใช้ก่อนที่นักเรียนจะมาทำการทดลอง เช่น สอนคำนวณหาพื้นที่และปริมาตรของรูปเรขาคณิตก่อน จากนั้นให้นักเรียนเริ่มทำการทดลองและเก็บข้อมูลเรียบร้อยแล้ว ให้นำข้อมูลจากการทดลองไป สร้างกราฟและตีความผลการทดลองในวิชาคณิตศาสตร์

4. แบบข้ามสาขาวิชา เป็นการจัดการเรียนรู้ที่ทำให้ผู้เรียนมองเห็นความเกี่ยวเนื่องของความรู้และทักษะที่ได้เรียนจาก 4 สาระวิชา กับเหตุการณ์ที่เกิดขึ้น โดยให้นักเรียนประยุกต์ความรู้และทักษะเหล่านั้นในการมาใช้ในการสร้างวิธีการหรือขั้นตอนแก้ปัญหาที่เกิดขึ้น

และสร้างประสบการณ์การเรียนรู้ของตนเอง ครูผู้สอนจัดกิจกรรมตามความสนใจหรือ ความถนัดให้เป็นปัญหาของนักเรียน โดยครูกำหนดขอบเขตหรือหัวข้อหลักของปัญหากว้าง ๆ แล้วให้นักเรียนระบุปัญหาที่เฉพาะเจาะจงและวิธีการแก้ปัญหา ทั้งนี้ ในการกำหนดกรอบของปัญหาให้นักเรียนศึกษานั้น ครูต้องคำนึงถึงปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการเรียนรู้ของนักเรียน 3 ปัจจัย ได้แก่

1) ปัญหาที่เป็นความสนใจของนักเรียน

2) ตัวชี้วัดในวิชาต่างๆที่เกี่ยวข้อง

3) ความรู้พื้นฐานของนักเรียน

สำหรับแนวทางการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาในการวิจัยนี้ ผู้วิจัยเลือกการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาแบบบูรณาการภายในวิชา ซึ่งผู้วิจัยเป็นผู้สอนเองโดยเน้นเนื้อหาวิชาวิทยาศาสตร์เป็นหลัก และใช้การบูรณาการรายวิชาอื่น ๆ จากเนื้อหาที่นักเรียนกำลังเรียนในเทอมนั้น

จำรัส อินทลาภาพร และคนอื่น ๆ (2558) กล่าวว่าในการเลือกรูปแบบการบูรณาการไปใช้ ครูผู้สอนควรคำนึงถึงความเหมาะสมของเนื้อหา หรือตามบริบทที่พบเห็นในสถานศึกษา สิ่งที่ควรตระหนักถึงในการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการเพื่อให้มีประสิทธิภาพสูงสุดต่อผู้เรียนมีดังนี้

1. จัดกิจกรรมให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในกระบวนการเรียนรู้ให้มากที่สุด

2. จัดให้ทำงานเป็นกลุ่ม โดยจัดกิจกรรมต่าง ๆ ให้หลากหลายเพื่อให้ผู้เรียนได้มีส่วนร่วมในการทำงานด้วยกัน

3. จัดประสบการณ์ให้แก่ผู้เรียน โดยให้เรียนรู้จากสิ่งที่นักเรียนพบเจอได้ทั่วไปและสามารถนำความรู้นั้นไปประยุกต์ใช้ในการดำเนินชีวิตได้

4. จัดบรรยากาศในชั้นเรียนที่ทำให้รู้สึกกล้าแสดงออก โดยผู้สอนต้องให้ผู้เรียนได้แสดงความคิดและรับฟังกับผู้อื่นในกลุ่ม และห้องเรียนสม่ำเสมอ เพื่อสร้างความมั่นใจให้กับผู้เรียนในการกล้าที่จะแสดงออกหรือแสดงความคิดเห็นของตนเองออกมาอย่างมีเหตุผล

5. ปลูกฝังจิตสำนึก คุณธรรมจริยธรรมที่ถูกต้องและดีงาม โดยสอดแทรกเข้าไปในกระบวนการจัดการเรียนรู้ เพื่อให้ผู้เรียนสามารถมีจิตสำนึกที่ดี แยกแยะความถูกผิดในการดำรงชีวิตในสังคมได้

ดังนั้นในรูปแบบการจัดการศึกษาตามแบบสะเต็มศึกษา ครูเป็นผู้ที่มีส่วนสำคัญอย่างมาก เพราะต้องมีความรู้พื้นฐาน และเห็นความสำคัญของการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา ดังนี้ คือ

1. สนับสนุนให้นักเรียนสนใจและเห็นคุณค่าของการเรียนในทุกสาระวิชา

2. สนับสนุนให้นักเรียนสามารถเชื่อมโยงแนวคิดในทุกสาระวิชา

3. สนับสนุนให้นักเรียนเข้าใจเนื้อหาและกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์มากขึ้น

4. สนับสนุนให้นักเรียนมีส่วนร่วมในการเรียนรู้แบบกระตือรือร้น และตระหนักถึงความหมายของการเรียนรู้เนื้อหาที่เฉพาะเจาะจง

5. ให้ผู้เรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้น

6. สนับสนุนทักษะการแก้ปัญหาให้แก่ผู้เรียน

7. สนับสนุนให้ผู้เรียนสนใจประกอบอาชีพด้านสะเต็มมากขึ้น

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีได้แนะนำแนวทางการนำกิจกรรมสะเต็มศึกษาไปใช้ในการจัดการเรียนรู้ในชั้นเรียน สามารถดำเนินการได้ 3 แนวทาง ได้แก่ (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2557)

1. จัดกิจกรรมสอดแทรกไปตามเนื้อหาที่เกี่ยวข้องของแต่ละรายวิชาภายในคาบเรียน ซึ่งกิจกรรมสะเต็มศึกษาที่จะนำเข้าไปสอดแทรกในคาบเรียนนั้น มักจะเป็นกิจกรรมที่มีจำนวนชั่วโมงที่เหมาะสมที่จะสามารถจัดกิจกรรมได้เสร็จสิ้นภายในคาบเรียน โดยผู้สอนแต่ละรายวิชาอาจพิจารณาจากตัวชี้วัดของกิจกรรมนั้นๆ เป็นเกณฑ์ หรือพิจารณาจากจุดประสงค์ของกิจกรรมก็ได้ว่าเกี่ยวข้องกับเนื้อหาใดบ้าง จากนั้นเมื่อถึงคาบเรียนในเนื้อหานั้นๆ ก็สามารถนำกิจกรรมสะเต็มศึกษาเข้าไปใช้ในการจัดการเรียนการสอนได้

2. จัดกิจกรรมไว้ในรายวิชาเลือกเสรีของกลุ่มวิชาต่างๆ โดยการสอนในรูปแบบนี้อาจทำได้ในรายวิชาที่เกี่ยวข้องกับการแก้โจทย์ปัญหาพิเศษ หรือการทำโครงงาน เป็นต้น รูปแบบการสอนโดยวิธีนี้เหมาะสำหรับกิจกรรมสะเต็มศึกษาที่ต้องใช้ระยะเวลาในการดำเนินกิจกรรมค่อนข้างมากหรือมีความซับซ้อนและยาก และมีข้อดีที่ทางผู้สอนสามารถจัดหาอาจารย์ที่ปรึกษาให้แก่ผู้เรียนได้ครอบคลุมในเนื้อหาที่เกี่ยวข้องเพื่อให้คำแนะนำในการแก้ปัญหา หรือออกแบบและสร้างชิ้นงานของผู้เรียนได้

3. จัดกิจกรรมไว้ในกลุ่มกิจกรรมนอกห้องเรียนต่างๆ เช่น ชุมนุม ชมรม ค่าย ซึ่งรูปแบบการจัดกิจกรรมแบบนี้มักเป็นกิจกรรมสะเต็มศึกษาที่มีหัวข้อหรือหัวเรื่องที่เกี่ยวข้องกับการแก้ไขปัญหาต่างๆ เช่น ปัญหาสิ่งแวดล้อม การอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม การสร้างวิธีการใหม่ ๆ ที่สามารถใช้ในการแก้ปัญหาต่าง ๆ ของส่วนรวม การจัดกิจกรรมโดยวิธีนี้มีข้อดีที่ผู้เรียนสามารถทำกิจกรรมได้ตลอดเวลาและต่อเนื่อง

แนวทางการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาผู้สอนสามารถจัดการเรียนรู้ได้หลากหลายโดยเน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ จากการศึกษาข้อมูลจากนักวิชาการและงานวิจัยต่าง ๆ ได้แก่ จำรัส อินทลาภาพร และคนอื่น ๆ (2558); ชลาธิป สมาหิโต (2558); สถาบันส่งเสริม

การสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2557); สนธิ พลชัยยา (2557); สุพรรณี ชาญประเสริฐ (2558) ผู้วิจัยพบว่า รูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่สอดคล้องกับแนวทางสะเต็มศึกษาที่นิยมกันมากที่สุด คือ การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ ซึ่งกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (Inquiry process) เป็นกระบวนการเรียนรู้ที่ให้ผู้เรียนสร้างองค์ความรู้ใหม่ด้วยตนเอง โดยผ่านกระบวนการคิดและปฏิบัติ และใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์เป็นเครื่องมือ เช่น การสำรวจ การสังเกต การวัด การจำแนกประเภทการทดลอง การสร้างแบบจำลอง การสืบค้นข้อมูล เป็นต้น (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 2549; สำนักวิชาการและมาตรฐานการศึกษา. 2551) เทคนิคและวิธีการสอนแบบสืบเสาะ ที่ถูกนำมาใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางของสะเต็มส่วนใหญ่ ได้แก่

1. การจัดการเรียนรู้แบบ 5E เป็นวิธีการหรือแนวทางที่ทำให้ผู้เรียนสร้างหรือได้รับองค์ความรู้ด้วยตัวผู้เรียนเอง ผ่านกระบวนการสำรวจ ตรวจสอบ หรือทดลอง โดยมีครูทำหน้าที่เป็นผู้ช่วย สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2555) เสนอวิธีการจัดกิจกรรมมีทั้งหมด 5 ขั้นตอน ดังนี้

1.1 ขั้นกระตุ้นความสนใจ (Engagement) เป็นการนำเข้าสู่บทเรียนด้วยเรื่องที่กำลังเป็นข่าวดังหรือเรื่องที่นักเรียนสนใจ ซึ่งอาจเกิดขึ้นเองจากความสงสัย หรืออาจเริ่มจากความสนใจของตัวนักเรียนเองหรือเกิดจากการอภิปรายกันในกลุ่ม เรื่องที่น่าสนใจอาจมาจากเหตุการณ์ที่กำลังเกิดขึ้นอยู่ในช่วงเวลานั้น หรือเป็นเรื่องที่เชื่อมโยงกับความรู้เดิมที่เรียนรู้มาแล้ว เป็นตัวกระตุ้นให้นักเรียนสร้างคำถาม กำหนดประเด็นที่จะศึกษา ในกรณีที่ยังไม่มีประเด็นใดน่าสนใจ ครูอาจให้ศึกษาจากสื่อต่าง ๆ หรือเป็นผู้เร้าความสนใจด้วยการแนะนำประเด็นขึ้นมาก่อน แต่ไม่ควรบังคับให้นักเรียนยอมรับประเด็นหรือคำถามที่ครูกำลังสนใจเป็นเรื่องที่จะใช้ศึกษาเมื่อมีคำถามที่น่าสนใจ และนักเรียนส่วนใหญ่ยอมรับให้เป็นประเด็นที่ต้องการหาคำตอบ จึงร่วมกันกำหนดขอบเขตและแจกแจงรายละเอียดของเรื่องที่จะศึกษาให้มีความชัดเจนยิ่งขึ้น อาจรวมทั้งการรวบรวมความรู้ประสบการณ์เดิม หรือความรู้จากแหล่งต่าง ๆ ที่จะช่วยให้นำไปสู่ความเข้าใจเรื่องหรือประเด็นที่จะศึกษามากขึ้น และมีแนวทางที่ใช้ในการสำรวจตรวจสอบอย่างหลากหลาย

1.2 ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration) เมื่อทำความเข้าใจในประเด็นหรือคำถามที่สนใจจะศึกษาอย่างถ่องแท้แล้ว ก็มีการวางแผนกำหนดแนวทางการสำรวจตรวจสอบ ตั้งสมมติฐาน กำหนดทางเลือกที่เป็นไปได้ ลงมือปฏิบัติเพื่อเก็บรวบรวมข้อมูล ข้อสนเทศ หรือปรากฏการณ์ต่าง ๆ วิธีการตรวจสอบอาจทำได้หลายวิธี เช่น ทำการทดลอง ทำกิจกรรมภาคสนาม การใช้คอมพิวเตอร์เพื่อช่วยสร้างสถานการณ์จำลอง (Simulation) การศึกษาหาข้อมูลจากเอกสารอ้างอิงหรือจากแหล่งข้อมูลต่าง ๆ เพื่อให้ได้มาซึ่งข้อมูลอย่างเพียงพอที่จะใช้ในขั้นต่อไป

1.3 ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation) เมื่อได้ข้อมูลอย่างเพียงพอจากการสำรวจตรวจสอบ แล้วจึงนำข้อมูล ข้อสนเทศ ที่ได้มาวิเคราะห์ แปลผล สรุปผล และนำเสนอผลที่ได้ในรูปต่าง ๆ เช่น บรรยายสรุป สร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ หรือรูปวาด สร้างตาราง ฯลฯ การค้นพบในขั้นนี้อาจเป็นไปได้หลายทาง เช่น สนับสนุนสมมติฐานที่ตั้งไว้ โต้แย้งกับสมมติฐานที่ตั้งไว้ หรือไม่เกี่ยวข้องกับประเด็นที่ได้กำหนดไว้ แต่ผลที่ได้จะอยู่ในรูปใดก็สามารถสร้างความรู้และช่วยให้เกิดการเรียนรู้ได้

1.4 ขั้นขยายความรู้ (Elaboration) เป็นการนำความรู้ที่สร้างขึ้นไปเชื่อมโยงกับความรู้เดิมหรือแนวคิดที่ได้ค้นคว้าเพิ่มเติม หรือนำแบบจำลองหรือข้อสรุปที่ได้ไปใช้อธิบายสถานการณ์หรือเหตุการณ์อื่นๆ ถ้าใช้อธิบายเรื่องต่าง ๆ ได้มากก็แสดงว่าข้อจำกัดน้อย ซึ่งก็จะช่วยให้เชื่อมโยงกับเรื่องต่างๆ และทำให้เกิดความรู้กว้างขวางขึ้น

1.5 ขั้นประเมิน (Evaluation) เป็นการประเมินการเรียนรู้ด้วยกระบวนการต่างๆ ว่านักเรียนมีความรู้อะไรบ้าง อย่างไร และมากน้อยเพียงใด จากขั้นนี้จะนำไปสู่การนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในเรื่องอื่นๆ

2. การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน (Problem-Based learning) เป็นการจัดการเรียนรู้ที่กำหนดสถานการณ์ที่เป็นปัญหาและท้าทายการคิดของผู้เรียน เพื่อกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดความสนใจและศึกษาค้นคว้าหาข้อมูลด้วยตนเองเพื่อแก้ปัญหา ซึ่งส่งผลให้ผู้เรียนสามารถนำความรู้ที่ได้รับจากผู้สอนไปประยุกต์ใช้ในสถานการณ์ต่างๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพ และเสริมสร้างให้ผู้เรียนเกิดการใฝ่เรียนรู้

ทอร์พ และเซจ (Torp และ Sage, 1998) กล่าวถึงขั้นตอนการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานดังนี้

1.ขั้นเตรียมความพร้อมของผู้เรียน มีจุดมุ่งหมายเพื่อเตรียมให้ผู้เรียนมีความพร้อมในการเผชิญกับการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน เช่น การอภิปรายเกี่ยวกับเรื่องที่จะสอนอย่างกว้างๆ

2. ขั้นพบปัญหา ในขั้นนี้มีเป้าหมายให้ผู้เรียนระบุบทบาทหน้าที่ในการแก้ปัญหาและเร้าความสนใจให้ผู้เรียนต้องการที่จะแก้ปัญหาซึ่งครูอาจจะใช้คำถามในการกระตุ้นเพื่อให้นักเรียนได้แสดงความคิดเห็นต่อปัญหา

3. ขั้นนิยาม ขั้นนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อส่งเสริมให้ผู้เรียนได้พัฒนาสิ่งที่ตนรู้ อะไรที่จำเป็นต้องรู้และแนวคิดอะไรที่ได้จากการพิจารณาเหตุการณ์ปัญหา เพื่อให้ผู้เรียนพร้อมที่จะรวบรวมข้อมูลเพื่อนำไปแก้ปัญหา

4.ขั้นกำหนดปัญหา จุดมุ่งหมายในขั้นนี้เพื่อให้ผู้เรียนได้กำหนดปัญหาที่แท้จริงจากสถานการณ์ที่ได้เผชิญ และกำหนดเงื่อนไขที่ขัดแย้งหรือเงื่อนไขที่ปรากฏในสถานการณ์ที่กำหนดให้

5. ขั้นค้นคว้าและเก็บรวบรวมข้อเท็จจริง จุดมุ่งหมายในขั้นนี้เพื่อสนับสนุนให้ผู้เรียนวางแผนและดำเนินการรวบรวมข้อมูลอย่างมีประสิทธิภาพ และเข้าใจว่าข้อมูลที่ค้นคว้ามาทำให้เข้าใจปัญหาได้อย่างไร

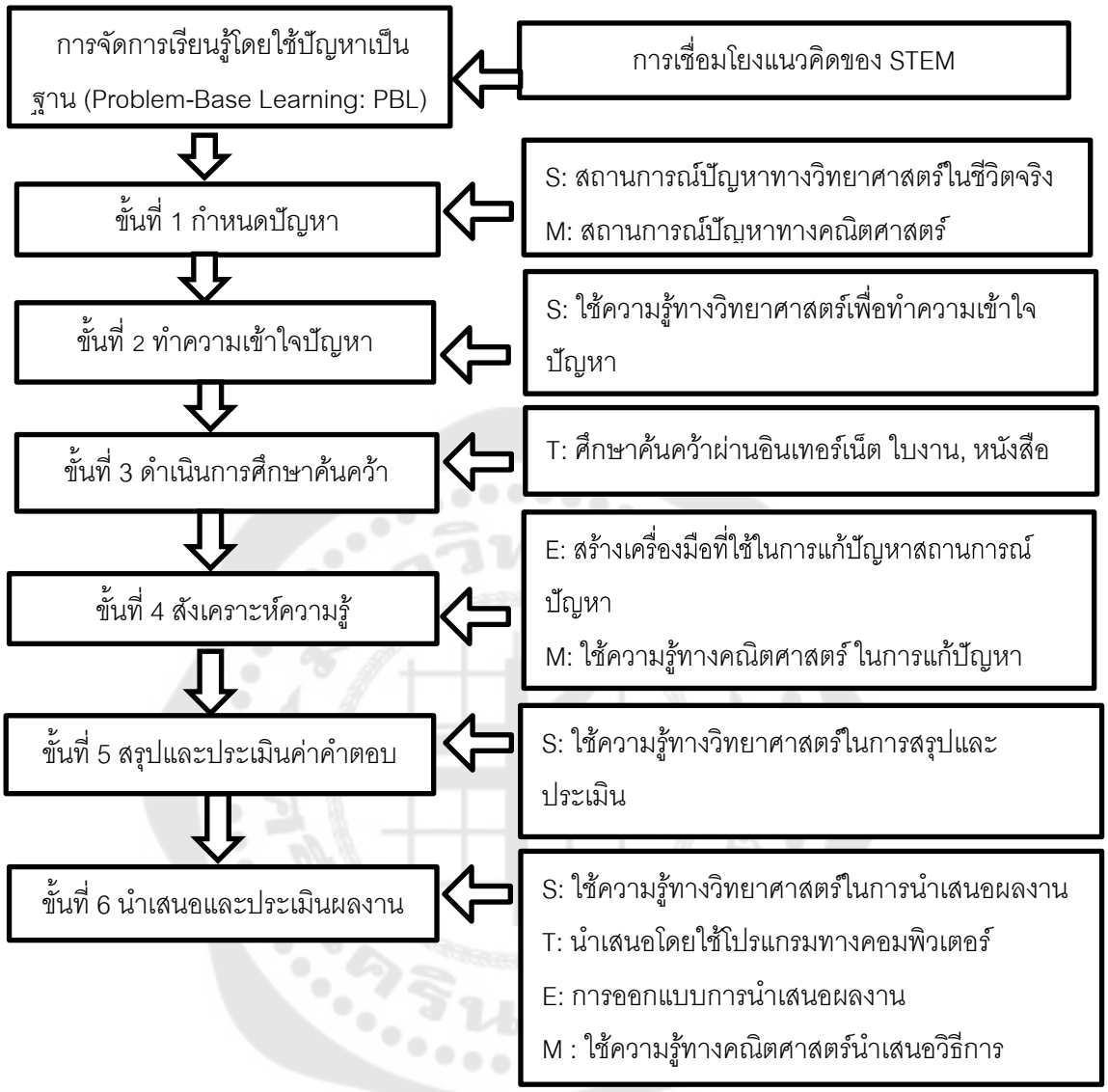
6. ขั้นการหาคำตอบที่เป็นไปได้ จุดมุ่งหมายในขั้นนี้เพื่อให้ผู้เรียนได้เชื่อมโยงระหว่างข้อมูลที่ค้นคว้ากับปัญหาที่กำหนดไว้ แล้วแก้ปัญหาบนฐานข้อเท็จจริงที่สืบค้นมา เนื่องจากปัญหาที่ใช้ในการเรียนรู้สามารถมีคำตอบได้หลายคำตอบ ดังนั้นในขั้นนี้ผู้เรียนจะต้องค้นหาคำตอบที่สามารถเป็นไปได้ให้มากที่สุด

7. ขั้นประเมินค่าของคำตอบ เป้าหมายของขั้นนี้คือเพื่อต้องการให้ผู้เรียนทำการประเมิน ข้อมูลที่ค้นคว้ามาและผลของคำตอบที่ได้ในแต่ละปัญหาซึ่งนักเรียนจะแสดงเหตุผลและร่วมกันอภิปรายในกลุ่ม

8. ขั้นการแสดงคำตอบและการประเมินผลงาน ในขั้นนี้มีจุดมุ่งหมายให้ผู้เรียนเชื่อมโยงและแสดงถึงสิ่งที่ผู้เรียนได้เรียนรู้มาอย่างไร และทำไมความรู้นั้นถึงสำคัญในขั้นนี้นักเรียนจะเสนอผลงานออกมาที่แสดงถึงกระบวนการเรียนรู้ตั้งแต่ต้นจนได้คำตอบของปัญหาซึ่งเป็นการประเมินผลงานของตนเองและกลุ่มไปด้วย

9. ขั้นตรวจสอบปัญหาเพื่อขยายการเรียนรู้ ในขั้นนี้มีเป้าหมายเพื่อให้ผู้เรียนร่วมกันกำหนดสิ่งที่ต้องการเรียนรู้ต่อไปโดยพิจารณาจากปัญหาที่ดำเนินการไปแล้วว่ามีประเด็นอะไรที่ตนเองสนใจอยากรู้อีก

ปรียานุช มานุจำ และ อุทิศ อินทร์ประสิทธิ์ (2560) ได้เสนอแนวคิดรูปแบบของการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานเชื่อมโยงกับแนวคิดของสะเต็มศึกษา ดังนี้



ภาพประกอบ 3 รูปแบบของการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานเชื่อมโยงกับแนวคิดสะเต็มศึกษา

ปราณี นันทะเสน (2560) ได้เสนอแนวทางการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางของสะเต็มศึกษา โดยมีรูปแบบการสอนที่เป็นแนวคิดของการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ ด้วยรูปแบบปัญหาเป็นฐาน แล้วนำเทคโนโลยีเข้ามาใช้ในการออกแบบชิ้นงานเพื่อใช้แก้ปัญหาตามขั้นตอนของกระบวนการทางวิศวกรรมซึ่งแบ่งออกเป็น 5 ขั้นตอน คือ

1. ขั้นการระบุปัญหา เป็นขั้นตอนที่ผู้แก้ปัญหาต้องทำความเข้าใจในสภาพแวดล้อมที่ประสบพบเจอแล้วเป็นปัญหารอบ ๆ ตัว ที่ต้องรีบแก้ไขปัญหาด้วยการสร้างสิ่งของ อุปกรณ์ หรือเครื่องมือมาช่วยแก้ปัญหานั้น

2. ขั้นค้นคว้าหาข้อเท็จจริงที่เกี่ยวข้อง เป็นการสืบค้นข้อมูลจากหลากหลายแหล่ง และรวบรวมข้อมูลหรือแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับ**การแก้ปัญหาสามารถเป็นไปได้ เพื่อเลือกแนวคิดหรือวิธีการที่ดีที่สุดสำหรับการแก้ปัญหานั้น**

3. ขั้นสร้างแบบร่างชิ้นงานหรือวิธีการขจัดปัญหา เป็นการวางแผนในการร่างแบบอุปกรณ์หรือเครื่องมือ เพื่อนำมาแก้ปัญหาเป็นลำดับขั้นตอน

4. ขั้นการทดลอง เป็นขั้นตอนการทดสอบเพื่อแก้สิ่งที่เป็นปัญหาโดยนำผลที่ได้มาใช้ในการปรับปรุงและพัฒนาชิ้นงานให้มีคุณภาพในการแก้ปัญหามากขึ้น

5. ขั้นประเมินคุณค่าและปรับปรุงแก้ไข เป็นการปรับปรุงการทดสอบ รวมถึงดูความเหมาะสมของการแก้ปัญหาหรือคุณภาพของชิ้นงานให้ได้ตามต้องการ

นันทชา อัมฤทธิ์ (2558) ได้เสนอแนวทางการนำรูปแบบการจัดการเรียนรู้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษาไปใช้ โดยมีทั้งหมด 6 ขั้น ดังนี้

1. ขั้นยืนยันปัญหา เป็นขั้นที่ครูผู้สอนจะกำหนดสถานการณ์ปัญหามาให้นักเรียนและใช้คำถามสำคัญที่เกี่ยวข้องกับปัญหาดังกล่าวถามนักเรียน เพื่อยืนยันปัญหาและให้นักเรียนร่วมระบุและอธิบายปัญหาผ่านการอภิปรายในชั้นเรียน

2. ขั้นชี้แจงปัญหา เป็นขั้นที่นักเรียนแต่ละกลุ่มจะได้อภิปรายเพื่อระบุองค์ประกอบสำคัญของปัญหา และร่วมกันอภิปรายวิธีการแก้ปัญหาโดยใช้ประเด็นความรู้เกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรม และคณิตศาสตร์

3. ขั้นวางแผน เป็นขั้นที่นักเรียนจะได้วางแนวในการสร้างแบบจำลอง รวมถึงวางกรอบการทำงานและพิจารณากระบวนการผลิตที่เป็นไปได้

4. ขั้นวางแผนการสำรอง เป็นขั้นที่นักเรียนได้วางแผนและกำหนดขั้นตอนสำรองหรือเพิ่มเติมจากการพิจารณาในขั้นก่อนหน้า เพื่อเผชิญกับอุปสรรคที่อาจเกิดขึ้นในการปฏิบัติงานจริง

5. ขั้นปรับโครงสร้าง เป็นขั้นที่นักเรียนจะเริ่มสร้างแบบจำลองของตนเองเพื่อแก้ปัญหาตามแผนการที่กำหนด นอกจากนี้นักเรียนจะต้องอธิบายถึงลักษณะโครงสร้างของแบบจำลองอย่างง่ายได้

3. การจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐาน (Project-Based Learning) จำรัส อินทลาภาพร และคนอื่น ๆ (2558) กล่าวว่า เป็นการจัดการเรียนรู้ที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนเลือกทำโครงงานที่ตนเองสนใจ โดยร่วมกันสำรวจ สังเกต และกำหนดเรื่องที่ตนเองสนใจ มีการวางแผนในการทำโครงงานร่วมกัน โดยศึกษาหาข้อมูลความรู้ที่จำเป็น และลงมือปฏิบัติตามแผนที่กำหนดจนได้ข้อค้นพบหรือองค์ความรู้ใหม่ แล้วเขียนรายงาน และนำเสนอต่อสาธารณชน และนำ

ผลงานเละประสบการณ์ทั้งหมดมาอภิปราย แลกเปลี่ยนเรียนรู้ และสรุปผลการเรียนรู้ที่ได้รับจากประสบการณ์ที่ได้รับทั้งหมด

4. กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม สุทธิดา การีมี (2560) กล่าวว่าเป็นขั้นตอนที่นำมาใช้ในดำเนินการเพื่อแก้ปัญหาหรือสนองความต้องการ ซึ่งกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมนี้จะเริ่มจากการระบุปัญหาที่พบแล้วกำหนดเป็นปัญหาที่ต้องการแก้ไข จากนั้นจึงทำการค้นหาแนวคิดที่เกี่ยวข้องและทำการวิเคราะห์เพื่อเลือกวิธีการที่เหมาะสมสำหรับการแก้ไข เมื่อได้วิธีการที่เหมาะสมแล้ว จากนั้นทำการวางแผนและพัฒนาสิ่งของเครื่องใช้หรือวิธีการ เมื่อสร้างชิ้นงานหรือวิธีการเรียบร้อยแล้วจึงนำไปทดสอบ หากมีข้อบกพร่องก็ให้ทำการปรับปรุงแก้ไขเพื่อให้สิ่งของเครื่องใช้หรือวิธีการนั้นสามารถใช้แก้ไขปัญหาหรือสนองความต้องการได้ ส่วนในตอนสุดท้ายจะดำเนินการประเมินผลว่าสิ่งของเครื่องใช้หรือวิธีการนั้นจะสามารถใช้แก้ปัญหาหรือสนองความต้องการได้ตามที่กำหนดไว้หรือไม่ ซึ่งกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ประกอบด้วย 6 ขั้นตอน ดังนี้

4.1 ระบุปัญหา (Problem Identification) ขั้นตอนนี้เริ่มต้นจากการที่ผู้แก้ปัญหาตระหนักถึงสิ่งที่เป็นปัญหาในชีวิตประจำวันและจำเป็นต้องหาวิธีการหรือสร้างสิ่งประดิษฐ์ (Innovation) เพื่อแก้ไขปัญหาดังกล่าว ในการแก้ปัญหาในชีวิตจริงบางครั้งคำถามหรือปัญหาที่เราระบุอาจประกอบด้วยปัญหาย่อย ในขั้นตอนของการระบุปัญหาผู้แก้ปัญหาต้องพิจารณาปัญหาหรือกิจกรรมย่อยที่ต้องเกิดขึ้นเพื่อประกอบเป็นวิธีการในการแก้ปัญหาใหญ่ด้วย

4.2 รวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา (Related Information Search) หลังจากผู้แก้ปัญหาทำความเข้าใจปัญหาและสามารถระบุปัญหาย่อย ขั้นตอนต่อไปคือการรวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหาดังกล่าว ในการค้นหาแนวคิดที่เกี่ยวข้องผู้แก้ปัญหาอาจมีการดำเนินการ ดังนี้ (1) การรวบรวมข้อมูล คือ การสืบค้นว่าเคยมีใครหาวิธีแก้ปัญหาดังกล่าวนี้แล้วหรือไม่ และหากมีเขาแก้ปัญหาอย่างไร และมีข้อเสนอแนะใดบ้าง (2) การค้นหาแนวคิด คือการค้นหาแนวคิดหรือความรู้ทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ หรือเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องและสามารถประยุกต์ในการแก้ปัญหาได้ ในขั้นตอนนี้ ผู้แก้ปัญหาควรพิจารณาแนวคิดหรือความรู้ทั้งหมดที่สามารถใช้แก้ปัญหาและจดบันทึกแนวคิดไว้เป็นทางเลือก และหลังจากการรวบรวมแนวคิดเหล่านั้นแล้วจึงประเมินแนวคิดเหล่านั้น โดยพิจารณาถึงความเป็นไปได้ ความคุ้มทุน ข้อดีและจุดอ่อน และความเหมาะสมกับเงื่อนไขและขอบเขตของปัญหาแล้วจึงเลือกแนวคิดหรือวิธีการที่เหมาะสมที่สุด

4.3 ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา (Solution Design) หลังจากเลือกแนวคิดที่เหมาะสมในการแก้ปัญหาแล้วขั้นตอนต่อไป คือ การนำความรู้ที่ได้รวบรวมมาประยุกต์เพื่อ

ออกแบบวิธีการ กำหนดองค์ประกอบของวิธีการหรือผลผลิต ทั้งนี้ ผู้แก้ปัญหาต้องอ้างอิงถึงความรู้วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยีที่รวบรวมได้ ประเมิน ตัดสินใจเลือกและใช้ความรู้ที่ได้มาในการสร้างภาพร่างหรือกำหนดเค้าโครงของวิธีการแก้ปัญหา

4.4 วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา (Planning and Development) หลังจากที่ได้ออกแบบวิธีการหาทางออกให้กับอุปสรรคต่าง ๆ แล้วขั้นตอนต่อไปคือการพัฒนาต้นแบบ (Prototype) ของสิ่งที่ได้ออกแบบไว้ในขั้นตอนนี้ผู้แก้ปัญหาต้องกำหนดขั้นตอนย่อยในการทำงาน รวมทั้งกำหนดเป้าหมายและระยะเวลาในการดำเนินการแต่ละขั้นตอนย่อยให้ชัดเจน

4.5 ทดสอบ ประเมินผลและปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน (Testing Evaluationand Design Improvement) เป็นขั้นตอนทดสอบและประเมินการใช้งานต้นแบบเพื่อแก้ปัญหา ผลที่ได้จากการทดสอบและประเมินอาจถูกนำมาใช้ในการปรับปรุงและพัฒนาผลลัพธ์ให้มีประสิทธิภาพในการแก้ปัญหามากขึ้น การทดสอบและประเมินผลสามารถเกิดขึ้นได้หลายครั้งในกระบวนการแก้ปัญหา

4.6 นำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน (Presentation) หลังจากการพัฒนา ปรับปรุง ทดสอบและประเมินวิธีการแก้ปัญหาหรือผลลัพธ์จนมีประสิทธิภาพตามที่ต้องการแล้วผู้แก้ปัญหาต้องนำเสนอผลลัพธ์ต่อสาธารณชน โดยต้องออกแบบวิธีการนำเสนอข้อมูลที่เข้าใจง่ายและน่าสนใจ

จากแนวทางการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาข้างต้นสรุปได้ว่า การจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาเป็นการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการ 4 สาขาวิชา ได้แก่ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ ผ่านการเรียนรู้หลากหลายวิธี เช่น การเรียนรู้แบบ 5E การเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐาน (Project-Based Learning) การเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน (Problem-Based Learning) หรือกระบวนการทางวิศวกรรม เป็นต้น ซึ่งการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการมี 4 ระดับ ได้แก่ 1) การบูรณาการภายในวิชา 2) การบูรณาการแบบพหุวิทยาการ 3) การบูรณาการแบบสหวิทยาการ และ4) การบูรณาการแบบข้ามสาขาวิชา โดยครูจะต้องจัดกิจกรรมให้ผู้เรียนได้ฝึกคิดแก้ปัญหา (Problem Solving) ฝึกการคิดเชิงระบบ (Systems Thinking) และการคิดวิเคราะห์ (Critical Thinking) มุ่งเน้นการทำงานเป็นทีม และให้นักเรียนฝึกใช้อุปกรณ์ สื่อ และเทคโนโลยีต่างๆ ที่พบเห็นในชีวิตจริง

สำหรับการวิจัยนี้ แนวทางการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา ผู้วิจัยเลือกการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา ด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้ปัญหาเป็นฐานเนื่องจากมีความเหมาะสมกับลักษณะของการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา มีความเหมาะสม

มากกว่าการเรียนโดยใช้โครงงานเป็นฐานที่แม้จะเหมาะกับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา แต่ไม่เหมาะสมกับบริบทของรายวิชาวิทยาศาสตร์พื้นฐาน เนื่องจากรายวิชาพื้นฐานมีมาตรฐานการเรียนรู้ ตัวชี้วัด และระยะเวลากำหนดเป็นกรอบไว้ให้ผู้เรียน ซึ่งการจัดการเรียนรู้ที่เน้นโครงงานเป็นฐานนั้นเป็นการจัดการเรียนรู้ที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้เรียนรู้ตามความสนใจ ความถนัด และความสามารถของตนเอง ผ่านกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และมีข้อจำกัดคือต้องใช้ระยะเวลาในการศึกษามาก

จากการศึกษารูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานที่บูรณาการความรู้วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ วิศวกรรมศาสตร์ และเทคโนโลยี ตามแนวทางสะเต็มศึกษา สามารถเปรียบเทียบขั้นตอนวิธีการจัดการเรียนรู้ ดังตาราง 1

ตาราง 1 เปรียบเทียบ ขั้นตอนวิธีการจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานตามแนวทางสะเต็มศึกษา

Torp; & Sage, 1998	ปรียานุช มานุจำ และ อุทิศ อินทร์ประสิทธิ์ (2560)	ปราณี นันทะแสน (2560)	นันทชา อัมฤทธิ์ (2558)
ขั้นที่ 1 เตรียมความพร้อมของผู้เรียน ขั้นที่ 2 พบปัญหา ขั้นที่ 3 นิยาม ขั้นที่ 4 กำหนดปัญหา ขั้นที่ 5 การค้นคว้ารวบรวมข้อมูล ขั้นที่ 6 การหาคำตอบที่เป็นไปได้ ขั้นที่ 7 ประเมินค่าของคำตอบ ขั้นที่ 8 การแสดงคำตอบและการประเมินผล ขั้นที่ 9 ตรวจสอบปัญหา	ขั้นที่ 1 กำหนดปัญหา ขั้นที่ 2 ทำความเข้าใจปัญหา ขั้นที่ 3 ดำเนินการศึกษาค้นคว้า ขั้นที่ 4 สังเคราะห์ความรู้ ขั้นที่ 5 สรุปและประเมินค่าของคำตอบ ขั้นที่ 6 นำเสนอและประเมินผลงาน	ขั้นที่ 1 ขั้นการระบุปัญหาหรือสถานการณ์ ขั้นที่ 2 ขั้นเก็บรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้อง ขั้นที่ 3 ขั้นการวางแผนออกแบบชิ้นงานหรือวิธีการแก้ปัญหา ขั้นที่ 4 ขั้นการทดลอง ขั้นที่ 5 ขั้นประเมินและปรับปรุงแก้ไข	ขั้นที่ 1 ขั้นยืนยันปัญหา ขั้นที่ 2 ขั้นชี้แจงปัญหา ขั้นที่ 3 ขั้นวางแผน ขั้นที่ 4 ขั้นวางแผนการสำรอง ขั้นที่ 5 ขั้นปรับโครงสร้าง ขั้นที่ 6 ขั้นประเมิน

จากการเปรียบเทียบขั้นตอนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษาพบว่าขั้นตอนของแต่ละท่านมีขั้นตอนที่ใกล้เคียงกัน คือมีการกำหนดหรือระบุปัญหา ทำความเข้าใจกับปัญหา ศึกษาค้นคว้า วางแผน สรุปและประเมินผลงานเหมือนกัน แต่มีความแตกต่างกันคือ ของ Torp; & Sage จะมีการแยกขั้นตอนแบบละเอียด แต่มีข้อค้นพบว่าบางขั้นสามารถดำเนินได้ต่อเนื่องภายในขั้นเดียวกัน เช่น ขั้นพบปัญหาและนิยาม ของปรียานุช มานุจำ และอุทิศ อินทร์ประสิทธิ์ มีขั้นสังเคราะห์ความรู้เพิ่มขึ้นจากคนอื่น ๆ ซึ่งในขั้นนี้ให้นักเรียนนำข้อมูลที่สืบค้นได้มาวิเคราะห์ จำแนก แยกแยะ เพื่อดูความน่าเชื่อถือของข้อมูลก่อนนำไปใช้ ส่วนของนันทชา อัมฤทธิ์ มีข้อแตกต่างคือมีขั้นวางแผนสำรองเมื่อแผนการแรกเกิดข้อผิดพลาด ดังนั้นผู้วิจัยจึงเลือกใช้ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ของปรียานุช มานุจำ และอุทิศ อินทร์ประสิทธิ์ เนื่องจากมีขั้นตอนความสอดคล้องกับการใช้กระบวนการคิดอย่างมีวิจารณญาณในการเลือกข้อมูลก่อนลงมือแก้ปัญหา และที่ไม่เลือกใช้ของนันทชา อัมฤทธิ์ เนื่องจากมีขั้นตอนการวางแผนสำรอง แสดงให้เห็นว่าไม่มีการวิเคราะห์และเลือกใช้ข้อมูลที่มีประสิทธิภาพก่อนนำมาออกแบบวิธีการแก้ปัญหา

1.4 การวัดและประเมินผลสะเต็มศึกษา

การวัดผลและประเมินผลตามแนวทางสะเต็มศึกษานั้น ส่วนใหญ่จะเป็นการประเมินผลในสภาพจริงที่ผู้เรียนแสดงออกขณะทำกิจกรรมเพื่อการเรียนรู้ ซึ่งสามารถสะท้อนถึงความรู้ ความคิด เจตคติ และความสามารถที่แท้จริงของผู้เรียน (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2557; สุทธิดา จำรัส, 2560)

ลักษณะสำคัญของการประเมินจากสภาพจริง

จากการศึกษาลักษณะของการประเมินสภาพจริง สามารถนำมาสรุปได้ดังนี้ (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2557; สมนึก นนธิจันทร์, 2540; สุวิทย์ มูลคำ, 2550)

1. ต้องมีการประเมินควบคู่กับการเรียนหรือทำกิจกรรมตลอดเวลา สามารถทำได้ทุกสถานการณ์ และควรประเมินอย่างต่อเนื่อง โดยใช้วิธีประเมินอย่างหลากหลาย ครอบคลุมพฤติกรรมหลายด้าน ในสถานการณ์ที่แตกต่างกัน

2. เป็นการประเมินที่มุ่งเน้นศักยภาพโดยรวมของผู้เรียนทั้งด้านความรู้ ทักษะการคิด มุ่งเน้นการตรวจสอบกระบวนการคิดที่ซับซ้อน ความสามารถและศักยภาพของผู้ที่ได้รับการเรียนรู้ที่เกิดขึ้น มากกว่าที่จะประเมินว่าผู้เรียนสามารถจดจำความรู้อะไรได้บ้าง

3. เป็นการทดสอบที่ให้ความสำคัญต่อพัฒนาการของผู้เรียน ข้อมูลควรได้จากตรวจสอบหลายๆ ด้าน สามารถนำมาใช้ในการวิเคราะห์ตัดสินจุดเด่นของผู้ที่ได้รับการเรียนรู้ที่ควร

จะให้การส่งเสริม และวิเคราะห์จุดด้อยที่จะต้องให้ความช่วยเหลือหรือพัฒนาให้ดีขึ้น เพื่อให้เกิดการพัฒนาอย่างเต็มตามศักยภาพ ความสนใจ และความสามารถของแต่ละบุคคล

4. ข้อมูลที่ได้จากการวัดคุณค่าจะสะท้อนให้เห็นถึงกระบวนการเรียนการสอนและการวางแผนการสอนของผู้สอนว่าเป็นไปตามจุดมุ่งหมายของการเรียนการสอนหรือไม่ ครูควรนำข้อมูลจากการวัดนักเรียนมาปรับวิธีการสอน การนำเสนอเนื้อหา กิจกรรมและตัวแปรที่เกี่ยวข้องให้เหมาะสมในการเรียนการสอนต่อไป

5. เป็นการประเมินที่ผู้เรียนได้มีส่วนร่วมเพื่อส่งเสริมให้ผู้เรียนรู้จักตัวเอง เชื่อมั่นในตนเองและสามารถพัฒนาตนเองได้

6. เน้นการมีส่วนร่วมระหว่างผู้เรียน ครู และผู้ปกครอง

7. เป็นการประเมินที่ทำให้การเรียนการสอนมีคุณค่า และเพิ่มความเชื่อมั่นว่าผู้เรียนสามารถถ่ายโอนการเรียนรู้ไปสู่การดำรงชีวิตในสังคมได้

วิธีการและแหล่งข้อมูลที่ใช้

เพื่อให้การวัดและประเมินผลได้สะท้อนผลของความสามารถที่แท้จริงของผู้เรียน ผลการประเมินอาจจะได้มาจากแหล่งข้อมูลและวิธีการต่างๆ เช่น(ชัยวัฒน์ สุทธิรัตน์, 2554; ชาตรี เกิดธรรม, 2545; สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2557)

1.การสังเกต เป็นวิธีการที่ดีในการเก็บข้อมูลด้านพฤติกรรม การใช้ความคิด การปฏิบัติงาน และโดยเฉพาะด้านอารมณ์ ความรู้สึก และลักษณะนิสัย เพราะสามารถประเมินได้ทุกเวลา ทุกสถานที่ เครื่องมืออื่น ๆ ที่ใช้ร่วมกับการสังเกต เช่น แบบตรวจสอบรายการ แบบมาตราส่วนประมาณค่า แบบบันทึกระเบียนสะสม เป็นต้น

2. การสัมภาษณ์ เป็นอีกวิธีหนึ่งที่ใช้เก็บข้อมูลพฤติกรรมด้านต่างได้ดี เช่น ความคิด ความรู้สึก ความเข้าใจ วิธีแก้ปัญหา ฯลฯ อาจใช้ประกอบการสังเกตเพื่อให้ได้ข้อมูลที่ละเอียดมากยิ่งขึ้น

3. แบบสอบถาม เป็นการวัดผลที่ใช้แบบสอบถามเป็นเครื่องมือสอบถาม ซึ่งทำให้ประหยัดเวลาในการซักถาม โดยคำตอบที่ได้รับควรอยู่ในขอบเขตของเรื่องที่ผู้เรียนศึกษา เช่น การให้ผู้เรียนลงไปศึกษาระบบ**นิเวศในโรงเรียน**

4. บันทึกจากผู้เกี่ยวข้อง เป็นวิธีการสอบถามความคิดเห็นจากคนที่เกี่ยวข้องกับตัวนักเรียนทั้งในด้านความรู้ ความคิด ความสามารถพิเศษ ความถนัด ความสนใจ และการแสดงออกของพฤติกรรมลักษณะต่างๆ ทั้งที่ดีและไม่ดี ซึ่งเป็นประโยชน์ต่อการวางแผนการจัดกิจกรรม และแนวทางส่งเสริมนักเรียนให้บรรลุตามจุดมุ่งหมายของหลักสูตร

5. การรายงานตนเอง เป็นวิธีการวัดคุณค่าด้วยการให้นักเรียนเขียนบรรยายความรู้สึก หรือพูดแสดงความคิดเห็นออกมาโดยตรง เพื่อประเมินความรู้สึกนึกคิด ความเข้าใจและความต้องการของผู้เรียน ซึ่งจะช่วยให้ผู้สอนเข้าใจผู้เรียนแต่ละคนมากยิ่งขึ้นและสามารถประเมินผลการเรียนรู้ด้านความรู้ความเข้าใจทักษะ**กระบวนการ รวมทั้งเจตคติต่อการเรียนรู้ของผู้เรียนได้ดียิ่งขึ้น**

6. การวัดและประเมินผลการเรียนรู้โดยใช้แฟ้มผลงาน (portfolio assessment) หมายถึง สิ่งที่ใช้สะสมงานของผู้เรียนอย่างมีลำดับขั้นตอน อาจเป็นแฟ้ม กล่อง แผ่นซีดี อัลบั้ม ฯลฯ ที่แสดงให้เห็นถึงพัฒนาการ และผลสัมฤทธิ์ในเรื่องนั้น หรือหลาย ๆ เรื่อง การสะสมผลงานนั้นผู้เรียนสามารถเลือกได้ตามความชอบ ความถนัดของตนเอง แต่ควรสะท้อนความสามารถของตนเอง

7. การทดสอบ ในกรณีที่ครูต้องการใช้แบบทดสอบ ควรใช้แบบทดสอบภาคปฏิบัติที่เน้นการปฏิบัติจริง ปัญหาต้องมีความหมายต่อผู้เรียน ต้องครอบคลุมทั้งความสามารถและเนื้อหาตามหลักสูตร ผู้เรียนต้องใช้ความรู้ความสามารถ ความคิดหลาย ๆ ด้านมาผสมผสาน และแสดงวิธีคิดได้เป็นขั้นตอนที่ชัดเจน ควรมีคำตอบถูกได้หลายคำตอบ และมีวิธีการหาคำตอบได้หลายวิธี

สรุปได้ว่า การวัดและประเมินผลตามแนวทางของสะเต็มศึกษานั้น ควรวัดและประเมินผลตามสภาพจริง โดยกิจกรรมควรออกแบบให้ผู้เรียนได้ออกแบบและแก้ปัญหา การวัดประเมินผลต้องสอดคล้อง กับธรรมชาติของกิจกรรมการเรียนรู้ที่ต้องเน้นไปที่สมรรถนะของผู้เรียน ความรู้ ทักษะ การปฏิบัติ รวมทั้งจิตพิสัย ที่แสดงออกมาในขณะที่ทำกิจกรรมหรือสะท้อนออกมาในชิ้นงาน ดังนั้น การวัดและประเมินผลต้องเน้นไปที่ชิ้นงาน เช่น การวัดด้วย รูบริคส์สกอร์(Rubric scores) เป็นต้น และควรวัดด้วยวิธีการและเครื่องมือที่หลากหลาย

2. การคิดอย่างมีวิจารณญาณ

2.1 ความหมายของการคิดอย่างมีวิจารณญาณ

การคิดอย่างมีวิจารณญาณเป็นรูปแบบหนึ่งของการคิดในระดับสูง คำว่า "การคิดอย่างมีวิจารณญาณ" ตรงกับคำว่า "Critical Thinking" ใช้ในความหมายเดียวกันหลายคำ เช่น ความคิดเชิงวิพากษ์ ความคิดเชิงวิเคราะห์จารณ์ เป็นต้น ได้มีผู้เชี่ยวชาญและนักการศึกษาได้ให้ความหมายการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ไว้อย่างหลากหลาย ได้สรุปจำแนกหมวดหมู่คำนิยามของการคิดอย่างมีวิจารณญาณไว้เป็น 2 กลุ่มแนวคิด ดังนี้

2.1.1. คำนิยามที่มีความหมายที่กว้าง ได้แก่ วัตสัน และ เกลเซอร์ (Watson และ Glaser, 1964) และ จอห์น ดิวอี้ (Dewey, 1963) สรุปความหมายว่า การคิดอย่างมีวิจารณญาณ เป็นการคิดที่ต้องใช้ ทัศนคติ ประสบการณ์ และความชำนาญในการพิจารณาไตร่ตรองอย่างรอบคอบต่อความเชื่อหรือความรู้ต่างๆ โดยอาศัยหลักฐานมาสนับสนุน ความเชื่อหรือความรู้นั้น

2.1.2 คำนิยามที่มีความหมายที่แคบ ได้แก่ ฮิลการ์ด (Hilgard, 1962); กู๊ด (Good, 1973); เอนนิส (Ennis, 1985); ทิศนา แขมมณี (2544); กนกทอง มหาวงศ์นันท์ (2550); สุวิทย์ มูลคำ (2550);ธรรมราช บุญทิพย์เจริญ (2553);(สุคนธ์ สินธพานนท์ และคนอื่น ๆ, 2555); บรรจง อมรชีวิน (2556) ได้กล่าวถึงความหมายของการคิดอย่างมีวิจารณญาณในลักษณะที่เป็นตรรกศาสตร์หรือการใช้เหตุผลเป็นการประเมินผลของความคิด ไว้ว่า เป็นการคิดหาเหตุผลคิดแบบไตร่ตรอง เน้นการตัดสินใจว่าอะไรควรเชื่อ หรืออะไรควรทำ

ซึ่งสรุปได้ว่า การคิดอย่างมีวิจารณญาณ หมายถึง การคิดพิจารณาไตร่ตรองอย่างรอบคอบและมีเหตุผล โดยพิจารณาจากข้อมูลหรือหลักฐาน เพื่อนำไปสู่การตัดสินใจว่า สิ่งใดเป็นจริงหรือเป็นเท็จ สิ่งใดเชื่อถือได้หรือไม่ได้ จะช่วยให้ตัดสินใจได้ถูกต้อง

2.2 ความสำคัญของการคิดอย่างมีวิจารณญาณ

จากความหมายของการคิดอย่างมีวิจารณญาณที่กล่าวมาแสดงให้เห็นว่า การคิดพิจารณาไตร่ตรองรอบคอบและมีเหตุผลเป็นการทำงานของสมองในระดับสูง ต้องใช้สติปัญญาในการคิดและพิจารณาไตร่ตรอง อย่างสุขุมรอบคอบ เพื่อนำไปสู่การตัดสินใจว่า สิ่งใดเป็นจริงหรือเป็นเท็จ สิ่งใดควรเชื่อหรือไม่เชื่อ สิ่งใดควรทำหรือไม่ทำ ช่วยให้ตัดสินใจสภาพการณ์ได้ถูกต้อง ดังนั้น การแบบนี้จึงมีความสำคัญสำหรับบุคคลทุกระดับ ทุกอาชีพรวมถึงการดำเนินชีวิต และมีนักการศึกษาได้กล่าวถึงความสำคัญของการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ดังนี้

บรรจง อมรชีวิน (2556) ได้ให้เหตุผลว่าทำไมเราต้องให้ความสนใจกับการศึกษาในเรื่องการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ดังนี้

1. การคิดอย่างมีวิจารณญาณนับว่าคือทักษะการคิดทั่วไปที่สำคัญ เพราะทำให้มีความสามารถในการคิดได้อย่างแจ่มแจ้งชัดเจนและมีเหตุผล นับว่าเป็นเรื่องที่สำคัญไม่ว่าเราจะทำอะไรก็ตามในทุกสาขาวิชา อาชีพ ล้วนต้องการอย่างเห็นได้ชัด เพราะการคิดได้ดีย่อมนำไปสู่การแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบ

2. มีความสำคัญอย่างมากต่อเศรษฐกิจฐานความรู้ใหม่ ความรู้เศรษฐกิจระดับโลกล้วนขับเคลื่อนด้วยสารสนเทศและเทคโนโลยี การที่ต้องเผชิญกับการเปลี่ยนแปลงที่รวดเร็วได้อย่างมีประสิทธิผล เศรษฐกิจโลกใหม่นับว่ามีความต้องการเพิ่มขึ้นในเรื่องของทักษะทางปัญญาที่มีการวิเคราะห์และบูรณาการข้อมูลจากแหล่งความรู้ต่าง ๆ ในการช่วยแก้ปัญหาที่ซับซ้อนขึ้น

3. การช่วยเพิ่มพูนทักษะทางด้านภาษาและการนำเสนอ การคิดได้อย่างแจ่มแจ้งชัดเจนและเป็นระบบจะช่วยเราได้มากในการแสดงออกทางความคิดของเรา ในการเรียนรู้ที่จะวิเคราะห์โครงสร้างเชิงตรรกะของตัวเรา การคิดอย่างมีวิจารณญาณก็จะช่วยปรับปรุงความสามารถในการทำความเข้าใจเรื่องต่าง ๆ

4. ช่วยส่งเสริมให้เกิดความคิดสร้างสรรค์ในการที่จะได้ทางแก้ปัญหา ทางออกอย่างสร้างสรรค์ ไม่ได้เกี่ยวข้องเฉพาะกับการมีความคิดใหม่ ๆ แต่ความคิดใหม่ ๆ ที่จะก่อเกิดควรเกี่ยวข้องกับงานด้วย ในประเด็นตรงนี้ทำให้การคิดอย่างมีวิจารณญาณจะมีบทบาทสำคัญในการช่วยประเมินความคิดใหม่ ๆ การคัดเลือกอันที่ดีที่สุด และการดัดแปลง

5. การคิดอย่างมีวิจารณาญาณนับว่าสำคัญต่อการสะท้อนตัวตน ในการที่เราจะมีชีวิตอยู่อย่างมีความหมายและวางโครงสร้างชีวิตได้เหมาะสมนั้น เราจำเป็นต้องมีความสมเหตุสมผลและสะท้อนด้วยค่านิยมและการตัดสินใจของเราการคิดอย่างมีวิจารณญาณและเป็นเครื่องมือสำหรับกระบวนการในการประเมินตนเองของเรา

อรพรรณ ลือบุญธวัชชัย (2543) ได้กล่าวถึงความสำคัญของการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ดังนี้

1. การคิดเป็นคุณลักษณะพิเศษของมนุษย์ที่มีสมอง มีปัญญา มนุษย์จะต้องคิดอยู่ตลอดเวลาเพื่อพัฒนาตนเอง โลกและสังคม ให้มีการดำรงชีวิตที่ดีขึ้น

2. การคิดอย่างรอบคอบ ไตร่ตรองจะนำไปสู่ความรู้ที่ดีขึ้น เมื่อมีสิ่งเร้ามากระทบความรู้สึกเรา เมื่อเราได้ใช้ความคิดพิจารณาสิ่งที่เกิดขึ้น เราจะมีสติและใช้ข้อมูลต่างๆ ที่เกิดจากการประมลผลความคิดในการตัดสินใจ หรือทำความเข้าใจกับเหตุการณ์ เราก็จะเกิดความเข้าใจในประเด็นปัญหาสามารถอธิบายได้ ยืนยันได้ถูกต้องเหมาะสม

3. การคิดอย่างมีวิจารณญาณจะส่งผลต่อการลงความเห็นอย่างมีประสิทธิภาพในการดำรงชีวิตในสังคมยุคที่ข้อมูลข่าวสารที่แพร่กระจายอย่างรวดเร็ว ทำให้การตัดสินข้อมูลหรือเหตุการณ์ที่รับทราบ รวมถึงการลงความเห็นในการเลือกปฏิบัติจำเป็นต้องอาศัยการวิเคราะห์วินิจฉัย และตีความข้อมูลต้องจำเป็นต้องมีอย่างถูกต้องเหมาะสม

4. ความเจริญก้าวหน้า ทำให้ทุกสาขาวิชามีการเจริญก้าวหน้าไปอย่างรวดเร็ว มนุษย์จำเป็นต้องใช้ความคิดอย่างมีเหตุผล เพราะจะต้องใช้ปัญญาในการติดตามข้อความเหล่านั้นสม่ำเสมอ และต้องคิดวิเคราะห์เพื่อประยุกต์ใช้ความรู้ต่าง ๆ ที่มีวิวัฒนาการขึ้น เพื่อนำไปใช้อย่างถูกต้องเหมาะสม

จากการสรุปความสำคัญของการคิดอย่างมีวิจารณญาณพบว่า มีความสำคัญอย่างมากต่อการรับข่าวสารและการแก้ปัญหา เพราะการคิดได้ดีย่อมนำไปสู่การแก้ปัญหาได้อย่าง

เป็นระบบ จะช่วยแก้ปัญหาที่ซับซ้อนขึ้น ทำให้เข้าใจในประเด็นปัญหา สามารถวิเคราะห์และตีความข้อมูลได้อย่างถูกต้อง เหมาะสม จากความสำคัญดังกล่าวผู้วิจัยจึงมีแนวคิดที่จะบูรณากระบวนการคิดอย่างมีวิจารณญาณกับการสอนตามแนวทางสะเต็มศึกษาเพื่อส่งเสริมการออกแบบวิธีการแก้ปัญหาตามมาตรฐานสะเต็มศึกษา

2.3 กระบวนการคิดอย่างมีวิจารณญาณ

กระบวนการคิดอย่างมีวิจารณญาณ เป็นทักษะและความสามารถในการคิดของบุคคลนั้นอย่างเป็นระบบเป็นขั้นตอนต่อเนื่อง จนเกิดเป็นกระบวนการที่ใช้ในการพิจารณาเรื่องใดเรื่องหนึ่งเพื่อนำไปสู่การตัดสินใจอย่างสมเหตุสมผล ซึ่งได้มีนักการศึกษาและนักจิตวิทยาได้กล่าวถึงองค์ประกอบของกระบวนการคิดอย่างมีวิจารณญาณไว้ในลักษณะต่างๆ ดังนี้

เอนนีส (Ennis, 1985) กล่าวถึงองค์ประกอบของกระบวนการคิดอย่างมีวิจารณญาณไว้ดังนี้

1. การนิยาม เป็นการระบุจุดสำคัญที่ในสถานการณ์หรือประเด็นปัญหาหรือข้อสรุป เป็นการระบุเหตุผลทั้งที่ปรากฏและไม่ปรากฏ การตั้งคำถามที่เหมาะสมในแต่ละสถานการณ์ การระบุเงื่อนไขข้อตกลงเบื้องต้น

2. การตัดสินข้อมูล เป็นการประเมินค่าความน่าเชื่อถือของแหล่งข้อมูล การตัดสินความเกี่ยวข้องกับประเด็นปัญหา

3. การอ้างอิงข้อมูลและการลงข้อสรุปอย่างสมเหตุสมผล ได้แก่การอ้างอิงและตัดสินใจในการสรุปแบบอุปนัยและนิรนัย

เควล์มอล์ซ (Quellmalz, 1985) กล่าวว่ากระบวนการคิดอย่างมีวิจารณญาณประกอบด้วย

1. ขั้นการนิยามปัญหา การระบุหรือการวิเคราะห์ส่วนประกอบสำคัญของปัญหาและการนิยามคำสำคัญ

2. ขั้นการระบุข้อมูล เนื้อหาและกระบวนการที่จำเป็นในการแก้ปัญหาคือการตัดสินใจความน่าเชื่อถือ

3. ขั้นการนำข้อมูลมาใช้ประกอบเพื่อการขจัดปัญหาหรือการคิดหาเหตุผลซึ่งประกอบด้วยการหาเหตุผลเชิงอนุมานและการเหตุผลเชิงอุปมาน เป็นการตัดสินคุณค่าและการตัดสินความเท็จ

4. ขั้นประเมินผลลัพธ์ของคำตอบ หรือการใช้เกณฑ์มาตัดสินความเพียงพอของคำตอบหรือข้อสรุป

ดีคาโรลี (Decaroli, 1973) กล่าวถึง กระบวนการคิดอย่างมีวิจารณญาณไว้ว่าประกอบด้วย

1. การนิยามเป็นการกำหนดปัญหา ทำข้อตกลงเกี่ยวกับความหมายของคำและข้อความ และการกำหนดเกณฑ์

2. กำหนดสมมติฐาน การคิดหาคำตอบล่วงหน้า ภายใต้ข้อมูลที่มีอยู่ เช่น การหาทางเลือกว่าสิ่งใดไม่ดี หรือการพยากรณ์ เป็นต้น

3. การประมวลผลข่าวสาร เป็นการระบุข้อมูลที่ความสำคัญ รวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องหาหลักฐานและจัดระบบข้อมูล

4. การตีความข้อเท็จจริง และการสรุปอ้างอิงจากหลักฐาน

5. การใช้เหตุผล โดยระบุเหตุและผล ความสัมพันธ์เชิงตรรกศาสตร์

6. การประเมินผล โดยอาศัยเกณฑ์ความสมเหตุสมผล

7. การประยุกต์ใช้หรือนำไปปฏิบัติ

สเติร์นเบอร์กและบารอน (Sternberg **และ** Baron, **1985**) ได้กำหนดองค์ประกอบการคิดอย่างมีวิจารณญาณไว้ดังนี้

1. การนิยามและทำความเข้าใจ การระบุประเด็นปัญหาข้อสรุป เหตุผล และข้อคำถามให้เหมาะสม

2. การตัดสินข้อมูล เลือกข้อมูลและสังเกตที่ เชื่อถือได้ หาความสัมพันธ์ของข้อมูล จำข้อมูลได้

3. การสรุปอ้างอิงและการแก้ปัญหา วินิจฉัยและตัดสินเชิงอนุมาน ทบทวนและตัดสิน การอนุมานอย่างถูกต้อง ทำนายความน่าจะเป็นอย่างมีเหตุมีผล

นีดเลอร์ (Kneedler. 1985, อ้างถึงใน สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ. 2540) ได้กล่าวถึงกระบวนการคิดอย่างมีวิจารณญาณประกอบด้วย

1. การนิยามปัญหาและทำความเข้าใจกับปัญหา หมายถึงการระบุข้อมูลที่สำคัญหรือการระบุปัญหา พิจารณาความเหมือนและไม่เหมือนกันของสิ่งต่างๆตั้งแต่ 2 อย่างขึ้นไปตัดสินระหว่างข้อมูลที่ชัดเจนกับข้อมูลที่ไม่ชัดเจน ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับข้อมูลที่ไม่เกี่ยวข้อง ข้อมูลที่จำเป็นกับข้อมูลที่ไม่จำเป็น ตั้งคำถามที่จะนำไปสู่ความเข้าใจชัดเจน

2. การพิจารณาตัดสินข้อมูลที่มีความเชื่มโยงกับปัญหา หมายถึงการเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างข้อเท็จจริงและความคิดเห็น ตัดสินว่าข้อมูลที่กำหนดให้มีความเชื่อมโยงซึ่งกันและกัน และเกี่ยวเนื่องกับบริบทมากน้อยอย่างไร ระบุสมมติฐานที่ไม่ได้กล่าวไว้ในการอ้างเหตุผล ระบุความคิดที่คนยึดติด หรือความคิดดั้งเดิมเกี่ยวกับคน ระบุความมีอคติ ปัจจัยด้าน

อารมณ์ การโฆษณา การเข้าข้างตนเอง ระบุความคล้ายคลึงและความแตกต่างระหว่างค่านิยมและอุดมการณ์

3. การหาทางออกของปัญหาหรือการลงข้อสรุป ระบุความเพียงพอของข้อมูล พยากรณ์ผลลัพธ์ที่อาจเป็นไปได้

ธันยากร ช่วยทุกข์เพื่อน (2556) ได้สรุปกระบวนการคิดอย่างมีวิจารณญาณดังนี้

1. การนิยามปัญหา

2. การรวบรวมข้อมูล พิจารณาความน่าเชื่อถือของข้อมูล และจัดระบบข้อมูล

3. การสรุปโดยใช้หลักตรรกศาสตร์ เพื่อการแก้ปัญหาอย่างมีเหตุผลและการประเมินผล

จากองค์ประกอบของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ของนักการศึกษาที่กล่าวถึง ผู้วิจัยได้ทำการสังเคราะห์องค์ประกอบของกระบวนการคิดอย่างมีวิจารณญาณได้ดังตาราง 2

ตาราง 2 สังเคราะห์องค์ประกอบของกระบวนการคิดอย่างมีวิจารณญาณ

<table>
<tr><th rowspan="2">องค์ประกอบของการคิดอย่างมีวิจารณญาณ</th><th colspan="6">นักการศึกษา</th></tr>
<tr><th>Ennis. 1985</th><th>Quellmalz. 1985</th><th>Decaroli. 1973</th><th>Sternberg; &Baron. 1985</th><th>Kneedler. 1985</th><th>ธันยากร (2556)</th></tr>
<tr><td>1. การนิยามปัญหา</td><td>- การนิยาม (รวมถึงการระบุข้อตกลงเบื้องต้น)</td><td>- การนิยามปัญหา</td><td>- การนิยามและกำหนดปัญหา</td><td>- การนิยามและทำความเข้าใจ</td><td>- การนิยามปัญหาและทำความเข้าใจปัญหา (การระบุข้อมูล)</td><td>- การนิยามปัญหา</td></tr>
<tr><td>2. การระบุข้อตกลงเบื้องต้น</td><td></td><td>- การระบุข้อมูล</td><td rowspan="3">- การประมวลผลข่าวสาร (การระบุข้อมูลที่จำเป็น รวมไปถึงการรวบรวมข้อมูล)</td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>3. การตัดสินข้อมูลและลงข้อสรุป</td><td rowspan="2">-การตัดสินข้อมูล
- การอ้างอิงและการลงข้อสรุปอย่างสมเหตุสมผล</td><td>- การนำข้อมูลมาใช้ประกอบการพิจารณา</td><td>- การตัดสินข้อมูล</td><td>- การพิจารณาตัดสินข้อมูล
-การแก้ปัญหาและลงข้อสรุป</td><td>- การสรุปโดยใช้หลักตรรกศาสตร์</td></tr>
<tr><td>5. การรวบรวมข้อมูลและอ้างอิง</td><td></td><td>- การสรุปอ้างอิงและการแก้ปัญหา</td><td></td><td>- การรวบรวมข้อมูล</td></tr>
</table>

ตาราง 2 (ต่อ)

องค์ประกอบของการคิดอย่างมีวิจารณญาณ	นักการศึกษา					
	Ennis. 1985	Quellmalz. 1985	Decaroli. 1973	Sternberg; &Baron. 1985	Kneedler. 1985	ธันยากร (2556)
4.การตี ความ			- การตีความข้อเท็จจริงและสรุปอ้างอิง			
6. การประเมินผล		- ขั้นประเมินความสำเร็จของคำตอบ	- การประเมินผล			

จากการสังเคราะห์ในตารางที่ 1 พบว่าองค์ประกอบของกระบวนการคิดอย่างมีวิจารณญาณมีอยู่ 6 องค์ประกอบหลัก คือ 1. การนิยามปัญหา หมายถึงการระบุประเด็นปัญหาส่วนประกอบที่สำคัญของปัญหา 2. การระบุข้อตกลงเบื้องต้น หมายถึง การระบุเงื่อนไขหรือข้อจำกัดที่พบในปัญหา 3. การรวบรวมข้อมูลและอ้างอิง หมายถึงการรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องพร้อมทั้งบอกแหล่งอ้างอิงได้ 4. การตีความ หมายถึง การนำข้อมูลที่ได้มาจัดระบบข้อมูล เช่น จำแนกระหว่างข้อมูลที่เป็นข้อเท็จจริงและข้อคิดเห็น 5. การตัดสินข้อมูลและลงข้อสรุป หมายถึง การตัดสินว่าข้อมูลใดน่าเชื่อถือหรือไม่น่าเชื่อถือพร้อมบอกเหตุผล และลงข้อสรุปว่าจะเลือกใช้ข้อมูลใด และ 6. การประเมินผล หมายถึงการประเมินข้อมูลด้วยความสมเหตุสมผล ซึ่งกระบวนการคิดอย่างมีวิจารณญาณทั้ง 6 องค์ประกอบนี้จะอยู่ในรูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาในขั้นการออกแบบวิธีการแก้ปัญหา เพื่อส่งเสริมให้ผู้เรียนสามารถออกแบบวิธีการแก้ปัญหาโดยเชื่อมโยงความรู้วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ได้ เลือกวิธีการแก้ปัญหาที่เหมาะสมภายใต้เงื่อนไขที่กำหนดให้ และอธิบายแนวคิดที่ใช้ในการออกแบบวิธีการแก้ปัญหาได้ ตรงตามมาตรฐานสะเต็มศึกษา

2.4 การพัฒนาการคิดอย่างมีวิจารณญาณ

การพัฒนาความสามารถทางการคิดอย่างมีวิจารณญาณสามารถพัฒนาได้ในทุกระดับโดยการจัดรูปแบบการสอนที่เน้นการคิดอย่างมีวิจารณญาณโดยตรง หรือสอดแทรกไปกับเนื้อหาวิชาต่างๆในชั้นเรียนปกติ (เพ็ญพิศุทธิ์ เนคมานุรักษ์, 2537) ซึ่งกระทำได้โดยใช้สิ่งเร้าและวิธีการที่เหมาะสม กระตุ้นให้บุคคลได้ใช้ความสามารถที่มีอยู่ในตัวเองเพื่อพัฒนาประสิทธิภาพ

ทางการคิด (Watson และ Glaser, 1964)การพัฒนาการคิดอย่างมีวิจารณญาณให้กับผู้เรียน ควรใช้เทคนิคต่างๆในการกระตุ้นให้ผู้เรียนได้ฝึกกระบวนการคิดวิเคราะห์ เปิดโอกาสให้มีการแสดงความคิดเห็น มีการทำกิจกรรมกลุ่ม และแสดงผลงาน และควรเน้นให้มีการปฏิบัติจริงด้วย (สุนทรี คนเที่ยง, 2544) การส่งเสริมและสนับสุนให้ผู้เรียนได้พัฒนากระบวนการคิดอย่างมีวิจารณญาณนั้น ครูผู้สอนสามารถทำได้โดยการจัดกิจกรรมการเรียนรู้และสร้างบรรยากาศการเรียนรู้ที่เหมาะสม ที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนได้ฝึกทักษะการคิดโดยมีแนวทางในการจัดกิจกรรม (ประพันธ์ศิริ สุเสารัจ, 2551; อุษณีย์ โพธิสุข, 2537) ดังนี้

1. จัดกิจกรรมเป็นสื่อกระตุ้นความคิด จะสร้างความกระตือรือร้น อยากรู้ อยากเห็น (Curiosity)ให้กับผู้เรียน โดยผู้เรียนต้องได้รับการกระตุ้นยั่วยุ โดยใช้สื่อ คำถาม กิจกรรม เป็นต้น

2.ฝึกให้กล้าที่จะคิดแตกต่างจากคนอื่น กล้าเสี่ยงที่จะสร้างสิ่งใหม่หรือแตกต่างจากเดิม โดยใช้เหตุการณ์สมมุติที่ทำให้เกิดความลังเล ซึ่งอาจมีคำตอบหลายๆ แนวทาง

3. ฝึกให้แก้ปัญหาที่มีความยุ่งยากซับซ้อน (Complexity) ความยุ่งยากซับซ้อนจะทำให้เกิดการพัฒนากระบวนความคิดขั้นสูงได้ ต้องฝึกการคิดจากง่ายไปหายาก กิจกรรมที่ใช้และระดับความยากง่ายต้อง สอดคล้องเหมาะสมกับเด็กแต่ละคน

4. กระตุ้นให้เกิดจินตนาการ (Imagination) การกระตุ้นให้มีความคิดจินตนาการ สร้างสรรค์อย่างหลากหลาย ทั้งที่เป็นการจินตนาการที่เกิดจากประสบการณ์ตรง จากภาพ จากนิทาน จากเหตุการณ์สิ่งแวดล้อมรอบตัว หรือจากความรู้สึกของตนเอง

5. ทำกิจกรรมกลุ่มระดมพลังสมอง การฝึกฝนให้ทำงานกลุ่มการอภิปรายกลุ่ม การรับฟังและยอมรับความคิดเห็นของคนอื่น ยอมรับในเหตุผลและข้อมูลของกลุ่ม หรือของคนอื่นที่ดีกว่าหรือมีมากกว่า

6. จัดกิจกรรมให้ผู้เรียนมีโอกาสได้แสดงความคิดเห็นหรือนำเสนอผลงาน จะทำให้เด็กได้มีพัฒนาการการคิด และกล้าแสดงออกซึ่งความคิด การเลือกสรรกิจกรรมที่หลากหลายและ เหมาะสม จะทำให้เด็กกล้าแสดงออก เริ่มจากการตั้งคำถามง่ายๆ การแสดงออกอย่างง่ายแล้วยากขึ้น ตามลำดับ การเล่นและการทำงานเป็นกลุ่ม แล้วลดลงจนเหลือคนเดียว ซึ่งการแสดงออกของเด็ก ต้องได้รับกำลังใจและการสนับสนุน จะทำให้เด็กมีความมั่นใจมากขึ้น

อรพรรณ พรสีมา (2543) กล่าวว่ากิจกรรมที่จำเป็นต่อการส่งเสริมความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ สามารถทำได้ดังนี้

1. ฝึกคิดเกี่ยวกับรายละเอียดขององค์ประกอบของกิจกรรม สิ่งของ สถานที่ และเหตุการณ์ต่าง ๆ

2. ฝึกแยะแยะองค์ประกอบที่ทำให้กิจกรรมล้มเหลวหรือความเลวร้ายของสถานการณ์

3. ฝึกแยกแยะความคิดเห็นที่แตกต่างหรือคล้ายกันของบุคคล หรือกลุ่มบุคคลว่าแตกต่างหรือเหมือนกันอย่างไร

4. ฝึกแยกแยะและจำแนกข้อมูลที่เป็นจริงและที่เป็นเพียงความคิดเห็นออกจากกัน

5. ฝึกแยกแยะข่าวสารข้อมูลที่ได้รับจากสื่อมวลชนและแหล่งข้อมูลอื่นว่ามีความเหมือนหรือต่างกันอย่างไร

6. ฝึกแยกแยะข้อคิดเห็น ข้อเสนอแนะที่เราเห็นว่าสมเหตุสมผลและที่ไม่สมเหตุสมผล

7. ให้นักเรียนฝึกสร้างเกณฑ์ในการตัดสินความถูกต้อง ความเหมาะสม ความดีและความงามของสิ่งต่างๆ

8. ฝึกหาข้อมูลที่นำมาใช้สนับสนุนความคิดเห็น และข้อเท็จจริงที่ตนต้องการกล่าวอ้าง

9. ฝึกแยกแยะข้อคิดเห็นในเชิงทำลาย และสร้างสรรค์ของนักเรียน นักการเมืองและนักวิเคราะห์วิจารณ์

10. ฝึกแยะแยะความเห็นย่อย ๆ ที่ปนอยู่ในบทความ คำบรรยายของบุคคลต่าง ๆ ฝึกเลือกเกณฑ์ที่ตนนำมาใช้ในการตัดสินสื่อต่าง ๆ

11. ฝึกตรวจสอบสมมติฐานที่ตนตั้งขึ้น

12. ฝึกตรวจสอบความถูกต้อง เหมาะสม และความเห็นที่คล้าย ๆ กัน ของกลุ่มบุคคล

13. ฝึกทำนายเกี่ยวกับผลดีผลร้ายที่จะตามมาจากเหตุการณ์

14. ฝึกจัดลำดับความสำเร็จของเหตุการณ์

15. ฝึกสรุปประเด็นการสนทนา การอภิปราย และการเสนอข้อคิดเห็น

16. ฝึกสรุปผลจากข้อมูลที่วิเคราะห์และจัดหมวดหมู่ไว้

17. ฝึกทำนายและพยากรณ์เหตุการณ์

18. ฝึกตัดสินการสรุปที่ถูกต้อง และที่ผิดพลาดของบุคคลจากข้อมูลที่กำหนดให้

19. ฝึกอธิบายความจากข้อมูล

20. ฝึกให้เหตุผลประกอบข้อสรุปของตน

21. ฝึกจัดหมวดหมู่ข้อมูลและความคิดเห็น

22. ฝึกเสนอข้อมูลในรูปของแผนภูมิและรูปภาพ

23. ฝึกมองหาข้อลำเอียงของตนเองในเรื่องต่าง ๆ
24. ฝึกหาข้อมูลจากแหล่งข้อมูลที่เชื่อถือได้
25. ฝึกตีความการ์ตูนและรูปภาพ
26. ฝึกมองหาเหตุและผลของปรากฏการณ์และกิจกรรม
27. ฝึกสรุปโดยยึดข้อเท็จจริง

จากข้อมูลข้างต้นสรุปได้ว่า การจัดกิจกรรมที่ส่งเสริมความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณต้องเป็นกิจกรรมที่กระตุ้นความคิดของผู้เรียนอย่างรอบด้าน โดยใช้สื่อที่หลากหลาย คำถามจากง่ายไปยาก หรือกิจกรรมที่ท้าทายความสามารถ โดยการจัดกิจกรรมกลุ่มระดมพลังสมอง ให้ผู้เรียนได้ฝึกคิด วิเคราะห์ ตีความ แยกแยะ ทำนาย ตรวจสอบ ตัดสิน สรุป และอธิบายได้ถูกต้อง เหมาะสมและมีเหตุผลที่น่าเชื่อถือ

3. การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาบูรณาการกระบวนคิดอย่างมี วิจารณญาณ

3.1 ความหมายของการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการกระบวนการคิดอย่างมีวิจารณญาณ

การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาบูรณาการกระบวนการคิดอย่างมีวิจารณญาณ เป็นแนวทางการจัดการศึกษาให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้และสามารถบูรณาการความรู้ระหว่างศาสตร์สาขาต่าง ๆ ได้แก่ วิทยาศาสตร์(S) เทคโนโลยี(T) วิศวกรรมศาสตร์(E) และคณิตศาสตร์(M) จุดเด่นของการจัดการเรียนการเรียนรู้แบบสะเต็ม คือการผนวกแนวคิดการออกแบบเชิงวิศวกรรมเข้ากับการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี ของผู้เรียน กระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมนี้จะเป็นกระบวนการทำงานที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบวางแผน การแก้ปัญหาการใช้องค์ความรู้จากศาสตร์ต่างๆ มาสร้างสรรค์ผลงานภายใต้ข้อจำกัดหรือเงื่อนไขที่กำหนด ผู้เรียนต้องมีโอกาสนำความรู้มาออกแบบวิธีการหรือกระบวนการเพื่อตอบสนองความต้องการหรือแก้ปัญหาที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวัน เพื่อให้ได้เทคโนโลยีซึ่งเป็นผลผลิตจากกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม (National Research Council, 2012; อภิสิทธิ์ ธงไชย, 2559)

รูปแบบการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานเชื่อมโยงกับแนวคิดสะเต็มศึกษาตามแนวคิดของปรียานุช มานุจำ และ อุทิศ อินทร์ประสิทธิ์ โดยมี 6 ขั้นตอนดังนี้ 1) กำหนดปัญหา 2) ทำความเข้าใจกับปัญหา 3) ดำเนินการศึกษาค้นคว้า 4) สังเคราะห์ความรู้ 5) สรุปและประเมินค่าคำตอบ และ 6) นำเสนอและประเมินผลงาน (ปรียานุช มานุจำ และ อุทิศ อินทร์ประสิทธิ์, 2560) ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน เป็นรูปแบบการเรียนรู้ที่เกิดขึ้นจากแนวคิด

ตามทฤษฎีการเรียนรู้แบบสร้างสรรค์นิยม (Constructivism) เป็นเทคนิคการสอน ที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติด้วยตนเอง โดยให้ที่ฝึกให้ผู้เรียนเกิดความกระตือรือร้นในการแสวงหาคำตอบเมื่อต้องเผชิญปัญหาหรือสถานการณ์ เพื่อให้ผู้เรียนเกิดทักษะในการคิดวิเคราะห์และคิดแก้ปัญหา รวมทั้งได้ความรู้ตามศาสตร์ในสาขาวิชาที่ตนศึกษาไปพร้อมกันด้วย วิธีนี้จะส่งเสริมผู้เรียนให้เกิดการเรียนรู้แบบมีความหมาย และสามารถพัฒนาทักษะกระบวนการคิดและสามารถเรียนรู้อย่างต่อเนื่องได้ตลอดชีวิต การเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานจึงเป็นผลมาจากกระบวนการทำงานที่ต้องอาศัยความเข้าใจและการแก้ไขปัญหาเป็นหลัก จะทำให้ผู้เรียนได้ฝึกทักษะในการคิดหลายรูปแบบ เช่น การคิดวิจารณญาณ คิดวิเคราะห์ การคิดสังเคราะห์ การคิดสร้างสรรค์ ฯลฯ (ไพศาล สุวรรณน้อย, 2558; มัณฑรา ธรรมบุศย์, 2545)

โดยมีแนวคิดการนำรูปแบบของการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานมาบูรณาการกับแนวคิดของสะเต็มศึกษา ดังนี้

ขั้นที่ 1 กำหนดปัญหาบูรณาการกับ วิทยาศาสตร์ (S) โดยกำหนดให้สถานการณ์เป็นปัญหาทางวิทยาศาสตร์ที่เกิดขึ้นในชีวิตจริง

ขั้นที่ 2 ทำความเข้าใจปัญหา บูรณาการกับวิทยาศาสตร์(S) หรือคณิตศาสตร์ (M) โดยใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ ในการพิจารณาปัญหา และระบุเงื่อนไขที่กำหนด

ขั้นที่3 ดำเนินการศึกษาค้นคว้า บูรณาการกับเทคโนโลยี (T) โดยนักเรียนศึกษาค้นคว้าผ่านอินเทอร์เน็ต ใบงาน หนังสือ หรือเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์ปัญหาที่กำหนดให้ และบูรณาการกับวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ โดยการให้นักเรียนทดลองหรือสืบค้นความรู้เกี่ยวกับวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ที่ต้องนำมาใช้แก้ปัญหา

ขั้นที่ 4 สังเคราะห์ความรู้ บูรณาการกับวิศวกรรมศาสตร์ (E) โดยให้นักเรียนออกแบบวิธีการแก้ปัญหาหรือเครื่องมือที่ใช้ในการแก้ปัญหา โดยใช้ความรู้ที่ได้จากขั้นที่ 3

ขั้นที่ 5 สรุปและประเมินค่าของคำตอบ ปัญหา เชื่อมโยงกับคณิตศาสตร์(M) และวิทยาศาสตร์(S) ใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ในการสรุปและประเมินคำตอบนำไปสู่การปรับปรุงชิ้นงานให้ดียิ่งขึ้น

และ ขั้นที่ 6 นำเสนอและประเมินผลงาน โดยเชื่อมโยงทั้ง 4 วิชาคือ ใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ในการนำเสนอผลงาน ใช้ความรู้ทางเทคโนโลยีในการนำเสนอผลงาน เช่น นำเสนอโดยใช้โปรแกรมทางคอมพิวเตอร์ การออกแบบการนำเสนอผลงาน และใช้ความรู้ทางคณิตศาสตร์นำเสนอวิธีการแก้ปัญหา (ปรียานุช มานุจำ และ อุทิศ อินทร์ประสิทธิ์, 2560)

โดยผู้วิจัยมีแนวคิดในการนำการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาด้วยรูปแบบปัญหาเป็นฐานมาบูรณาการร่วมกับกระบวนการคิดอย่างมีวิจารณญาณ เนื่องจากถ้าผู้เรียนมีการคิดอย่างมีวิจารณญาณ จะส่งผลต่อการตัดสินใจเลือกวิธีแก้ปัญหาที่เหมาะสมภายใต้เงื่อนไขที่กำหนดโดยเชื่อมโยงความรู้ได้ เพราะกระบวนการคิดอย่างมีวิจารณญาณเป็นความสามารถในการวิเคราะห์และตัดสินเรื่องใดเรื่องหนึ่ง (บรรจง อมรชีวิน, 2556; สนธิ พลชัยยา, 2557; อรพรรณ ลือบุญธวัชชัย, 2543) โดยจากการสังเคราะห์งานวิจัยของ เอนนีส(Ennis, 1985), เควล์มอล์ซ(Quellmalz, 1985), สเติร์นเบอร์กและ บารอน(Sternberg และ Baron, 1985) และธันยากร ช่วยทุกข์เพื่อน (2556) พบว่าองค์ประกอบของกระบวนการคิดอย่างมีวิจารณญาณมีอยู่ 6 องค์ประกอบหลัก คือ การนิยามปัญหา การระบุข้อตกลงเบื้องต้นการรวบรวมข้อมูลและอ้างอิง การตีความ การตัดสินข้อมูลและลงข้อสรุป และการประเมินผล ในการพัฒนาการคิดอย่างมีวิจารณญาณสามารถทำได้โดยการจัดกิจกรรมที่กระตุ้นความคิดของผู้เรียนอย่างรอบด้าน โดยใช้สื่อที่หลากหลาย คำถามจากง่ายไปยาก หรือกิจกรรมที่ท้าทายความสามารถ โดยการจัดกิจกรรมกลุ่มระดมพลังสมอง ให้ผู้เรียนได้ฝึกคิด วิเคราะห์ ตีความ แยกแยะ ทำนาย ตรวจสอบ ตัดสิน สรุป และอธิบายได้ถูกต้อง เหมาะสมและมีเหตุผลที่น่าเชื่อถือ (ประพันธ์ศิริ สุเสารัจ, 2551; อรพรรณ พรสีมา, 2543; อุษณีย์ โพธิสุข, 2537) โดยผู้วิจัยจะนำเทคนิคต่าง ๆ ที่ทำให้เกิดการคิดอย่างมีวิจารณญาณบูรณาการเข้าไปในแต่ละขั้นของการจัดการเรียนรู้ เกิดเป็นการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้ปัญหาเป็นฐานที่เน้นกระบวนการคิดอย่างมีวิจารณญาณ

3.2 ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาบูรณาการประบวนการคิดอย่างมีวิจารณญาณ

ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาบูรณาการกระบวนคิดอย่างมีวิจารณญาณเกิดจากการสังเคราะห์กระบวนการคิดอย่างมีวิจารณญาณของ เอนนีส(Ennis, 1985), เควล์มอล์ซ(Quellmalz, 1985), สเติร์นเบอร์กและบารอน(Sternberg และ Baron, 1985), และธันยากร ช่วยทุกข์เพื่อน (2556) พบว่าองค์ประกอบของกระบวนการคิดอย่างมีวิจารณญาณมีอยู่ 6 องค์ประกอบหลัก คือ 1. การนิยามปัญหา หมายถึงการระบุประเด็นปัญหา ส่วนประกอบที่สำคัญของปัญหา 2. การระบุข้อตกลงเบื้องต้น หมายถึง การระบุเงื่อนไขหรือข้อจำกัดที่พบในปัญหา 3. การรวบรวมข้อมูลและอ้างอิง หมายถึงการรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องพร้อมทั้งบอกแหล่งอ้างอิงได้ 4. การตีความ หมายถึง การนำข้อมูลที่ได้มาจัดระบบข้อมูล เช่นจำแนกระหว่างข้อมูลที่เป็นข้อเท็จจริงและข้อคิดเห็น 5. การตัดสินข้อมูลและลงข้อสรุป หมายถึงการตัดสินว่าข้อมูลใดน่าเชื่อถือหรือไม่น่าเชื่อถือพร้อมบอกเหตุผล และลงข้อสรุปว่าจะเลือกใช้ข้อมูลใด และ 6.การ

ประเมินผล หมายถึงการประเมินข้อมูลด้วยความสมเหตุสมผล และนำเทคนิคการจัดกิจกรรมที่ทำให้ผู้เรียนมีพฤติกรรมที่แสดงออกถึงการคิดอย่างมีวิจารณญาณในแต่ละขั้นมาบูรณาการเข้ากับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา โดยใช้เทคนิคที่ส่งเสริมการคิดอย่างมีวิจารณญาณที่เหมาะสมกับขั้นตอนการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาโดยใช้ปัญหาเป็นฐาน ตามแนวคิดของใคร ปรียานุช มานุจำ และ อุทิศ อินทร์ประสิทธิ์ (ปรียานุช มานุจำ และ อุทิศ อินทร์ประสิทธิ์, 2560) ที่มีความเหมาะสมสอดคล้องกัน ดังตาราง 3

ตาราง 3 การสังเคราะห์วิธีการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้ปัญหาเป็นฐานที่เน้นกระบวนการคิดอย่างมีวิจารณญาณ

ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้	องค์ประกอบของการคิดอย่างมีวิจารณญาณ	เทคนิคการจัดกิจกรรมที่ส่งเสริมการคิดอย่างมีวิจารณญาณ	วิธีการจัดกิจกรรม
ขั้นที่ 1 กำหนดปัญหา	1.การนิยามปัญหา หมายถึงการระบุประเด็นปัญหา ส่วนประกอบที่สำคัญของปัญหา	ฝึกแยกแยะรายละเอียดขององค์ประกอบโดยใช้คำถามกระตุ้นความคิด 3W1H	เป็นขั้นที่ผู้สอนจัดสถานการณ์ กระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดความสนใจ และระบุปัญหาของสถานการณ์ โดยผู้สอนใช้คำถามกระตุ้นให้ผู้เรียนได้ใช้กระบวนการคิดอย่างมีวิจารณญาณด้วยเทคนิค 3W1H คือ W1(What) ปัญหาของสถานการณ์นี้คืออะไร W2(Who) ใครมีส่วนเกี่ยวข้องกับสถานการณ์นี้บ้าง W3(Why) ทำไมถึงเกิดปัญหา/ทำไมถึงเกิดปัญหานั้นขึ้น 1H (How) ทำอย่างไรจึงจะแก้ปัญหาหรือบรรลุเงื่อนไขของสถานการณ์นี้ได้
ขั้นที่ 2 ทำความเข้าใจปัญหา	2. การระบุข้อตกลงเบื้องต้น หมายถึง การระบุเงื่อนไขหรือข้อจำกัดที่พบในปัญหา	-ใช้กิจกรรมกลุ่มระดมสมองและเทคนิคการเน้นข้อความด้วยปากกาสีที่ต่างกันลงไปในสถานการณ์ที่กำหนดให้	ในขั้นนี้ผู้เรียนจะต้องทำความเข้าใจกับสถานการณ์ปัญหาที่ต้องการเรียนรู้ วิเคราะห์เงื่อนไขหรือข้อจำกัดของสถานการณ์ปัญหา โดยผู้เรียนต้องระบุเงื่อนไขหรือข้อจำกัดข้อตกลงเบื้องต้นของสถานการณ์ปัญหา ระบุข้อมูลหรือเนื้อหาที่จำเป็นต้องใช้ในการแก้ปัญหา โดยกำหนดให้ใช้ปากกาสีน้ำเงินเน้นข้อความที่เป็นปัญหาและสีแดงเน้นข้อความที่เป็นเงื่อนไข ข้อจำกัดของสถานการณ์

ตาราง 3 (ต่อ)

ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้	องค์ประกอบของการคิดอย่างมีวิจารณญาณ	เทคนิคการจัดกิจกรรมที่ส่งเสริมการคิดอย่างมีวิจารณญาณ	วิธีการจัดกิจกรรม
ขั้นที่ 3 ดำเนินการศึกษาค้นคว้า	3.การรวบรวมข้อมูลและอ้างอิง หมายถึง การรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องพร้อมทั้งบอกแหล่งอ้างอิงได้ 4.การตีความ หมายถึง การนำข้อมูลที่ได้มาจัดระบบข้อมูล เช่นจำแนกระหว่างข้อมูลที่เป็นข้อเท็จจริงและข้อคิดเห็น 5. การตัดสินข้อมูลและลงข้อสรุป หมายถึงการตัดสินว่าข้อมูลใดน่าเชื่อถือ พร้อมบอกเหตุผล และลงข้อสรุปว่าจะเลือกใช้ข้อมูลใด	ฝึกการหาข้อมูลหรือหลักฐานที่นำมาสนับสนุนความคิดเห็นอย่างรอบคอบ โดยใช้การกระตุ้นด้วย คำถาม เช่น -ข้อมูลที่ได้มาเพียงพอกับการแก้ ปัญหาหรือยัง -ข้อมูลที่ได้มาเชื่อถือได้มากน้อยเพียงใด -ข้อมูลที่ได้มาเพียงพอกับเงื่อนไขของสถานการณ์หรือเปล่า	ในขั้นนี้ผู้เรียนจะกำหนดสิ่งที่ต้องดำเนินการศึกษาค้นคว้าด้วยวิธีที่หลากหลาย โดยให้ผู้เรียนบอกวิธีหรือแนวทางในการได้มาซึ่งความรู้ เช่น ทำการทดลอง การสืบค้นโดยใช้เทคโนโลยี หรือสอบถามผู้มีความรู้ในการรวบรวมข้อมูล จากนั้นนำข้อมูลจากหลายๆแหล่งมีตีความจำแนกข้อมูลที่เป็นข้อเท็จจริงหรือข้อคิดเห็น จากนั้นให้นักเรียนตัดสินใจเลือกใช้ข้อมูลจากแหล่งที่น่าเชื่อถือที่สุด
ขั้นที่ 4 สังเคราะห์ความรู้	5. การตัดสินข้อมูลและลงข้อสรุป หมายถึงการตัดสินว่าข้อมูลใดน่าเชื่อถือหรือไม่น่าเชื่อถือพร้อมบอกเหตุผล และลงข้อสรุปว่าจะเลือกใช้ข้อมูลใด	กระตุ้นความคิดของนักเรียนด้วยคำถามเพื่อให้ช่วยให้ออกแบบได้รอบคอบมากขึ้น เช่น นักเรียนต้องการออกแบบอะไร จากข้อมูลที่รวบรวมได้นักเรียนสังเกตเห็นความแตกต่างหรือไม่อะไรบ้าง นักเรียนจะออกแบบอย่างไรให้ตรงกับเงื่อนไขที่สถานการณ์กำหนด	สมาชิกแต่ละกลุ่มนำข้อมูลที่ตัดสินใจเลือกมาเขียนแบบแบบจำลองชั้นบรรยากาศของโลกและของดาวอังคารอย่างละเอียดลงในแบบบันทึกข้อมูลการออกแบบวิธีแก้ปัญหาตามมาตรฐานสะเต็มศึกษา โดยครูจะคอยกระตุ้นความคิดของนักเรียนด้วยคำถามเพื่อให้ช่วยให้ออกแบบได้รอบคอบมากขึ้น

ตาราง 3 (ต่อ)

ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้	องค์ประกอบของการคิดอย่างมีวิจารณญาณ	เทคนิคการจัดกิจกรรมที่ส่งเสริมการคิดอย่างมีวิจารณญาณ	วิธีการจัดกิจกรรม
ขั้นที่ 5 สรุปและประเมินค่าของคำตอบ		-	โดยในขั้นนี้จะให้ผู้เรียนรู้จักประเมินตนเองอย่างมีเหตุผล ผู้เรียนแต่ละกลุ่มสรุปผลงานของกลุ่มตนเอง และประเมิน ผลงานว่าชิ้นงานที่สร้างขึ้นมีความเหมาะสมหรือไม่เพียงใดเมื่อเทียบกับข้อกำหนดหรือเกณฑ์ของปัญหา วิเคราะห์หาจุดบกพร่องจากนั้นหาแนวทางปรับปรุงแก้ไขที่เหมาะสมเพื่อให้ได้วิธีแก้ปัญหาที่มีประสิทธิภาพที่สุด
ขั้นที่ 6 นำเสนอและประเมินผลงาน	6.การประเมินผล หมายถึงการประเมินข้อมูลด้วยความสมเหตุสมผล	ฝึกการนำเสนอแนวความคิดของตนเอง การยอมรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น และการประเมินอย่างสมเหตุสมผล โดยใช้เทคนิคการนำเสนอผลงาน และเพื่อนประเมินเพื่อน	ขั้นนี้ผู้เรียนต้องนำเสนอเป็นผลงานในรูปแบบที่หลากหลาย โดยให้ผู้เรียนทุกกลุ่มออกมานำเสนอชิ้นงานด้วยวิธีการที่กลุ่มตนเองสนใจ และมีการประเมินผลงานจากเพื่อนกลุ่มอื่นโดยให้แต่ละกลุ่มนำใบคะแนนไปมอบให้กลุ่มที่ชอบมากที่สุด และมีการแลกเปลี่ยนความคิดเห็นระหว่างกลุ่ม

4. มาตรฐานสะเต็มศึกษา

4.1 ความสำคัญของมาตรฐานสะเต็มศึกษา

มาตรฐานสะเต็มศึกษาเป็นเครื่องมือในการตรวจสอบคุณภาพของผู้เรียนที่ผ่านการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา ที่จะช่วยสะท้อนภาพการจัดการเรียนรู้ว่า สามารถพัฒนาผู้เรียนให้มีคุณภาพที่มาตรฐานกำหนดหรือไม่ ทั้งนี้หน่วยงานต่าง ๆ ทางการศึกษาของต่างประเทศได้ให้ความสำคัญกับการจัดการเรียนรู้และกำหนดมาตรฐานตามแนวทางสะเต็มศึกษา เช่น สภาวิจัยแห่งชาติ (National Research Council; NRC) สหรัฐอเมริกา ได้กำหนดเกณฑ์การประเมินการปฏิบัติทางวิทยาศาศตร์ที่มุ่งเน้นให้เกิดการพัฒนาขึ้นในตัวผู้เรียนไว้ในมาตรฐานการจัดการศึกษาวิทยาศาสตร์ (Next Generation Science Standaras : NGSS) ประกอบด้วย (1) การตั้งคำถามและการระบุปัญหา (2) การสร้างและการใช้รูปแบบ (3) การวางแผนและดำเนินการสำรวจตรวจสอบ (4) การวิเคราะห์และแปลผลข้อมูล (5) การใช้คณิตศาสตร์และการคิดคำนวณ (6) การสร้างคำอธิบายและการออกแบบวิธีการแก้ปัญหา (7) การใช้เหตุผลและโต้แย้งจากประจักษ์พยาน และ (8) การเก็บรวบรวมข้อมูล การประเมินข้อมูล และการสื่อสารข้อมูล (National Research Council, 2012)

คณะกรรมการการศึกษาแห่งรัฐแมริแลนด์ (The Maryland Stste Board of Education) สหรัฐอเมริกา ได้กำหนดมาตรฐานสะต็มศึกษาของรัฐแมริแลนด์ซึ่งมีความสอดคล้องกับทักษะในศตวรรษที่ 21 ประกอบด้วย (1) การเรียนรู้และเข้าใจเนื้อหาสาระทางวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรร และคณิตศาสตร์ (2) การบูรณาการความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรม และคณิตศาสตร์ (3) การแปลความหมายและสื่อสารข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรม และคณิตศาสตร์ (4) การใช้กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ (5) การใช้เหตุผล (6) การทำงานร่วมกับผู้อื่น (7) การใช้เทคโนโลยี (The Maryland Stste Board of Education, 2012)

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) เห็นความสำคัญของการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา จึงได้จัดทำมาตรฐานสะเต็มขึ้น โดยกำหนดเป้าหมายสำคัญของการพัฒนาผู้เรียนตามแนวทางสะเต็มศึกษาเป็นตัวชี้วัด แต่ละตัวชี้วัดได้ระบุสิ่งที่ผู้เรียน “ควรรู้” และ “สามารถทำได้” ที่สอดคล้องและส่งเสริมพัฒนาการเรียนรู้ของผู้เรียน โดยจำแนกเป็นตัวชี้วัดในระดับประถมศึกษา ระดับมัธยมศึกษาตอนต้น และระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย รวมถึงระบุข้อมูลเชิงประจักษ์ของผู้เรียน จากการที่ผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติกิจกรรม ที่ปรากฏให้เห็นเป็นผลงาน หลักฐานร่องรอย หรือการแสดงออก ซึ่งสามารถนำไปใช้เป็นแนวทางให้ผู้สอนและสถานศึกษานำไปใช้ในการจัดการเรียนรู้และการวัดประเมินผลเพื่อตรวจสอบคุณภาพของผู้เรียนที่

ผ่านการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2558)

จากการศึกษาความสำคัญของมาตรฐานสะเต็มศึกษาพบว่า มาตรฐานสะเต็มศึกษาเป็นเครื่องมือในการตรวจสอบว่าการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาสามารถพัฒนาผู้เรียนได้คุณภาพตามที่มาตรฐานกำหนดหรือไม่ ส่งผลให้ครูผู้สอนสามารถนำไปเป็นแนวทางในการจัดการเรียนรู้และวัดประเมินผลเพื่อตรวจสอบคุณภาพของผู้เรียนให้สอดคล้องกับตัวชี้วัดตามที่มาตรฐานกำหนด

4.2 สมรรถนะตามมาตรฐานสะเต็มศึกษา

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2558) ได้กำหนดมาตรฐานสะเต็มศึกษาของประเทศไทย มีเป้าหมายสำคัญของการพัฒนาผู้เรียนที่ผ่านการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา ออกเป็นทั้งหมด 6 ตัวชี้วัด ทั้งนี้แต่ละตัวชี้วัดได้ระบุสิ่งที่ผู้เรียน “ควรรู้” และ “สามารถทำได้” ที่สอดคล้องและส่งเสริมพัฒนาการเรียนรู้ของผู้เรียน โดยจำแนกเป็นตัวชี้วัด ในระดับประถมศึกษา มัธยมศึกษาตอนต้น และระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย รวมถึงระบุข้อมูลเชิงประจักษ์ของผู้เรียน จากการที่ผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติกิจกรรม ทั้งในการค้นคว้าหาความรู้ การแก้ปัญหา หรือสร้างเทคโนโลยีและนวัตกรรม ที่ปรากฏให้เห็นเป็นผลงาน หลักฐานร่องรอย หรือการแสดงออก ซึ่งสามารถนำไปใช้เป็นแนวทางในการวัดและประเมินคุณภาพของผู้เรียนที่ครอบคลุมคุณลักษณะตามมาตรฐานสะเต็มศึกษา ซึ่งในระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น มีรายละเอียดดังตาราง 4

ตาราง 4 คุณลักษณะของผู้เรียนตามมาตรฐานสะเต็มศึกษาตามที่สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีกำหนด

ตัวชี้วัด	ผลงาน หลักฐานร่องรอย หรือการแสดงออก		
	ระดับ		
	ประถมศึกษา	มัธยมศึกษาตอนต้น	มัธยมศึกษาตอนปลาย
ตัวชี้วัดที่ 1 ระบุปัญหาที่พบ	ระบุปัญหาที่พบได้	ระบุปัญหาที่พบจากการรวบรวมข้อมูลโดยใช้การคิดอย่างมีวิจารณญาณได้	ระบุปัญหาที่พบจากการรวบรวมข้อมูลด้วยวิธีต่าง ๆ โดยใช้การคิดอย่างมีวิจารณญาณ
	- การตอบข้อซักถาม การเสนอความคิดเห็น การอธิบาย การอภิปรายกลุ่ม ที่แสดงถึงการระบุปัญหา อาจพิจารณาจากแบบบันทึกการสังเกต หรือแบบบันทึกการสัมภาษณ์ - ข้อมูลจากใบงาน แบบบันทึกกิจกรรม รายงาน ผังความคิด	ผลงานหลักฐานร่องรอย หรือการแสดงออกเช่นเดียวกับระดับประถมศึกษาและเพิ่มเติม - บันทึกการศึกษาค้นคว้าข้อมูลหรือแนวคิดจากแหล่งข้อมูลต่างๆ	ผลงานหลักฐานร่องรอย หรือการแสดงออกเช่นเดียวกับระดับมัธยมศึกษาตอนต้น

ตาราง 4 (ต่อ)

ตัวชี้วัด	ผลงาน หลักฐานร่องรอย หรือการแสดงออก		
	ระดับ		
	ประถมศึกษา	มัธยมศึกษาตอนต้น	มัธยมศึกษาตอนปลาย
ตัวชี้วัดที่ 2 รวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา	รวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหาได้	รวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหาได้	รวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหาได้
	- การตอบข้อซักถาม การเสนอความคิดเห็นการอธิบาย การอภิปรายกลุ่มเกี่ยวกับข้อมูล แนวคิด และแหล่งที่มาของข้อมูล อาจพิจารณาจากแบบบันทึกการสัมภาษณ์ - ข้อมูลจากใบงาน แบบบันทึกกิจกรรม แบบบันทึกผลการเก็บรวบรวมข้อมูล รายงาน ผังความคิดที่แสดงแหล่งที่มาของข้อมูล	ผลงานหลักฐานร่องรอยหรือการแสดงออกเช่นเดียวกับระดับประถมศึกษาและเพิ่มเติม - การบันทึกข้อมูลข้อมูลที่เชื่อมโยงกับหลักการทางวิทยาศาสตร์ วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ - การนำเสนอข้อมูลที่รวบรวมได้ในรูปแบบของกราฟ รูปภาพหรือการใช้แผนภาพเพื่อสรุปเรื่องราว	ผลงานหลักฐานร่องรอยหรือการแสดงออกเช่นเดียวกับระดับมัธยมศึกษาตอนต้น
	เลือกข้อมูลที่เหมาะสมเพื่อใช้แก้ปัญหาได้	วิเคราะห์และเลือกข้อมูลที่เหมาะสมเพื่อใช้แก้ปัญหาได้	วิเคราะห์และเลือกข้อมูลที่เหมาะสมเพื่อใช้แก้ปัญหาได้
	- การตอบข้อซักถาม การอธิบาย การอภิปรายร่วมกับครูผู้สอนเกี่ยวกับเหตุผลที่ใช้ในการเลือกข้อมูลที่ใช้ในการแก้ปัญหา	ผลงานหลักฐานร่องรอยหรือการแสดงออกเช่นเดียวกับระดับประถมศึกษาและเพิ่มเติม - แบบบันทึกแสดงการ	ผลงานหลักฐานร่องรอยหรือการแสดงออกเช่นเดียวกับระดับมัธยมศึกษาตอนต้นและเพิ่มเติม

ตาราง 4 (ต่อ)

ตัวชี้วัด	ผลงาน หลักฐานร่องรอย หรือการแสดงออก		
	ระดับ		
	ประถมศึกษา	มัธยมศึกษาตอนต้น	มัธยมศึกษาตอนปลาย
ตัวชี้วัดที่ 2 รวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา(ต่อ)	เลือกข้อมูลที่เหมาะสมเพื่อใช้แก้ปัญหาได้	วิเคราะห์และเลือกข้อมูลที่เหมาะสมเพื่อใช้แก้ปัญหาได้	วิเคราะห์และเลือกข้อมูลที่เหมาะสมเพื่อใช้แก้ปัญหาได้
	- ข้อมูลจากใบงาน แบบบันทึกกิจกรรม รายงานผังความคิดที่แสดงแนวคิดในการเลือกข้อมูลที่ใช้ในการแก้ปัญหา อาจมีการแสดงการจัดกระทำข้อมูลประกอบการตัดสินใจเช่น การเขียนกราฟ	วิเคราะห์ข้อมูล และ/หรือแนวคิดที่เลือกใช้ในการแก้ปัญหา	-การนำเสนอด้วยวาจาเกี่ยวกับการวิเคราะห์ข้อมูล และ/หรือแนวคิดที่เลือกใช้ในการแก้ปัญหา
	ประเมินความเป็นไปได้ของวิธีการแก้ปัญหาได้		
		- การตอบข้อซักถาม การอธิบาย การอภิปรายเกี่ยวกับความเป็นไปได้ของวิธีการแก้ปัญหาร่วมกันภายในกลุ่ม หรือในชั้นเรียน เหตุผลที่ใช้ในการประเมินความเป็นไปได้ของวิธีการแก้ปัญหา เช่น การบันทึกภาพ ภาพร่าง เป็นต้น	ผลงานหลักฐานร่องรอยหรือการแสดงออกเช่นเดียวกับระดับมัธยมศึกษาตอนต้นและเพิ่มเติม -การนำเสนอด้วยวาจาเกี่ยวกับเหตุผลที่ใช้ในการประเมินความเป็นไปได้ของวิธีการแก้ปัญหา

ตาราง 4 (ต่อ)

ตัวชี้วัด	ผลงาน หลักฐานร่องรอย หรือการแสดงออก		
	ระดับ		
	ประถมศึกษา	มัธยมศึกษาตอนต้น	มัธยมศึกษาตอนปลาย
ตัวชี้วัดที่ 3 ออกแบบวิธีการแก้ปัญหาโดยเชื่อมโยงความรู้ กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์และคณิตศาสตร์	ออกแบบวิธีการแก้ปัญหาโดยเชื่อมโยงความรู้ กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์และคณิตศาสตร์ได้		
	- แบบบันทึกข้อมูลที่นักเรียนใช้ออกแบบวิธีการแก้ปัญหาในรูปแบบต่าง ๆ เช่น ข้อความ แผนภาพ ภาพร่าง ผังความคิด ผังงาน เป็นต้น	ผลงานหลักฐานร่องรอยหรือการแสดงออกเช่นเดียวกับระดับประถมศึกษาและเพิ่มเติม - การนำเสนอแนวคิดที่ใช้ในการออกแบบวิธีการแก้ปัญหาโดยใช้เทคโนโลยีหรือในรูปแบบภาพสามมิติ	ผลงานหลักฐานร่องรอยหรือการแสดงออกเช่นเดียวกับระดับมัธยมศึกษาตอนต้น
	เลือกวิธีการแก้ปัญหาที่เหมาะสมภายใต้เงื่อนไขที่กำหนดได้		
	-	- การตอบข้อซักถาม การอธิบาย การอภิปรายกลุ่มเกี่ยวกับเหตุผลที่ใช้ในการเลือกวิธีการแก้ปัญหา อาจพิจารณาจากแบบบันทึกการสังเกตหรือแบบบันทึกการสัมภาษณ์	ผลงานหลักฐานร่องรอยหรือการแสดงออกเช่นเดียวกับระดับมัธยมศึกษาตอนต้นและเพิ่มเติม - การนำเสนอด้วยวาจาเกี่ยวกับเหตุผลที่ใช้ในการเลือกวิธีการ

ตาราง 4 (ต่อ)

ตัวชี้วัด	ผลงาน หลักฐานร่องรอย หรือการแสดงออก		
	ระดับ		
	ประถมศึกษา	มัธยมศึกษาตอนต้น	มัธยมศึกษาตอนปลาย
ตัวชี้วัดที่ 3 ออกแบบวิธีการแก้ปัญหาโดยเชื่อมโยงความรู้ กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์และคณิตศาสตร์ (ต่อ)	อธิบายแนวคิดที่ใช้ในการออกแบบวิธีการแก้ปัญหาได้		
	- การตอบข้อซักถาม การอธิบาย การอภิปรายกลุ่มเกี่ยวกับแนวคิดที่ใช้ในการออกแบบวิธีการแก้ปัญหา - แบบบันทึกข้อมูลที่นักเรียนใช้ออกแบบวิธีการแก้ปัญหาในรูปแบบต่าง ๆ เช่น ข้อความ แผนภาพ ภาพร่าง ผังความคิด ผังงาน เป็นต้น	ผลงาน หลักฐานร่องรอย หรือการแสดงออก ผลงานหลักฐานร่องรอย หรือการแสดงออก เช่นเดียวกับระดับประถมศึกษาและเพิ่มเติม -การนำเสนอแนวคิดที่ใช้ในการออกแบบวิธีการแก้ปัญหาโดยใช้เทคโนโลยี หรือในรูปแบบภาพสามมิติ	ผลงาน หลักฐานร่องรอย หรือการแสดงออก ผลงานหลักฐานร่องรอย หรือการแสดงออก เช่นเดียวกับระดับมัธยมศึกษาตอนต้น
ตัวชี้วัดที่ 4 วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา	วางแผนการแก้ปัญหาอย่างเป็นขั้นตอนได้		
	-แบบบันทึกแผนการปฏิบัติงาน เช่น ใบกิจกรรม ผังแสดงขั้นตอนการปฏิบัติงาน	ผลงานหลักฐานร่องรอย หรือการแสดงออก เช่นเดียวกับระดับประถมศึกษาและเพิ่มเติม - แบบบันทึกแผนปฏิบัติงานในการแก้ปัญหา อาจพิจารณาจากเอกสารเค้าโครงโครงงานหรือปฏิทินการปฏิบัติงาน	ผลงานหลักฐานร่องรอย หรือการแสดงออก เช่นเดียวกับระดับมัธยมศึกษาตอนต้น

ตาราง 4 (ต่อ)

ตัวชี้วัด	ผลงาน หลักฐานร่องรอย หรือการแสดงออก		
	ระดับ		
	ประถมศึกษา	มัธยมศึกษาตอนต้น	มัธยมศึกษาตอนปลาย
ตัวชี้วัดที่ 4 วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา	ดำเนินการแก้ปัญหาโดยใช้เครื่องมือ และอุปกรณ์ได้อย่างถูกต้องและปลอดภัย		
	- ข้อมูลจากแบบบันทึกการสังเกตวิธีการใช้เครื่องมือของนักเรียนขณะปฏิบัติงาน - ชิ้นงานหรือวิธีการ	ผลงานหลักฐานร่องรอยหรือการแสดงออกเช่นเดียวกับระดับประถมศึกษา	ผลงานหลักฐานร่องรอย หรือการแสดงออกเช่นเดียวกับระดับประถมศึกษา
ตัวชี้วัดที่ 5 ทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหา	ทดสอบ ประเมินผลและปรับปรุงแก้ไข เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของวิธีการแก้ปัญหา หรือเพิ่มประสิทธิภาพของผลผลิต		
	- แบบบันทึกผลการทดสอบ แบบบันทึกกิจกรรม แบบบันทึกผลการทดลอง โดยพิจารณาจากผลการทดสอบและเสนอแนวทางแก้ไข - แบบประเมินผลงานที่ประเมินโดยครู เพื่อน และตนเอง - ผลงานซึ่งอาจเป็นชิ้นงานหรือรายงานวิธีการ	ผลงานหลักฐานร่องรอยหรือการแสดงออกเช่นเดียวกับระดับประถมศึกษาและเพิ่มเติม -การนำเสนอด้วยวาจาเกี่ยวกับวิธีการปรับปรุงแก้ไข หรือผลงานที่ผ่านการปรับปรุงแก้ไข	ผลงานหลักฐานร่องรอยหรือการแสดงออกเช่นเดียวกับระดับมัธยมศึกษาตอนต้น

ตาราง 4 (ต่อ)

ตัวชี้วัด	ผลงาน หลักฐานร่องรอย หรือการแสดงออก		
	ระดับ		
	ประถมศึกษา	มัธยมศึกษาตอนต้น	มัธยมศึกษาตอนปลาย
ตัวชี้วัดที่ 6 นำเสนอวิธีการแก้ปัญหาและผลการแก้ปัญหา	นำเสนอวิธีการแก้ปัญหาและผลการแก้ปัญหาด้วยวิธีการอย่างง่ายให้ผู้อื่นเข้าใจได้	นำเสนอวิธีการแก้ปัญหาและผลการแก้ปัญหาให้ผู้อื่นเข้าใจโดยใช้ทักษะการสื่อสารอย่างมีประสิทธิภาพ	
	- ผลงาน ซึ่งอาจเป็นชิ้นงานหรือรายงานผลงาน - รายงานผลการดำเนินการแก้ปัญหาแบบบันทึกผลการทำกิจกรรม - การนำเสนอผลงาน เช่น การพูด การนำเสนอหน้าชั้นเรียน การจัดนิทรรศการแสดงผลงาน การประกวดผลงาน การแสดงโปสเตอร์ การทำแผ่นพับ เอกสารทางวิชาการ การนำเสนอต่อสาธารณชน - แบบประเมินการนำเสนอผลงาน	ผลงานหลักฐานร่องรอยหรือการแสดงออกเช่นเดียวกับระดับประถมศึกษาและเพิ่มเติม - การนำเสนอผลงานโดยใช้เทคโนโลยี	ผลงานหลักฐานร่องรอย หรือการแสดงออกเช่นเดียวกับระดับมัธยมศึกษาตอนต้น

จากการศึกษามาตรฐานสะเต็มศึกษาที่สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) ได้กำหนดขึ้น พบว่าทั้ง 6 ตัวบ่งชี้ตามมาตรฐานสะเต็มศึกษาจะมีความคล้ายคลึงกับวิธีการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ 5 ขั้นตอน ดังนี้ 1.กำหนดขอบเขตของปัญหา 2.ตั้งสมมติฐานการแก้ปัญหา 3.ทดลองและรวบรวมข้อมูล 4.วิเคราะห์ข้อมูล และ5.สรุปผล (สมจิต สวธนไพบูลย์, 2526) มีความแตกต่างกันคือ ตัวบ่งชี้ที่ 3 การออกแบบวิธีการแก้ปัญหาโดยเชื่อมโยงความรู้ กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์และคณิตศาสตร์ ซึ่งเป็นจุดเด่นของการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่เน้นการบูรณาการความรู้ทั้ง 4 สาขาวิชา ไปใช้ในการแก้ปัญหาในชีวิตจริง ซึ่งจะต่างวิธีการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์จากเดิมที่เน้นใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์แก้ปัญหาเพียงอย่างเดียว ในตัวบ่งชี้ที่ 3 ของระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น ประกอบไปด้วยองค์ประกอบย่อยคือ (1) นักเรียนสามารถออกแบบวิธีการแก้ปัญหาโดยเชื่อมโยงความรู้ กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์และคณิตศาสตร์ได้ (2) เลือกวิธีการแก้ปัญหาที่เหมาะสมภายใต้เงื่อนไขที่กำหนดได้ และ (3) อธิบายแนวคิดที่ใช้ในการออกแบบวิธีการแก้ปัญหาได้

เนื่องจากเยาวชนไทยในยุคปัจจุบันนั้น ยังขาดการฝึกฝนทักษะทางด้านการคิด ไม่ว่าจะเป็นการคิดสร้างสรรค์เพื่อแก้ปัญหา การคิดสังเคราะห์จากสถานการณ์ปัญหาที่พบเจอ โดยทักษะการคิดดังกล่าวนี้หากผู้เรียนได้รับการฝึกฝนจะช่วยให้ผู้เรียนสามารถคิดค้นหาวิธีการหรือแนวทางที่หลากหลายภายใต้กรอบเงื่อนไขของสถานการณ์ปัญหาที่พบเจอและสามารถ นำแนวทางหรือวิธีการนั้นมาใช้ในการออกแบบการแก้ปัญหาหรือสนองความต้องการในชีวิตประจำวัน ซึ่งสาเหตุประการหนึ่งของการที่ผู้เรียนขาด การฝึกทักษะในการคิดก็คือการจัดการเรียนรู้ในบางรูปแบบที่ไม่ได้เน้นให้ผู้เรียนฝึกทักษะ การคิดสร้างสรรค์และคิดสังเคราะห์เพื่อนำไปสู่ทักษะการแก้ปัญหาโดยการจัดการเรียนรู้ในรูปแบบที่ไม่ได้เน้นให้ผู้เรียนฝึกทักษะการคิดนี้ส่งผลให้ผู้เรียนไม่เกิดแรงกระตุ้น ในการคิด ไม่สามารถคิดค้นประดิษฐ์สิ่งใหม่ ๆ หรือสามารถคิดหาวิธีการมาเพื่อออกแบบการแก้ปัญหาหรือสนองความต้องการได้ (สุธิดา การีมี. 2017: ออนไลน์)ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีแนวคิดที่จะบูรณาการกระบวนการคิดอย่างมีวิจารณญาณกับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาเพื่อส่งเสริมการออกแบบวิธีการแก้ปัญหาของนักเรียนให้ตรงตามมาตรฐานสะเต็มศึกษา เพื่อให้สอดคล้องกับการขับเคลื่อนยุทธศาสตร์ชาติ เพื่อเตรียมความพร้อมคนให้สามารถปรับตัวรองรับผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงได้อย่างเหมาะสม

5. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์

5.1 ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์

ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน (Academic achievement) หมายถึง คุณลักษณะ รวมถึงความรู้ ความสามารถของบุคคลอันเป็นผลมาจากการเรียนการสอน หรือ มวลประสบการณ์ทั้งปวงที่บุคคลได้รับจากการเรียนการสอน ทำให้บุคคลเกิดการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมในด้านต่างๆ ของสมรรถภาพทางสมอง ของบุคคลว่าเรียนแล้วรู้อะไรบ้าง และมีความสามารถด้านใดมากน้อยเท่าไร ตลอดจนผลที่เกิดขึ้นจากการเรียนการฝึกฝนหรือประสบการณ์ต่างๆ ทั้งในโรงเรียน ที่บ้านและสิ่งแวดล้อมอื่นๆ รวมทั้งความรู้สึก ค่านิยม จริยธรรมต่างๆ ก็เป็นผลมาจากการฝึกฝนด้วย (นพคุณ แดงบุญ, 2552; ไพโรจน์ คะเชนทร์, 2556)การวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเป็นการวัดที่มุ่งทดสอบความรู้ ทักษะ และสมรรถนะของสมองในด้านต่าง ๆ ของผู้เรียนว่าหลังเรียนรู้เรื่องนั้น ๆ แล้วผู้เรียนมีความสามารถในวิชาที่เรียนมากน้อยเพียงใด มีพฤติกรรมเปลี่ยนแปลงไปจากพฤติกรรมเดิมตามความมุ่งหมายของหลักสูตรในวิชานั้นเพียงใด (พวงรัตน์ ทวีรัตน์. 2540: 19) ดังนั้นผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์จึงหมายถึง ความสามารถในการเรียนรู้ในรายวิชาวิทยาศาสตร์ ที่เป็นผลมาจากการได้รับประสบการณ์การจัดการเรียนรู้ ในรายวิชาวิทยาศาสตร์ ที่สอดคล้องกับจุดประสงค์ของรายวิชา ผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง และมาตรฐานการเรียนรู้ที่สถานศึกษากำหนดไว้

5.2 การวัดและประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรายวิชาวิทยาศาสตร์

เพื่อให้การจัดการเรียนการสอนมีประสิทธิภาพ ผู้สอนต้องตรวจสอบความรู้ความสามารถที่แสดงพัฒนาการของผู้เรียนอย่างสม่ำเสมอและต่อเนื่อง อีกทั้งต้องสร้างให้ผู้เรียนรับผิดชอบการเรียนรู้ของตนด้วยการตรวจสอบความก้าวหน้าในการเรียนของตนเองอย่างสม่ำเสมอ เช่นกัน ตัวชี้วัดซึ่งมีความสำคัญในการนำมาใช้ออกแบบหน่วยการเรียนรู้นั้น ยังเป็นแนวทางสำหรับผู้สอนและผู้เรียนใช้ในการตรวจสอบย้อนกลับว่าผู้เรียนเกิดการเรียนรู้หรือยัง การประเมินในชั้นเรียนซึ่งต้องอาศัยทั้งการประเมินเพื่อการพัฒนาและการประเมินเพื่อสรุปการเรียนรู้ จะเป็นเครื่องมือสำคัญในการตรวจสอบความก้าวหน้าในการเรียนรู้ของผู้เรียน สถานศึกษาโดยผู้สอนกำหนดเกณฑ์ที่ยอมรับได้ในการผ่านตัวชี้วัดทุกตัวให้เหมาะสมกับบริบทของสถานศึกษา กล่าวคือให้ท้าทายการเรียนรู้ ไม่ยากหรือง่ายเกินไป เพื่อใช้เป็นเกณฑ์ในการประเมินว่าสิ่งที่ผู้เรียนรู้เข้าใจทำได้นั้น เป็นที่น่าพอใจ บรรลุตามเกณฑ์ที่ยอมรับได้ หากยังไม่บรรลุจะต้องหาวิธีการช่วยเหลือเพื่อให้ผู้เรียนได้รับการพัฒนาสูงสุด (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2557) สมนึก ภัททิยธนี (2546) สรุปว่าการทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่นักเรียนได้รับการเรียนรู้

ผ่านมาแล้วนั้นสามารถทำได้หลายวิธี เช่น ทดสอบโดยใช้แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ซึ่งมีรูปแบบหลากหลาย แต่ที่นิยมใช้มี 6 แบบ ดังนี้

1. ข้อสอบแบบอัตนัยหรือความเรียง ลักษณะทั่วไปเป็นข้อสอบที่มีเฉพาะคำถามแล้วให้นักเรียนเขียนตอบอย่างเสรี เขียนบรรยายตามความรู้ และข้อคิดเห็นแต่ละคน

2. ข้อสอบแบบกาถูก-ผิด ลักษณะทั่วไป ถือได้ว่าข้อสอบแบบกาถูก-ผิด คือ **ข้อสอบแบบเลือกตอบที่มี 2 ตัวเลือก แต่ตัวเลือกดังกล่าวเป็นแบบคงที่และมีความหมายตรงกันข้าม เช่น ถูก-ผิด ใช่-ไม่ใช่ จริง-ไม่จริง เหมือนกัน-ต่างกัน เป็นต้น**

3. ข้อสอบแบบเติมคำ ลักษณะทั่วไปเป็นข้อสอบที่ประกอบด้วยประโยคหรือข้อความ**ที่ยังไม่สมบูรณ์ให้ผู้ตอบเติมคำ หรือประโยค หรือข้อความลงในช่องว่างที่เว้นไว้นั้น เพื่อให้มีใจความสมบูรณ์และถูกต้อง**

4. ข้อสอบแบบตอบสั้นๆ ลักษณะทั่วไป ข้อสอบประเภทนี้คล้ายกับข้อสอบแบบเติมคำ แต่แตกต่างกันที่ข้อสอบแบบตอบสั้นๆ เขียนเป็นประโยคคำถามสมบูรณ์ (ข้อสอบเติมคำเป็นประโยคที่ยังไม่สมบูรณ์) แล้วให้ผู้ตอบเป็นคนเขียนตอบ คำตอบที่ต้องการจะสั้นและกะทัดรัดได้ใจความสมบูรณ์ไม่ใช่เป็นการบรรยายแบบข้อสอบอัตนัยหรือความเรียง

5. ข้อสอบแบบจับคู่ ลักษณะทั่วไป เป็นข้อสอบเลือกตอบชนิดหนึ่งโดยมีคำหรือข้อความแยกจากกันเป็น 2 ชุด แล้วให้ผู้ตอบเลือกจับคู่ว่า แต่ละข้อความในชุดหนึ่ง (ตัวยืน) จะคู่กับคำ หรือข้อความใดในอีกชุดหนึ่ง (ตัวเลือก) ซึ่งมีความสัมพันธ์กันอย่างใดอย่างหนึ่งตามที่ผู้ออกข้อสอบกำหนดไว้

6. ข้อสอบแบบเลือกตอบ ลักษณะทั่วไป ข้อสอบแบบเลือกตอบนี้จะประกอบด้วย 2 ตอน คือตอนนำหรือคำถามกับตอนเลือก ในตอนเลือกนี้จะประกอบด้วยตัวเลือกที่เป็นคำตอบถูกและตัวเลือกที่เป็นตัวลวง ปกติจะมีคำถามที่กำหนดให้นักเรียนพิจารณาแล้วหาตัวเลือกที่ถูกต้องมากที่สุดเพียงตัวเลือกเดียวจากตัวเลือกอื่นๆ และคำถามแบบเลือกตอบที่ดีนิยมใช้ตัวเลือกที่ใกล้เคียงกัน ดูเผินๆ จะเห็นว่าทุกตัวเลือกถูกหมด แต่ความจริงมีน้ำหนักถูกมากน้อยต่างกัน

บลูมและคณะ (Bloom et al, 1956) ได้จำแนกจุดมุ่งหมายการเรียนรู้ออกเป็น 3 ด้าน คือ ด้านพุทธิพิสัย (Cognitive Domain) ด้านทักษะพิสัย (Psychomotor Domain) และด้านเจตพิสัย (Affective Domain) โดยแต่ละด้านจะมีพฤติกรรมที่แสดงออกต่างกันดังนี้

1. พุทธิพิสัย (Cognitive Domain) พฤติกรรมด้านสมองเป็นพฤติกรรมเกี่ยวกับสติปัญญา ความรู้ ความคิด ความเฉลียวฉลาด ความสามารถในการคิดเรื่องราวต่างๆ อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งเป็นความสามารถทางสติปัญญา แบ่งได้ 6 ระดับ ได้แก่

1.1 ความรู้ความจำ หมายถึงความสามารถในการระลึกได้ แสดงรายการได้ บอกได้ ระบุ บอกชื่อได้ ตัวอย่างเช่น นักเรียนสามารถบอกความหมายของทฤษฎีได้

1.2 ความเข้าใจ เป็นความสามารถในการแปลความหมาย ยกตัวอย่าง สรุป อ้างอิง ตัวอย่างเช่น นักเรียนสามารถอธิบายแนวคิดของทฤษฎีได้

1.3 การนำความรู้ไปใช้ เป็นความสามารถในการนำไปใช้ ประยุกต์ใช้ แก้ไขปัญหา ตัวอย่างเช่น นักเรียนสามารถใช้ความรู้ในการแก้ไขปัญหาได้

1.4 การวิเคราะห์ ผู้เรียนสามารถคิด หรือ แยกแยะเรื่องราวสิ่งต่าง ๆ ออกเป็นส่วนย่อย เป็นองค์ประกอบที่สำคัญได้ และมองเห็นความสัมพันธ์ของส่วนที่เกี่ยวข้องกัน ความสามารถในการวิเคราะห์จะแตกต่างกันไปแล้วแต่ความคิดของแต่ละคน สามารถเปรียบเทียบ อธิบายลักษณะการจัดการ ตัวอย่างเช่น นักเรียนสามารถบอกความแตกต่างระหว่าง 2 ทฤษฎีได้

1.5 การประเมินค่า เป็นความสามารถในการตัดสิน ตีราคา หรือ สรุปเกี่ยวกับคุณค่าของสิ่งต่าง ๆ ออกมาในรูปของคุณธรรมอย่างมีกฎเกณฑ์ที่เหมาะสม ซึ่งอาจเป็นไปตามเนื้อหาสาระในเรื่องนั้น ๆ หรืออาจเป็นกฎเกณฑ์ที่สังคมยอมรับก็ได้

1.6 คิดสร้างสรรค์ (Creating) หมายถึง ความสามารถในการออกแบบ (Design) วางแผน ผลิต ตัวอย่างเช่น นักเรียนสามารถนำเสนอทฤษฎีใหม่ที่แตกต่างไปจากทฤษฎีเดิมได้

2. ด้านจิตพิสัย (Affective Domain) เป็นพฤติกรรมด้านจิตใจ ค่านิยม ความรู้สึก ความซาบซึ้ง ทัศนคติ ความเชื่อ ความสนใจและคุณธรรม พฤติกรรมด้านนี้อาจไม่เกิดขึ้นทันที ดังนั้น การจัดกิจกรรมการเรียนการสอนโดยจัดสภาพแวดล้อมที่เหมาะสม และสอดแทรกสิ่งที่ดีงามอยู่ตลอดเวลา จะทำให้พฤติกรรมของผู้เรียนเปลี่ยนไปในแนวทางที่พึงประสงค์ได้ ประกอบด้วย พฤติกรรมย่อย ๆ 5 ระดับ ได้แก่

2.1 การรับรู้ เป็นความรู้สึกที่เกิดขึ้นต่อปรากฏการณ์ หรือสิ่งเร้าอย่างใดอย่างหนึ่ง ซึ่งเป็นไปในลักษณะของการแปลความหมายของสิ่งเร้านั้นว่าคืออะไร แล้วจะแสดงออกมาในรูปของความรู้สึกที่เกิดขึ้น

2.2 การตอบสนอง เป็นการกระทำที่แสดงออกมาในรูปของความเต็มใจ ยินยอม และพอใจต่อสิ่งเร้านั้น ซึ่งเป็นการตอบสนองที่เกิดจากการเลือกสรรแล้ว

2.3 การเกิดค่านิยม การเลือกปฏิบัติในสิ่งที่เป็นที่ยอมรับกันในสังคม การยอมรับนับถือในคุณค่านั้น ๆ หรือปฏิบัติตามในเรื่องใดเรื่องหนึ่ง จนกลายเป็นความเชื่อ แล้วจึงเกิดทัศนคติที่ดีในสิ่งนั้น

2.4 การจัดระบบ การสร้างแนวคิด จัดระบบของค่านิยมที่เกิดขึ้นโดยอาศัยความสัมพันธ์ถ้าเข้ากันได้ก็จะยึดถือต่อไปแต่ถ้าขัดกันอาจไม่ยอมรับอาจจะยอมรับค่านิยมใหม่โดยยกเลิกค่านิยมเก่า

2.5 บุคลิกภาพ การนำค่านิยมที่ยึดถือมาแสดงพฤติกรรมที่เป็นนิสัยประจำตัว ให้ประพฤติปฏิบัติแต่สิ่งที่ถูกต้องดีงามพฤติกรรมด้านนี้ จะเกี่ยวกับความรู้สึกและจิตใจ ซึ่งจะเริ่มจากการได้รับรู้จากสิ่งแวดล้อม แล้วจึงเกิดปฏิกิริยาโต้ตอบ ขยายกลายเป็นความรู้สึกด้านต่าง ๆ จนกลายเป็นค่านิยม และยังพัฒนาต่อไปเป็นความคิด อุดมคติ ซึ่งจะเป็นควบคุมทิศทางพฤติกรรมของคนคนจะรู้ดีรู้ชั่วอย่างไรนั้น ก็เป็นผลของพฤติกรรมด้านนี้

3. ทักษะพิสัย (Psychomotor Domain) เป็นพฤติกรรมที่บ่งถึงความสามารถในการปฏิบัติงานได้อย่างคล่องแคล่ว ชำนาญ ซึ่งแสดงออกมาได้โดยตรงโดยมีเวลาและคุณภาพของงานเป็นตัวชี้ระดับของทักษะพฤติกรรมด้านทักษะพิสัย ประกอบด้วย พฤติกรรมย่อย ๆ 5 ขั้น ดังนี้

3.1 การรับรู้ เป็นการให้ผู้เรียนได้รับรู้หลักการปฏิบัติที่ถูกต้อง หรือ เป็นการเลือกหาตัวแบบที่สนใจ

3.2 กระทำตามแบบ หรือ เครื่องชี้แนะ เป็นพฤติกรรมที่ผู้เรียนพยายามฝึกตามแบบที่ตนสนใจและพยายามทำซ้ำ เพื่อที่จะให้เกิดทักษะตามแบบที่ตนสนใจให้ได้ หรือ สามารถปฏิบัติงานได้ตามข้อแนะนำ

3.3 การหาความถูกต้อง พฤติกรรมสามารถปฏิบัติได้ด้วยตนเอง โดยไม่ต้องอาศัยเครื่องชี้แนะเมื่อได้กระทำซ้ำแล้ว ก็พยายามหาความถูกต้องในการปฏิบัติ

3.4 การกระทำอย่างต่อเนื่องหลังจากตัดสินใจเลือกรูปแบบที่เป็นของตัวเองจะกระทำตามรูปแบบนั้นอย่างต่อเนื่อง จนปฏิบัติงานที่ยุ่งยากซับซ้อนได้อย่างรวดเร็ว ถูกต้องคล่องแคล่ว การที่ผู้เรียนเกิดทักษะได้ ต้องอาศัยการฝึกฝนและกระทำอย่างสม่ำเสมอ

3.5 การกระทำได้อย่างเป็นธรรมชาติ พฤติกรรมที่ได้จากการฝึกอย่างต่อเนื่องจนสามารถปฏิบัติ ได้คล่องแคล่วว่องไวโดยอัตโนมัติ เป็นไปอย่างธรรมชาติซึ่งถือเป็นความสามารถของการปฏิบัติในระดับสูง

จากข้อมูลดังกล่าวสรุปได้ว่า การวัดและประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์นั้นมีความสำคัญมาก เพราะเป็นแนวทางให้ทั้งผู้เรียนและผู้สอนตรวจสอบได้ว่าเกิดการเรียนรู้ในรายวิชาวิทยาศาสตร์มากน้อยอย่างไร ผ่านตามตัวชี้วัดหรือไม่ เพื่อเป็นแนวทางในการปรับปรุง แก้ไขและพัฒนาต่อไปสามารถใช้แบบวัดผลสัมฤทธิ์ได้หลากหลาย ซึ่งในงานวิจัยนี้ผู้วิจัย

เลือกใช้ข้อสอบแบบเลือกตอบในการวัดและประเมินด้านพุทธพิสัย ซึ่งจะวัดพฤติกรรมเป็น 4 ด้าน ตามแนวคิดของบลูม คือ ความรู้ความจำ ความเข้าใจ การนำไปใช้ และการวิเคราะห์

6. ความพึงพอใจ

6.1 ความหมายของความพึงพอใจ

คำว่า “พึงพอใจ” ตรงกับคำภาษาอังกฤษว่า “satisfaction” เป็นปัจจัยที่สำคัญประการหนึ่งที่มีต่อการเรียนรู้ การรับรู้ และความสำเร็จของการจัดการศึกษา โดยนักการศึกษาได้ให้คำจำกัดความของคำนี้ไว้หลากหลายเช่น คุณากร จำปาหอม (2552); บรรเจิด ศุภราพงศ์ (2556) รัชนก บึงมุม (2554) และศิริลักษณ์ ชาวลุ่มบัว (2558) สามารถสรุปความหมายได้ว่า ความพึงพอใจเป็นสิ่งที่เกิดขึ้นภายในจิตใจของแต่ละบุคคลที่มีต่อเรื่องใดเรื่องหนึ่ง อาจเป็นความรู้สึกในทางบวก เช่น ความรู้สึกรัก รู้สึกชอบ รู้สึกดี มีความหวัง หรือมีความสุขกับสิ่งที่ได้รับเมื่อสิ่งนั้นตรงกับความต้องการ หรือเป็นความรู้สึกในทางลบหรือไม่พอใจ เมื่อสิ่งที่ได้รับนั้นไม่ได้ตอบสนองความต้องการตามที่คาดหวังไว้

6.2 ทฤษฎีความพึงพอใจ

ความพึงพอใจในการเรียนเป็นองค์ประกอบสำคัญที่ทำให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ การที่บุคคลจะเกิดความพึงพอใจในการเข้าร่วมกิจกรรมต่างๆจะต้องอาศัยปัจจัยหลายอย่าง มากระตุ้นให้เกิดความรักหรือมีทัศนคติที่ดีต่อการเข้าร่วมกิจกรรมนั้น ดังนั้น ครูผู้สอนจึงควรศึกษาแนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวกับความพึงพอใจเพื่อนำแนวคิดที่ได้ไปประยุกต์ใช้ในการจัดการเรียนการสอนในชั้นเรียน โดยแนวคิดและทฤษฎีดังกล่าวมีอยู่มากมาย ซึ่งสามารถสรุปได้ดังต่อไปนี้

6.2.1 ทฤษฎีลำดับความต้องการของมาสโลว์ (Maslow’s hierarchy of needs theory) ทิศนา แขมมณี (2551) สรุปได้ว่าเป็นทฤษฎีที่กล่าวถึงความต้องการพื้นฐานตามธรรมชาติของมนุษย์อย่างเป็นลำดับขั้น กล่าวคือ ความต้องการของบุคคลจะเรียงลำดับตามความสำคัญจากความต้องการพื้นฐานไปจนถึงความต้องการที่ซับซ้อน โดยบุคคลจะมีความต้องการในระดับที่สูงขึ้น เมื่อความต้องการระดับต่ำลงมาได้รับการตอบสนองแล้วเท่านั้น ซึ่งถ้าบุคคลที่ได้รับการตอบสนองตามความต้องการแล้วก็จะเกิดความพึงพอใจ มีขวัญและกำลังใจในการทำงาน รวมถึงสามารถทำงานตามที่ได้รับมอบหมายได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยมาสโลว์ (Maslow) ได้แบ่งความต้องการของมนุษย์ออกเป็น 5 ขั้นจากต่ำไปสูง ดังนี้

ขั้นที่ 1 ความต้องการด้านร่างกาย (Physiological needs) เป็นความต้องการเบื้องต้นเพื่อความอยู่รอดของชีวิต เช่น ความต้องการอาหาร อากาศ น้ำ และที่อยู่อาศัย ความ

ต้องการทางด้านร่างกายจะมีผลต่อพฤติกรรมก็ต่อเมื่อความต้องการทางด้านนี้ของตนยังไม่ได้รับการตอบสนอง

ขั้นที่ 2 ความต้องการด้านความปลอดภัยหรือความมั่นคง (Security or safety needs) หมายถึงความต้องการสภาพแวดล้อมที่ปลอดภัยจากอันตราย ความต้องการในขั้นนี้จะเกิดขึ้นหลังจากที่ความต้องการทางร่างกายได้รับการตอบสนองแล้ว

ขั้นที่ 3 ความต้องการการเป็นเจ้าของและความรัก (Belonging and love needs) หมายถึง ความต้องการที่จะเข้าร่วมและได้รับการยอมรับจากสังคม ความเป็นมิตร ความรักจากเพื่อนร่วมงานและครอบครัว

ขั้นที่ 4 ความต้องการเป็นที่ยอมรับยกย่องและให้เกียรติ (Esteem needs) หมายถึง ความต้องการของบุคคลที่จะให้บุคคลอื่นยกย่อง ให้เกียรติและเห็นความสำคัญในความรู้ความสามารถของตนเอง

ขั้นที่ 5 ความต้องการความสำเร็จในชีวิต (Self-actualization needs) เป็นความต้องการระดับสูงสุดที่จะบรรลุความสำเร็จของตนเองด้วยการใช้ความสามารถ ทักษะ และศักยภาพอย่างเต็มที่ บุคคลที่ถูกจูงใจด้วยความต้องการในขั้นนี้จะแสวงหางานที่ท้าทายความสามารถของตนเอง

6.2.2 ทฤษฎีสองปัจจัยของเฮิร์ซเบิร์ก (Herzberg's Two Factor Theory) Herzberg F, 1959 อ้างถึงใน กมลพร กัลยาณมิตร (2559) กล่าวว่า จากการวิจัยเกี่ยวกับแรงจูงใจในการทำงาน พบว่าบุคคลต้องการความสุขจากการทำงาน โดยความสุขจากการทำงานนั้น เกิดมาจากความพึงพอใจ หรือไม่โดยความพึงพอใจหรือความไม่พึงพอใจในงานที่ทำนั้น ไม่ได้มาจากกลุ่มเดียวกัน แต่มีสาเหตุ มาจากปัจจัยสองกลุ่ม คือ (1) ปัจจัยจูงใจหรือปัจจัยที่เป็นตัวกระตุ้นในการทำงาน และ (2) ปัจจัยสุขอนามัยหรือปัจจัยที่ช่วยลดความไม่พึงพอใจในการทำงานโดยมีรายละเอียดดังนี้

1. ปัจจัยจูงใจหรือปัจจัยที่เป็นตัวกระตุ้นในการทำงาน (Motivation Factors or Motivators) เป็นปัจจัยภายในหรือความต้องการภายในของบุคลากรที่มีอิทธิพลในการสร้างความพึงพอใจในการทำงาน เป็นปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับงานโดยตรง เป็นกลุ่มปัจจัยที่เป็นตัวกระตุ้นให้ผู้ปฏิบัติงานทำงานด้วยความพึงพอใจ และเป็นปัจจัยที่จะนำไปสู่ทัศนคติทางบวกและการจูงใจที่แท้จริง ประกอบด้วยปัจจัย 5 ด้าน ได้แก่

1.1 ความสำเร็จในการทำงาน (Achievement) คือ การที่สามารถทำงานได้สำเร็จทันตามเป้าหมาย การมีส่วนร่วมในการทำงานของหน่วยงานให้สำเร็จลุล่วงไปได้ ความสามารถในการแก้ไขปัญหาต่างๆ การรู้จักป้องกันปัญหาที่จะเกิดขึ้น และเมื่องานสำเร็จก็เกิด

ความรู้สึกพอใจในความสำเร็จนั้น ได้แก่ การได้ใช้ความรู้ทางวิชาการในการปฏิบัติตามเป้าหมายที่คาดไว้ การเปิดโอกาสให้ตัดสินใจในการทำงานของตนเองได้สำเร็จตามเป้าหมายที่วางไว้

1.2 การได้รับการยอมรับ (Recognition) คือ การได้รับความยอมรับนับถือจากบุคคลรอบข้าง หรือได้รับการยกย่องชมเชยในความสามารถ รวมทั้งการให้กำลังใจหรือการแสดงออกอื่นใดที่แสดงให้เห็นถึงการยอมรับในความสามารถ ได้แก่การยกย่องชมเชยภายในองค์การ ความภาคภูมิใจในอาชีพ การได้รับการยอมรับจากองค์การ การได้รับการยอมรับจากเพื่อนร่วมงาน และการมีเกียรติศักดิ์ศรีในอาชีพ เป็นต้น

1.3 ความก้าวหน้าในหน้าที่การงาน (Advancement) หรือโอกาสในการเจริญเติบโต(Possibility of Growth) คือ การมีโอกาสได้ก้าวขึ้นสู่ตำแหน่งที่สูงขึ้น การได้รับการเลื่อนขั้นเมื่อปฏิบัติงานสำเร็จ การมีโอกาสได้ศึกษาหาความรู้เพิ่มเติมหรือการได้รับการฝึกอบรม เป็นต้น

1.4 ลักษณะงานที่ทำ (Work Itself) คือ ความน่าสนใจของงาน ต้องอาศัยความคิดริเริ่มสร้างสรรค์มีความสำคัญ มีคุณค่า เป็นงานที่ใช้ความคิด มีความท้าทายความสามารถในการทำงาน ความมีอิสระในการทำงาน เป็นงานที่ตรงกับความถนัดและความรู้ที่ได้ศึกษามา เป็นต้น

1.5 ความรับผิดชอบ (Responsibility) คือ การได้มีโอกาสได้รับมอบหมายงานหรือมีส่วนร่วมในงานที่ได้รับมอบหมาย ไม่ควบคุมมากเกินไปจนขาดอิสระในการทำงาน ได้แก่ ความเหมาะสมของปริมาณงาน การได้รับความเชื่อถือและไว้วางใจในงานที่รับผิดชอบ และได้รับมอบหมายงานสำคัญ เป็นต้น

2. ปัจจัยอนามัยหรือปัจจัยที่ช่วยลดความไม่พึงพอใจในการทำงาน (Maintenance or Hygiene Factors) เป็นปัจจัยที่ไม่เกี่ยวข้องกับงานโดยตรง เป็นเพียงสิ่งที่สกัดกั้นไม่ให้บุคลากรเกิดความไม่พอใจ แต่ไม่สามารถสร้างแรงจูงใจให้เกิดขึ้นได้ซึ่งโดยส่วนใหญ่จะเป็นปัจจัยพื้นฐาน ที่จำเป็นที่ต้องได้รับการสนองตอบ เพราะถ้าไม่มีให้หรือให้ไม่เพียงพอ จะทำให้บุคลากรเกิดความไม่พึงพอใจในการทำงาน แต่ทั้งนี้ไม่ได้หมายความว่า ถ้าให้ปัจจัยเหล่านี้แล้วจะทำให้บุคลากรเกิดความพึงพอใจในการทำงาน ซึ่งประกอบด้วยปัจจัย 10 ด้าน ได้แก่

2.1 นโยบายและการบริหารขององค์การ (Company Policy and Administration) คือ การจัดการและการบริหารงานขององค์การ การติดต่อสื่อสารภายในองค์การ ได้แก่ นโยบายการควบคุม ดูแล ระบบขั้นตอนของหน่วยงาน ข้อบังคับ วิธีการทำงาน การจัดการ

วิธีการบริหารงานขององค์การ มีการแบ่งงานไม่ซับซ้อน มีความเป็นธรรม มีการเขียนนโยบายที่ชัดเจน และมีการแจ้งนโยบายให้ทราบอย่างทั่วถึง

2.2 การบังคับบัญชาและการควบคุมดูแล (Supervision) คือ ลักษณะการบังคับบัญชาของหัวหน้างาน ความยุติธรรมในการแบ่งและกระจายงานของผู้บังคับบัญชา ความสามารถของผู้บังคับบัญชาในการบริหารงาน การให้คำแนะนำแก่ผู้ใต้บังคับบัญชา การสั่งงาน การมอบหมายงานมีความชัดเจน วิธีการดูแลควบคุมการปฏิบัติงาน การรับฟังข้อคิดเห็นหรือข้อเสนอแนะของผู้ใต้บังคับบัญชา การสอนงาน และความยุติธรรมในการมอบหมายงาน เป็นต้น

2.3 ความสัมพันธ์กับหัวหน้างาน (Interpersonal Relations with Supervision) หมายถึง การติดต่อ ไม่ว่าจะเป็นกิริยาหรือวาจาที่แสดงถึงความสัมพันธ์อันดีต่อกัน สามารถทำงานร่วมกัน มีความเข้าใจซึ่งกันและกันอย่างดีต่อกัน เช่น ความสนิทสนม ความจริงใจ ความร่วมมือ และการได้รับความช่วยเหลือจากหัวหน้างาน

2.4 ความสัมพันธ์กับเพื่อนร่วมงาน (Interpersonal Relations with Peers) หมายถึงการติดต่อ ไม่ว่าจะเป็นกิริยาหรือวาจาที่แสดงถึงความสัมพันธ์อันดีต่อกัน สามารถทำงานร่วมกัน มีความเข้าใจซึ่งกันและกัน เช่น ความสนิทสนม ความจริงใจ ความร่วมมือ และการได้รับความช่วยเหลือจากเพื่อนร่วมงาน

2.5 ความสัมพันธ์กับผู้ใต้บังคับบัญชา (Interpersonal Relations with Subordinators) หมายถึง การติดต่อ ไม่ว่าจะเป็นกิริยาหรือวาจาที่แสดงถึงความสัมพันธ์อันดีต่อกัน สามารถทำงานร่วมกัน มีความเข้าใจซึ่งกันและกัน เช่น ความสนิทสนม ความจริงใจ ความร่วมมือและการได้รับความช่วยเหลือจากผู้ใต้บังคับบัญชา

2.6 ตำแหน่งงาน (Status) คือ อาชีพนั้น ๆ ต้องเป็นที่ยอมรับนับถือของสังคม มีเกียรติและศักดิ์ศรีมีความสำคัญของงานต่อองค์การ เป็นต้น

2.7 ความมั่นคงในการทำงาน (Job Security) หมายถึง ความรู้สึกของบุคคลที่มีต่อความมั่นคงในการทำงาน ความยั่งยืนของหน้าที่การงาน ความมั่นคง ภาพพจน์ชื่อเสียง หรือขนาดขององค์การที่มีผลต่อการปฏิบัติงาน

2.8 ชีวิตส่วนตัว (Personal Life) คือ ความรู้สึกที่ดีหรือไม่ดีอันเป็นผลที่ได้รับจากการทำงานหรือหน้าที่ของผู้ปฏิบัติงาน ได้แก่ สภาพความเป็นอยู่ในปัจจุบัน ความสะดวกในการเดินทางมาทำงาน

2.9 สภาพการทำงาน (Working Conditions) คือ สภาพแวดล้อมทางกายภาพที่ทำงาน เช่น ห้องทำงาน เสียง แสงสว่าง อุณหภูมิการระบายอากาศ กลิ่น บรรยากาศในการทำงาน ชั่วโมงในการทำงาน รวมทั้งลักษณะสิ่งแวดล้อมอื่น ๆ เช่น อุปกรณ์เครื่องมือต่าง ๆ ซึ่งสิ่งเหล่านี้มีผลกระทบต่อผู้ทำงานและเป็นสิ่งที่ทำให้เกิดความพึงพอใจต่อการทำงาน

2.10 ค่าตอบแทน (Compensations) และสวัสดิการ (Welfares) คือ ผลตอบแทนที่องค์การจ่ายให้แก่บุคลากรสำหรับการทำงานให้องค์การ ไม่ว่าจะเป็นในรูปของเงินเดือน ค่าจ้างรวมทั้งการเลื่อนขั้นเงินเดือนในหน่วยงานให้เหมาะสม การเลื่อนขั้นเงินเดือนเป็นไปอย่างเป็นธรรมเป็นที่พอใจของบุคคลากร นอกจากนี้ ยังรวมถึงรางวัลที่ให้กับบุคลากรที่เป็นผลมาจากการทำงานในตำแหน่งต่าง ๆ ขององค์การ หรือเป็นผลตอบแทนชนิดใดชนิดหนึ่งซึ่งบุคลากรได้รับเพิ่มเติมนอกเหนือจากเงินเดือน ค่าจ้าง ได้แก่สวัสดิการด้านสุขภาพและการประกันชีวิต วันหยุดพักผ่อนหรือพักร้อน เงินช่วยค่าครองชีพ เงินโบนัส เป็นต้น

6.2.3 ทฤษฎีความพึงพอใจของชิลลี (Shelly)

ชิลลี่ (Shelly, 1975) ได้สรุปความหมายของความพึงพอใจไว้ว่า ความพึงพอใจเป็นความรู้สึกในมนุษย์ มีสองลักษณะคือ ความรู้สึกในทางบวกหรือชื่นชอบและความรู้สึกในทางลบหรือไม่ชอบ ความรู้สึกในทางบวกจะเกิดขึ้นเมื่อแล้วจะทำแล้วมีความสุข รู้สึกชอบ ความพึงพอใจจะเกิดขึ้นก็ต่อคนนั้นมีความรู้สึกในทางบวกมากกว่าความรู้สึกในทางลบ สิ่งที่จะทำให้คนเกิดความรู้สึกพึงพอใจได้ เช่น ทรัพยากรหรือสิ่งเร้า ดังนั้นการจะทดสอบความพึงพอใจคือการศึกษาว่าทรัพยากรหรือสิ่งเร้าใดเป็นสิ่งที่ต้องการที่จะทำให้เกิดความพึงพอใจและความสุข ความพอใจจะเกิดได้มากที่สุดเมื่อมีทรัพยากรที่ต้องการครบถ้วน

จากการศึกษาความพึงพอใจจากทฤษฎีลำดับความต้องการของมาสโลว์ ทฤษฎีสองปัจจัยของเฮิร์ซเบิร์ก และชิลลี่ สรุปได้ว่า ความพึงพอใจของบุคคลจะแบ่งได้เป็น 2 ด้าน ได้แก่ ด้านที่รู้สึกพอใจหรือรู้สึกชอบ เป็นความรู้สึกทางบวก และด้านที่รู้สึกไม่พอใจหรือไม่ชอบ เป็นความรู้สึกทางลบ โดยขึ้นอยู่กับทรัพยากรหรือสิ่งเร้านั้นว่าตรงตามความต้องการครบถ้วนหรือไม่ ซึ่งจะแบ่งเป็นลำดับตามความต้องการ จากความต้องการพื้นฐานไปสู่ความต้องการที่ซับซ้อนขึ้น โดยมีปัจจัยที่เสริมความพึงพอใจ ได้แก่ 1. ปัจจัยจูงใจหรือปัจจัยที่กระตุ้นในการทำงาน เช่น การมีส่วนร่วมในการทำงาน การได้รับการยอมรับ ลักษณะของงานที่ทำมีความท้าทายและตรงกับความถนัดหรือความสามารถ เป็นต้น และ2. ปัจจัยอนามัยหรือปัจจัยที่ลดความไม่พอใจได้ เช่น มีข้อตกลงที่ชัดเจน มีความยุติธรรมในการมอบหมายงาน มีมนุษยสัมพันธ์ที่ดีทั้งคนอื่น อุปกรณ์เครื่องมืออำนวยความสะดวกต่าง ๆ พอเพียง และมีผลตอบแทนที่ดี ซึ่งครูสามารถนำหลักการดังกล่าวไปปรับใช้กับการจัดการเรียนรู้ ตลอดจนสื่อและบรรยากาศการเรียนรู้ เพื่อตอบสนองความ

พึงพอใจของผู้เรียน ทำให้ผู้เรียนมีแรงจูงใจในการเรียนและจะช่วยให้ผู้เรียนสามารถเรียนรู้ได้ดียิ่งขึ้น

6.3 การวัดและประเมินความพึงพอใจ

สมหมาย เปียถนอม (2551)และสุรพล พยอมแย้ม (2548) ได้ให้ความหมายของความพึงพอใจสรุปได้ว่าเป็นทัศนคติของบุคคลที่มีลักษณะเป็นนามธรรมที่ไม่อาจวัดได้โดยตรง แต่สามารถวัดได้ทางอ้อมโดยการวัดความคิดเห็นของบุคคลนั้นแทนอาจมีความคลาดเคลื่อนได้ ถ้าบุคคลนั้นไม่แสดงความคิดเห็นที่ตรงกับความรู้สึกจริง ซึ่งนักการศึกษาได้เสนอวิธีการวัดความพึงพอใจไว้หลายวิธีสามารถสรุปได้ดังนี้

1. การสัมภาษณ์ วิธีนี้ผู้ศึกษาจะมีแบบสัมภาษณ์ที่มีคำถาม ซึ่งได้รับการทดสอบหาความเที่ยงตรงและความเชื่อมั่นแล้ว ทำการสัมภาษณ์กลุ่มตัวอย่าง ข้อดีของวิธีนี้คือ ผู้สัมภาษณ์อธิบายคำถามให้ผู้ตอบเข้าใจได้ สามารถใช้กับกลุ่มตัวอย่างที่อ่านเขียนหนังสือไม่ได้ แต่มีข้อเสียคือการสัมภาษณ์ต้องใช้เวลามาก และอาจมีข้อผิดพลาดในการสื่อความหมาย ทำให้ไม่ค่อยมีใครนำวิธีนี้ไปใช้ในการสอบถามความพึงพอใจเท่าที่ควร

2. การใช้แบบสอบถาม เป็นวิธีที่มีผู้นิยมใช้มากที่สุด มีลักษณะเป็นคำถามที่ได้ทดสอบความเที่ยงตรงและความเชื่อมั่นแล้ว กลุ่มตัวอย่างเลือกตอบหรือเติมคำ ข้อดีของวิธีนี้คือ ได้คำตอบที่มีความหมายแน่นอน มีความสะดวก รวดเร็วในการสำรวจ สามารถใช้กับกลุ่มตัวอย่างที่มีขนาดใหญ่ ข้อเสียคือ ผู้ตอบต้องสามารถอ่านออกเขียนได้ และมีความสามารถในการคิดเป็นความพึงพอใจเป็นสภาวะที่มีความต่อเนื่อง ไม่สามารถบอกจุดเริ่มต้นหรือสิ้นสุดของความพึงพอใจได้ แบบสอบถามถึงนิยมสร้างเป็นแบบมาตรอันดับ เช่นเดียวกับเครื่องมือวัดความพึงพอใจในงานวิจัยของ นัสรินทร์ บือซา (2558) ที่สร้างแบบสอบถามในการวัดความพึงพอใจของนักเรียนต่อการจัดการเรียนตามแนวทางสะเต็มศึกษาเป็นแบบมาตรส่วนประมาณค่า 5 ระดับ ลักษณะของคำถามครอบคลุมหลายด้าน เช่น ด้านบทบาทครู บทบาทนักเรียน ลักษณะของกิจกรรม และการวัดผลประเมินผล และงานวิจัยของคุณสุรุจิรา บุญเลิศ (2556) สร้างแบบสอบถามความพึงพอใจเป็นแบบมาตรส่วนประมาณค่าตามแบบลิเคิร์ท ลักษณะของคำถามแบ่งเป็น 3 ตอน ได้แก่ ข้อมูลส่วนตัว ความคิดเห็นต่อการจัดการเรียนรู้ และข้อเสนอแนะ เป็นต้น

3. การสังเกต เป็นวิธีการที่จะทำให้ทราบถึงระดับความพึงพอใจของผู้มาใช้บริการได้โดยสังเกตจากพฤติกรรมทั้งก่อนมารับบริการ ขณะรอรับบริการและหลังจากการได้รับบริการแล้ว เช่น การสังเกตกิริยาท่าทาง การพูด สีหน้า และความถี่ของการมาขอรับบริการการวัดความพึงพอใจ โดยวิธีนี้ ผู้วัดจะต้องกระทำอย่างจริงจังและมีแบบแผนที่ชัดเจนจึงจะสามารถประเมินถึงระดับความพึงพอใจของผู้ใช้บริการได้อย่างถูกต้อง

จากการศึกษาแนวทางการวัดความพึงพอใจ พบว่าสามารถทำได้หลายวิธี เช่น การสัมภาษณ์ การใช้แบบสอบถาม และการสังเกต เป็นต้น โดยแต่ละวิธีจะมีข้อดี ข้อเสีย และข้อจำกัดที่ไม่เหมือนกัน ซึ่งอาจจะมีความคลาดเคลื่อนจากปัจจัยต่าง ๆ ดังนั้นผู้วิจัยต้องเลือกให้เหมาะสมกับบุคคลที่ต้องการวัดเพื่อให้ได้ข้อมูลที่ใกล้เคียงความมากที่สุด โดยในการศึกษาครั้งนี้ผู้วิจัยได้ใช้แบบสอบถามแบบมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับดัดแปลงจากของคุณ นัสรินทร์ บือซา (2558: 97)ในการวัดความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาด้วยรูปแบบปัญหาเป็นฐานที่เน้นการกระบวนคิดอย่างมีวิจารณญาณ เนื่องด้วยมีลักษณะคำถามครอบคลุมตามประเด็นที่ผู้วิจัยกำลังศึกษา

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ดำเนินการตามขั้นตอนดังนี้

1. การกำหนดประชากรและการสุ่มกลุ่มตัวอย่าง
2. แบบแผนในการวิจัย
3. การสร้างและตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
4. การเก็บรวบรวมข้อมูล
5. การจัดกระทำและวิเคราะห์ข้อมูล

การกำหนดประชากรและการสุ่มกลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มเป้าหมายที่ศึกษา

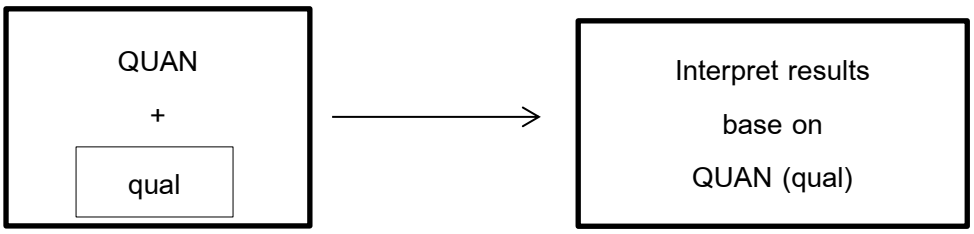
นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 สังกัดเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษาพระนครศรีอยุธยาเขต 2 จำนวน 1 ห้องเรียน มีนักเรียน 30 คน ซึ่งได้มาจากการเลือกแบบเจาะจง (Purposive sampling) เนื่องจากเป็นห้องที่คละความสามารถที่กำลังเรียนเนื้อหาเรื่องกระบวนการเปลี่ยนแปลงของลมฟ้าอากาศ และสอนโดยผู้วิจัย

ระยะเวลาที่ใช้ในการวิจัย

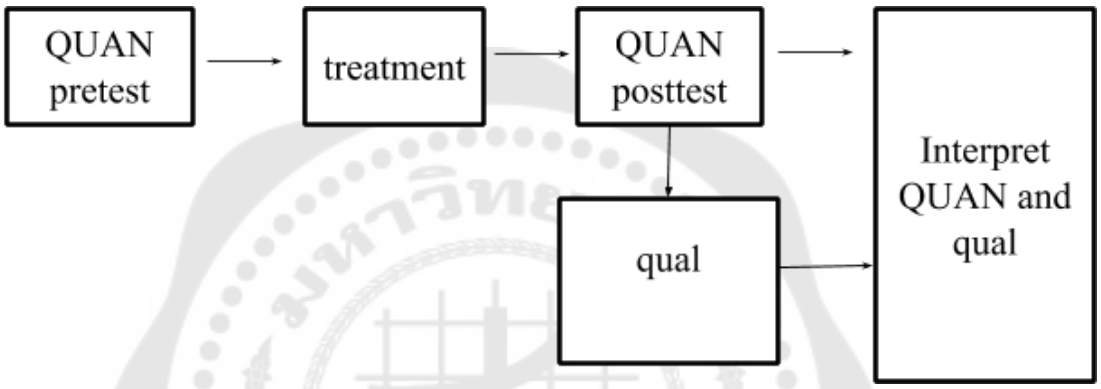
สำหรับระยะเวลาที่ใช้เก็บรวบรวมข้อมูลจากกลุ่มที่ศึกษา ในภาคการศึกษาที่ 2 ปีการศึกษา 2561 จำนวน 16 ชั่วโมง ในการจัดการเรียนการเรียนรู้รายวิชาวิทยาศาสตร์พื้นฐาน ซึ่งแบ่งเป็น การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ จำนวน 12 ชั่วโมง และการทำแบบประเมินความสามารถในการออกแบบวิธีแก้ปัญหาตามมาตรฐานสะเต็มศึกษา แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์และวัดความพึงพอใจ ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้อย่างละ 2 ชั่วโมง

แบบแผนในการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้มีกลุ่มประชากรเป้าหมายเพียงกลุ่มเดียว และมีแบบแผนของการวิจัยเป็นแบบผสานวิธี แบบแผนแบบรองรับภายใน (Embedded Design) รูปแบบการทดลองระยะเดียว วิธีการเชิงปริมาณเป็นหลัก ทำการวิจัยโดยให้วิธีการเชิงปริมาณเป็นตัวนำและวิธีการเชิงคุณภาพเป็นตัวตาม ใช้แบบประเมินฉบับเดียวกัน นำผลการวิเคราะห์เชิงปริมาณมาตรวจสอบความตรงกับผลการวิเคราะห์เชิงคุณภาพ ตีความผลการวิจัยด้วยวิธีการเชิงปริมาณและวิธีการเชิงคุณภาพร่วมกัน (รัตนะ บัวสนธ์, 2554) ซึ่งสามารถแสดงภาพประกอบ 4 ได้ดังนี้



ภาพประกอบ 4 แบบแผนของการวิจัยเป็นแบบผสานวิธี แบบรองรับภายใน (Embedded Design)



ภาพประกอบ 5 แบบแผนย่อย รูปแบบการทดลองระยะเดียว วิธีการเชิงปริมาณเป็นหลัก

สัญลักษณ์ที่ใช้ในแบบแผนวิจัยแบบผสานวิธี

1. QUAN วิธีการเชิงปริมาณเป็นวิธีการหลักหรือวิธีการเด่น
2. qual วิธีการเชิงคุณภาพเป็นวิธีการรอง
3.การดำเนินงานวิจัยที่ดำเนินการตามลำดับต่อเนื่องกัน
4. + การดำเนินงานวิจัยที่ดำเนินการไปพร้อมๆ กัน

การสร้างและตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ประกอบด้วย

1. แผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้ปัญหาเป็นฐานที่เน้นกระบวนคิดอย่างมีวิจารณญาณ เรื่อง กระบวนการเปลี่ยนแปลงของลม ฟ้าอากาศ

2. แบบประเมินความสามารถในการออกแบบวิธีการแก้ปัญหาตามมาตรฐานสะเต็มศึกษา

3. แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์

4. แบบสอบถามความพึงพอใจ

ขั้นตอนการสร้างและตรวจสอบคุณภาพแผนการจัดการเรียนรู้

แผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้ปัญหาเป็นฐานที่เน้นกระบวนคิดอย่างมีวิจารณญาณ วิชาวิทยาศาสตร์ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 เรื่อง กระบวนการเปลี่ยนแปลงของลมฟ้าอากาศ ผู้วิจัยได้ดำเนินการสร้างโดยมีขั้นตอนดังนี้

1. ศึกษาทฤษฎี แนวคิด หลักการ เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้ปัญหาเป็นฐาน และกระบวนการคิดอย่างมีวิจารณญาณ

2. ศึกษาจุดมุ่งหมายของหลักสูตร จุดประสงค์รายวิชาและขอบข่ายรายวิชาวิทยาศาสตร์เรื่อง กระบวนการเปลี่ยนแปลงของลม ฟ้า อากาศ ในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 จากตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์(ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 พบว่าต้องการให้ผู้เรียนเข้าใจลักษณะของชั้นบรรยากาศ องค์ประกอบและปัจจัยที่มีผลต่อลมฟ้าอากาศ การเกิดและผลกระทบของพายุฟ้าคะนอง พายุหมุนเขตร้อน การพยากรณ์อากาศ สถานการณ์การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศโลก

3. วิเคราะห์ความคิดรวบยอดของเนื้อหาวิชาเกี่ยวกับ กระบวนการเปลี่ยนแปลงของลมฟ้าอากาศ พบว่าครอบคลุมเนื้อหาเรื่อง ประโยชน์ของชั้นบรรยากาศแต่ละชั้น ปัจจัยที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบของลมฟ้าอากาศ อธิบายการพยากรณ์อากาศตระหนักถึงคุณค่าของการพยากรณ์อากาศและผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศโลก ใช้เวลาในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ทั้งสิ้น 12 ชั่วโมง

4. เขียนแผนการจัดการเรียนรู้วิชาวิทยาศาสตร์ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 เรื่อง กระบวนการเปลี่ยนแปลงของลม ฟ้า อากาศ ตามแนวทางสะเต็มศึกษาด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้ปัญหาเป็นฐานที่เน้นกระบวนการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ซึ่งประกอบด้วย 3 แผน ใช้เวลา 12 ชั่วโมง โดยมีรายละเอียดดังนี้

ตาราง 5 กรอบกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เรื่อง กระบวนการเปลี่ยนแปลงลมฟ้าอากาศตามแนวทางสะเต็มศึกษา

กิจกรรมสะเต็มศึกษา	สถานการณ์ปัญหา	การบูรณาการสาขาวิชา			
		วิทยาศาสตร์	เทคโนโลยี	วิศวกรรมศาสตร์	คณิตศาสตร์
ท่องไปในชั้นบรรยากาศ	“นักเรียนเป็นนักบินอวกาศที่ทำงานอยู่ที่องค์การ NASA นักเรียนได้รับมอบหมายให้ทำภารกิจขึ้นไปสำรวจชั้นบรรยากาศของดาวอื่นๆ ที่นักเรียนเชื่อว่าสิ่งมีชีวิตสามารถอยู่ได้ จากนั้นต้องรายงานให้นักวิทยาศาสตร์ที่อยู่ในองค์การทราบ โดยการสร้างเป็นโมเดลจำลองเปรียบเทียบความแตกต่างของชั้นบรรยากาศระหว่างดาวโลกกับดาวที่สำรวจมาให้มากที่สุด แล้ววิเคราะห์ว่าบนดาวนั้นจะสามารถมีสิ่งมีชีวิตอยู่ได้หรือไม่ โดยมีเงื่อนไขคือ แบบจำลองที่สร้างต้องมีอัตราส่วนเท่าของจริง”	ชั้นบรรยากาศ	- เทคโนโลยีอวกาศ - การใช้เทคโนโลยีในการสืบค้นข้อมูลหรือนำเสนองาน	- การออกแบบแบบจำลองชั้นบรรยากาศของดาว	-อัตราส่วนเศษส่วน

ตาราง 5 (ต่อ)

กิจกรรมสะเต็มศึกษา	สถานการณ์ปัญหา	การบูรณาการสาขาวิชา			
		วิทยาศาสตร์	เทคโนโลยี	วิศวกรรมศาสตร์	คณิตศาสตร์
เกษตรกรรุ่นใหม่	“นักเรียนเป็นเกษตรกรอยู่จังหวัดพระนครศรีอยุธยา หมู่บ้านของนักเรียนประกอบอาชีพเกษตรกรเป็นหลัก มีบริษัทแห่งหนึ่งต้องการช่วยเหลือโดยการจะนำพันธุ์พืชและต้นกล้าไปบริจาคเพื่อให้เกษตรกรนำไปปลูก ให้นักเรียนวางแผนเลือกชนิดของพืชปลูกให้เหมาะสมกับสภาพภูมิอากาศในช่วงเดือนเมษายน นักเรียนจะมีวิธีการออกแบบพื้นที่การเกษตรของนักเรียนให้ได้รับผลกระทบน้อยที่สุดโดยที่นักเรียนมีพื้นที่การเกษตรทั้งหมด ๑๐ ไร่”	- การพยากรณ์อากาศ -ปัจจัยที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของอากาศ	- เครื่องมือสำรวจสภาพอากาศ -การใช้เทคโนโลยีในการสืบค้นข้อมูล หรือนำเสนองาน	- การออกแบบพื้นที่การเกษตร	- การใช้ความรู้ทางสถิติในการเก็บรวมรวมข้อมูลและการนำเสนอข้อมูล

ตาราง 5 (ต่อ)

กิจกรรมสะเต็มศึกษา	สถานการณ์ปัญหา	การบูรณาการสาขาวิชา			
		วิทยาศาสตร์	เทคโนโลยี	วิศวกรรมศาสตร์	คณิตศาสตร์
นวัตกรรมลดโลกร้อน	“นักเรียนทุกคนเป็นเจ้าของธุรกิจ ๑ อย่าง ซึ่งนักเรียนทราบว่าในการผลิตสินค้าของนักเรียนจะมีการปล่อยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ออกมา ซึ่งนักเรียนทราบว่าแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์มีส่วนทำให้เกิดภาวะโลกร้อน และภูมิอากาศของโลกเปลี่ยนแปลงไป ถ้านักเรียนอยากช่วยลดโลกร้อน นักเรียนมีแนวทางในการออกแบบนวัตกรรมหรือสินค้าอย่างไรเพื่อที่จะช่วยลดปริมาณแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ในอากาศ โดยมีเงื่อนไขคือ นวัตกรรมหรือสินค้านั้นต้องสามารถนำไปพัฒนาต่อยอดได้จริง ”	- การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศของโลก	-นวัตกรรมที่ช่วยลดปัญหาโลกร้อน - การใช้เทคโนโลยีในการสืบค้นข้อมูล หรือนำเสนองาน	- การออกแบบนวัตกรรม	- กราฟและการนำไปใช้

5. นำแผนการจัดการเรียนรู้ไปเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาตรวจสอบความถูกต้องและปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำ

6. นำแผนการจัดการเรียนรู้วิชาวิทยาศาสตร์ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 เรื่อง กระบวนการเปลี่ยนแปลงของลม ฟ้า อากาศ ไปให้ผู้เชี่ยวชาญทางด้านสะเต็มศึกษาและการวัดและประเมินผลจำนวน 3 ท่าน ตรวจสอบความเที่ยงตรงของเนื้อหา แบ่งออกเป็น 4 ด้านคือ จุดประสงค์การเรียนรู้ องค์ความรู้สำคัญ กระบวนการจัดการเรียนรู้ และการวัดและประเมินผล

โดยใช้ดัชนีความสอดคล้องระหว่างกระบวนการจัดการเรียนรู้กับจุดประสงค์การเรียนรู้ โดยใช้เกณฑ์การประเมินแบบมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) 5 ระดับ ดังนี้

5 หมายถึง มีความสอดคล้อง/เชื่อมโยง/ครอบคลุม/เหมาะสม มากที่สุด

4 หมายถึง มีความสอดคล้อง/เชื่อมโยง/ครอบคลุม/เหมาะสม มาก

3 หมายถึง มีความสอดคล้อง/เชื่อมโยง/ครอบคลุม/เหมาะสม ปานกลาง

2 หมายถึง มีความสอดคล้อง/เชื่อมโยง/ครอบคลุม/เหมาะสม น้อย

1 หมายถึง มีความสอดคล้อง/เชื่อมโยง/ครอบคลุม/เหมาะสม น้อยที่สุด

จากนั้นนำความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญมาหาค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) และแปลความหมายโดยใช้เกณฑ์ (วิเชียร เกตุสิงห์, 2538) ดังนี้

ค่าเฉลี่ย 4.51 – 5.00 หมายถึง แผนการสอนมีความเหมาะสมมากที่สุด

ค่าเฉลี่ย 3.51 – 4.50 หมายถึง แผนการสอนมีความเหมาะสมมาก

ค่าเฉลี่ย 2.51 – 3.50 หมายถึง แผนการสอนมีความเหมาะสมปานกลาง

ค่าเฉลี่ย 1.51 – 2.50 หมายถึง แผนการสอนมีความเหมาะสมน้อย

ค่าเฉลี่ย 1.00 – 1.50 หมายถึง แผนการสอนมีความเหมาะสมน้อยที่สุด

7. นำผลการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญมาวิเคราะห์ ปรับปรุง แก้ไขตามประเด็นที่ผู้เชี่ยวชาญเสนอแนะ และนำเสนอให้ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์พิจารณา

8. นำแผนการจัดการเรียนรู้ไปใช้กับกลุ่มเป้าหมายสำหรับงานวิจัยต่อไป

ขั้นตอนการสร้างและตรวจสอบคุณภาพแบบประเมินความสามารถในการออกแบบวิธีแก้ปัญหาตามมาตรฐานสะเต็มศึกษา

แบบประเมินความสามารถในการออกแบบวิธีการแก้ปัญหาตามมาตรฐานสะเต็มศึกษา เป็นแบบประเมินที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น โดยมีข้อคำถามที่ให้ผู้เรียนแสดงพฤติกรรมตามตัวชี้วัดในมาตรฐานสะเต็มศึกษา โดยใช้เป็นแบบเขียนตอบอิสระจำนวน 2 สถานการณ์ โดยมีขั้นตอนในการสร้าง ดังนี้

1. ศึกษาพฤติกรรมที่บ่งบอกถึงการออกแบบวิธีการแก้ปัญหาตามแนวทางสะเต็มศึกษา

2. ศึกษาทฤษฎีและเอกสารที่เกี่ยวข้องกับการประเมินความสามารถในการออกแบบวิธีการแก้ปัญหาตามแนวมาตรฐานสะเต็มศึกษา

3. สร้างแบบประเมินความสามารถในการออกแบบวิธีการแก้ปัญหาตามมาตรฐานสะเต็มศึกษา เป็นแบบสถานการณ์ ที่สอดคล้องกับเนื้อหาเรื่อง ลม ฟ้า อากาศ และมีความ

เชื่อมโยงกับชีวิตจริงของนักเรียน 2 สถานการณ์ ลักษณะข้อสอบเป็นแบบเขียนตอบอิสระ เสนอให้ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์พิจารณา

4. นำแบบประเมินความสามารถในการออกแบบวิธีการแก้ปัญหาตามแนวทางสะเต็มศึกษา ไปเสนอต่อผู้ เชี่ยวชาญทางด้านสะเต็มศึกษาและการวัดและประเมินผล จำนวน 3 ท่าน ตรวจสอบความเหมาะสมของภาษา การบันทึกข้อมูล และความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับจุดประสงค์ที่ต้องการวัด โดยใช้แบบสอบถาม IOC โดยให้เกณฑ์ในการตรวจพิจารณาข้อคำถามดังนี้

ให้คะแนน +1 ถ้าแน่ใจว่าข้อคำถามวัดได้ตรงตามวัตถุประสงค์

ให้คะแนน 0 ถ้าไม่แน่ใจว่าข้อคำถามวัดได้ตรงตามวัตถุประสงค์

ให้คะแนน -1 ถ้าแน่ใจว่าข้อคำถามวัดได้ไม่ตรงตามวัตถุประสงค์

5. นำผลการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญมาวิเคราะห์พบว่ามีความสอดคล้องอยู่ระหว่าง 0.6-1.0

6. ปรับปรุง แก้ไขตามประเด็นที่ผู้เชี่ยวชาญเสนอแนะ ได้แก่ การปรับคำพูดในข้อคำถามและสถานการณ์ปัญหา การสร้างเกณฑ์การประเมินให้ครอบคลุมมากขึ้น

7. นำแบบประเมินความสามารถในการออกแบบวิธีการแก้ปัญหาตามมาตรฐานสะเต็มศึกษาไปใช้กับกลุ่มเป้าหมายสำหรับงานวิจัยต่อไป

ขั้นตอนการสร้างและตรวจสอบคุณภาพของแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์

แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์เรื่อง กระบวนการเปลี่ยนแปลงของลมฟ้าอากาศ เป็นแบบทดสอบที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นตามจุดประสงค์และเนื้อหาวิชา โดยใช้เป็นแบบทดสอบแบบปรนัย ชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 30 ข้อ โดยมีขั้นตอนในการสร้าง ดังนี้

1. ศึกษาเอกสารเกี่ยวกับการวัดผลและประเมินผล การสร้างแบบทดสอบ และการเขียนข้อสอบกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

2. ศึกษามาตรฐาน ตัวชี้วัด และเนื้อหากลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 เรื่อง กระบวนการเปลี่ยนแปลงของลม ฟ้า อากาศ โดยแบ่งพฤติกรรมต่างๆ ออกเป็น 4 ด้าน คือ ด้านความรู้-ความจำ ด้านความเข้าใจ ด้านการนำไปใช้ และด้านการวิเคราะห์

3. สร้างตารางวิเคราะห์การสร้างแบบทดสอบ(test blueprint) เรื่อง กระบวนการเปลี่ยนแปลงของลมฟ้าอากาศ ดังนี้

ตาราง 6 ตารางวิเคราะห์จุดประสงค์การเรียนรู้ ที่สอดคล้องกับเนื้อหา เรื่อง กระบวนการเปลี่ยนแปลงลมฟ้าอากาศ

จุดประสงค์การเรียนรู้	จำนวนข้อสอบที่ต้องการวัดแต่ละระดับพฤติกรรม				รวม
	ความรู้-ความจำ	ความเข้าใจ	การนำไปใช้	การวิเคราะห์	
อธิบายปัจจัยที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบของลมฟ้าอากาศได้	2	2			
เปรียบเทียบกระบวนการเกิดพายุฝนฟ้าคะนองและพายุหมุนเขตร้อน และผลที่มีต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม และแนวทางการปฏิบัติตน ให้เหมาะสมและปลอดภัย		3	2		
อธิบายการพยากรณ์อากาศและพยากรณ์อากาศอย่างง่ายได้		2	2	2	
ตระหนักถึงคุณค่าของการพยากรณ์อากาศ		2	2		
อธิบายสถานการณ์และผลกระทบการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศโลกได้		2	2	2	
ตระหนักถึงผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศโลก			3	2	

4. สร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 เรื่อง กระบวนการเปลี่ยนแปลงของลมฟ้าอากาศ แบบเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 30 ข้อ

5. นำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ ไปเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาตรวจสอบความถูกต้องและปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำ

6. นำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนไปให้ผู้เชี่ยวชาญทางการสอนวิทยาศาสตร์ และผู้เชี่ยวชาญทางการวัดและประเมินผล จำนวน 3 ท่าน ตรวจสอบลักษณะของคำถาม ตัวเลือก ภาษาที่ใช้ โดยใช้ดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับจุดประสงค์พฤติกรรมที่ต้องการวัด โดยใช้แบบสอบถาม IOC โดยให้เกณฑ์ในการตรวจพิจารณาข้อคำถาม ดังนี้

ให้คะแนน +1 ถ้าแน่ใจว่าข้อคำถามวัดได้ตรงตามวัตถุประสงค์

คะแนน 0 ถ้าไม่แน่ใจว่าข้อคำถามวัดได้ตรงตามวัตถุประสงค์

ให้คะแนน -1 ถ้าแน่ใจว่าข้อคำถามวัดได้ไม่ตรงตามวัตถุประสงค์

คัดเลือกข้อสอบที่มีดัชนีความสอดคล้อง $\geq$0.5 แบบทดสอบฉบับนี้พบว่ามีความสอดคล้องอยู่ระหว่าง 0.6-1.0 มีจำนวน 3 ข้อ ที่มีค่าดัชนีความสอดคล้อง < 0.5 ผู้วิจัยไม่นำไปใช้

7. ปรับปรุง แก้ไขตามประเด็นที่ผู้เชี่ยวชาญเสนอแนะ ได้แก่ การปรับคำพูดในข้อคำถามและตัวเลือกให้เข้าใจมากขึ้นและตรงกับจุดประสงค์ที่ต้องการวัด เสนอให้ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์พิจารณา

8. นำแบบทดสอบจำนวน 27 ข้อ ไปทดลองกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 จำนวน 27 คน

9. นำผลการสอบมาวิเคราะห์หาค่าความยาก (p) และ ค่าอำนาจจำแนก (r) แล้วคัดเลือกข้อที่มีค่าความยาก ระหว่าง 0.2-0.8 และค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.2 ขึ้นไป พบว่ามีค่าความยาก 0.2-0.6 และค่าอำนาจจำแนก 0.2-0.7 คัดเลือกไว้จำนวน 20 ข้อ

10. หาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบโดยใช้สูตร K – R 20 ของคูเดอร์ ริชาร์ดสัน พบว่ามีค่าความเชื่อมั่นทั้งฉบับ 0.771

11. นำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ไปใช้กับกลุ่มเป้าหมายสำหรับการวิจัยต่อไป

ขั้นตอนการสร้างและตรวจสอบคุณภาพแบบสอบถามความพึงพอใจ

การวัดความพึงพอใจครั้งนี้ ผู้วิจัยใช้แบบวัดที่ประกอบด้วยประโยคบอกเล่าเกี่ยวกับความคิด ความรู้สึกที่มีต่อวิทยาศาสตร์ หลังจากได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาบูรณาการการคิดอย่างมีวิจารณญาณ โดยมีขั้นตอนการดำเนินงานดังนี้

1. ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการสร้างแบบสอบถามความพึงพอใจ พบว่าการสำรวจความพึงพอใจมี 3 แบบ ได้แก่ การสัมภาษณ์ การใช้แบบสอบถาม และการสังเกต ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยเลือกการใช้แบบสอบถาม เนื่องจากเป็นวิธีที่ใช้เวลาไม่นาน เหมาะสมกับเวลาในการทำวิจัย และผู้ตอบแบบสอบถามสามารถอ่านออกเขียนได้

2. ศึกษาและวิเคราะห์หาพฤติกรรมที่แสดงออกถึงความพึงพอใจ เพื่อใช้ในการกำหนดแนวทางในการสร้างแบบสอบถามความพึงพอใจ พบว่าความพึงพอใจของบุคคลจะแบ่งเป็นลำดับตามความต้องการ จากความต้องการพื้นฐานไปสู่ความต้องการที่ซับซ้อนขึ้น โดยมีปัจจัยที่เสริมความพึงพอใจ เช่น การมีส่วนร่วมในการทำงาน การได้รับการยอมรับ และลักษณะของงานที่ได้รับตรงกับความถนัด เป็นต้น และปัจจัยที่ลดความไม่พึงพอใจ เช่น มีข้อตกลงที่ชัดเจน มีความยุติธรรม และมีมนุษยสัมพันธ์ที่ดี เป็นต้น ในการวิจัยนี้ผู้วิจัยใช้คำถามที่แสดงพฤติกรรมเสริมความพึงพอใจและลดความไม่พึงพอใจที่เกี่ยวข้องใน 3 ด้าน ได้แก่ ด้านบรรยากาศ ด้านการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ และด้านครูผู้สอน

3. สร้างแบบสอบถามความพึงพอใจ จำนวน 19 ข้อ ครอบคลุม 3 ด้าน ได้แก่ ด้านบรรยากาศ ด้านการจัดการเรียนรู้ และด้านครูผู้สอน โดยใช้เป็นแบบมาตรส่วนประมาณค่า 5 ระดับ คือ มากที่สุด มาก ปานกลาง น้อย และน้อยที่สุด โดยดัดแปลงจากของคุณนัสรินทร์ บือชา (2558) นำแบบวัดความพึงพอใจไปเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาตรวจสอบความถูกต้องและปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำ

4. นำแบบวัดความพึงพอใจไปเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน ตรวจสอบความเที่ยงตรงของเนื้อหา โดยใช้ดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับลักษณะของพฤติกรรม โดยให้เกณฑ์ในการตรวจพิจารณาข้อคำถาม ดังนี้

ให้คะแนน +1 ถ้าแน่ใจว่าข้อคำถามวัดได้ตรงตามวัตถุประสงค์
คะแนน 0 ถ้าไม่แน่ใจว่าข้อคำถามวัดได้ตรงตามวัตถุประสงค์
ให้คะแนน -1 ถ้าแน่ใจว่าข้อคำถามวัดได้ไม่ตรงตามวัตถุประสงค์

คัดเลือกข้อสอบที่มีดัชนีความสอดคล้อง $\geq$0.5 พบว่าทุกข้อมีความสอดคล้องอยู่ระหว่าง 0.6-1.0 โดยมีข้อเสนอแนะให้ปรับคำพูดในข้อคำถามให้ชัดเจนว่านักเรียนได้ใช้การคิดอย่างมีวิจารณญาณอย่างไร

5. ปรับปรุงคำพูดตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ เสนอให้ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์พิจารณา

6. นำแบบสอบถามความพึงพอใจที่ได้รับการตรวจสอบจากผู้เชี่ยวชาญและปรับปรุงแก้ไขแล้ว ไปทดสอบกับกลุ่มตัวอย่างต่อไป

การเก็บรวบรวมข้อมูล

ในการดำเนินการทดลอง ผู้วิจัยได้ดำเนินการทดลองกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โดยมีขั้นตอน ดังนี้

1. ทดสอบความสามารถในการออกแบบวิธีการแก้ปัญหาตามมาตรฐานสะเต็มศึกษา ด้วยแบบประเมินความสามารถในการออกแบบวิธีการแก้ปัญหาตามมาตรฐานสะเต็มศึกษาและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 แล้วนำมาตรวจให้คะแนนก่อนเรียน

2. ดำเนินการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้ปัญหาเป็นฐานที่เน้นกระบวนการคิดอย่างมีวิจารณญาณ

3. เมื่อสิ้นสุดการสอน ทำการเก็บข้อมูลหลังเรียนรายบุคคล โดยใช้แบบประเมินความสามารถในการออกแบบวิธีการแก้ปัญหาตามาตรฐานสะเต็มศึกษา แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และสำรวจความพึงพอใจ โดยใช้แบบสอบถามความพึงพอใจที่มีต่อการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาบูรณาการกระบวนการคิดอย่างมีวิจารณญาณ

การจัดกระทำและการวิเคราะห์ข้อมูล

1.ความสามารถในการออกแบบวิธีการแก้ปัญหาตามแนวทางสะต็มศึกษา

ผู้วิจัยได้ดำเนินการเก็บรวบรวมความสามารถในการออกแบบวิธีการแก้ปัญหาตามแนวทางสะต็มศึกษา โดยใช้แบบวัดความสามารถในการออกแบบวิธีการแก้ปัญหาตามมาตรฐานสะเต็มศึกษาที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น โดยมีการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณและข้อมูลเชิงคุณภาพร่วมกัน ดังนี้

1.1 ผู้วิจัยตรวจให้คะแนนความสามารถในการออกแบบวิธีการแก้ปัญหาตามมาตรฐานสะเต็มศึกษาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปี ที่ 1 จากแบบประเมินความสามารถในการออกแบบวิธีการแก้ปัญหาตามมาตรฐานสะเต็มศึกษาก่อนและหลังเรียน โดยใช้เกณฑ์การให้คะแนนแบบรูบิค (scoring rubic) ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น

1.2 นำคะแนนที่ได้ไปวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม spss โดยใช้สถิติ t-test for dependent sample เพื่อเปรียบเทียบคะแนนความสามารถในการออกแบบวิธีการแก้ปัญหาตามมาตรฐานสะเต็มศึกษาก่อนเรียนและหลังเรียน

1.3 วิเคราะห์รายองค์ประกอบของสมรรถนะการออกแบบวิธีการแก้ปัญหาตามมาตรฐานสะเต็มศึกษา โดยคิดคะแนนเฉลี่ยในแต่ละด้านของตัวชี้วัดความสามารถในการออกแบบวิธีการแก้ปัญหาตามมาตรฐานสะเต็มศึกษาทั้ง 2 สถานการณ์ ได้แก่ 1.ศึกษาวิธีการ

แก้ปัญหาโดยเชื่อมโยงความรู้ และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์และคณิตศาสตร์ มีคะแนนเต็ม 10 คะแนน 2.เลือกวิธีการแก้ปัญหาที่เหมาะสมภายใต้เงื่อนไขที่กำหนดได้ มีคะแนนเต็ม 16 คะแนน และ3.อธิบายแนวคิดที่ใช้ในการออกแบบวิธีการแก้ปัญหา มีคะแนนเต็ม 14 คะแนน รวมเป็น 40 คะแนน

1.4 นำคะแนนเฉลี่ยของคะแนนความสามารถในการออกแบบวิธีการแก้ปัญหาตามมาตรฐานสะเต็มศึกษาก่อนเรียนและคะแนนความสามารถในการออกแบบวิธีการแก้ปัญหาหลังเรียน มาทดสอบการแจกแจงของข้อมูลพบว่า คะแนนเฉลี่ยความสามารถในการออกแบบวิธีการแก้ปัญหาตามมาตรฐานสะเต็มศึกษา ก่อนเรียนและหลังเรียนมีการแจกแจงแบบปกติ ที่ ระดับนัยสำคัญ .05 เป็นไปตาม ข้อตกลงเบื้องต้นสามารถทำการทดสอบ t-test ได้

1.5 เปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยแต่ละด้านก่อนและหลังเรียนในแต่ละตัวชี้วัดโดยใช้สถิติ t-test for dependent sample

1.6 วิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพ จากการตอบแบบประเมินความสามารถในการออกแบบวิธีการแก้ปัญหาตามมาตรฐานสะเต็มศึกษา เพื่ออธิบายพฤติกรรมที่สะท้อนทักษะความสามารถในการออกแบบวิธีการแก้ปัญหาตามมาตรฐานสะเต็มศึกษา

1.7 นำคะแนนที่ได้จากการทำแบบทดสอบรายบุคคลมาหาร้อยละของคะแนนรวมทั้ง 2 สถานการณ์ ซึ่งเท่ากับ 40 คะแนน

1.8 จัดระดับความสามารถในการออกแบบวิธีการแก้ปัญหาตามเกณฑ์ 4 ระดับ คือ ระดับการเริ่มต้น ระดับกำลังพัฒนา ระดับความชำนาญ และระดับสูง ซึ่งดัดแปลงมาจาก Corinne CornibeและJessica watts (Corinne Cornibe & Jessica watts, 2561) ทั้งก่อนและหลังเรียน ในแต่ระดับมีความหมายดังนี้

1) ระดับสูง คือ การแสดงออกอย่างชัดเจนถึงความสามารถในการออกแบบวิธีแก้ปัญหาตามมาตรฐานสะเต็มศึกษา คะแนนเฉลี่ยร้อยละ 76-100 ของคะแนนเต็ม

2) ระดับความชำนาญ คือ การแสดงออกถึงความสามารถในการออกแบบวิธีแก้ปัญหาตามมาตรฐานสะเต็มศึกษา มีคะแนนเฉลี่ยร้อยละ 51-75 ของคะแนนเต็ม

3) ระดับกำลังพัฒนา คือ การแสดงออกถึงความสามารถในการออกแบบวิธีแก้ปัญหาตามมาตรฐานสะเต็มศึกษา มีคะแนนเฉลี่ยร้อยละ 26-50 ของคะแนนเต็ม

4) ระดับการเริ่มต้น คือ การแสดงออกถึงความสามารถในการออกแบบวิธีแก้ปัญหาตามมาตรฐานสะเต็มศึกษา มีคะแนนเฉลี่ยร้อยละ 0-25 ของคะแนนเต็ม

1.9 ศึกษาการเปลี่ยนแปลงระดับความสามารถโดยเปรียบเทียบระดับความสามารถในการออกแบบวิธีแก้ปัญหาตามมาตรฐานสะเต็มศึกษาของนักเรียนก่อนและหลังการเรียนรู้ด้วยการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาด้วยรูปแบบปัญหาเป็นฐานที่เน้นกระบวนการคิดอย่างมีวิจารณญาณ และคำนวณร้อยละของนักเรียนที่มีระดับความสามารถในการออกแบบวิธีการแก้ปัญหาลดลง คงที่ และเพิ่มขึ้น

2.ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์

2.1 ผู้วิจัยให้คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์โดยใช้แบบวัดผลสัมฤทธิ์แบบเลือกตอบ จำนวน 20 ข้อ คะแนนรวม 20 คะแนน ในแต่ละข้อจะมีข้อถูกที่สุดเพียงคำตอบเดียว **โดยหากเลือกคำตอบถูกต้องจะได้ 1 คะแนน และหากเลือกคำตอบไม่ถูกต้องจะได้รับ 0 คะแนน**

2.2 คิดคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์รายบุคคล นำมาทดสอบการแจกแจงของข้อมูล พบว่า คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรายวิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 หลังเรียน มีการแจกแจงแบบปกติ ที่ระดับนัยสำคัญ .05 เป็นไปตาม ข้อตกลงเบื้องต้นจึงสามารถทำการทดสอบ t-test ได้

2.3 คำนวณหาร้อยละของคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1

2.4 นำคะแนนไปวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม spss โดยใช้สถิติ t-test for one sample เพื่อเปรียบเทียบคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์กับเกณฑ์ร้อยละ 70 ตามที่ตั้งไว้ในสมมติฐานข้อที่ 3 ที่ระดับความเชื่อมั่น .05

3. ความพึงพอใจ

3.1 นำกระดาษคำตอบมาตรวจให้คะแนนตามเกณฑ์ โดยการกำหนดน้ำหนักของตัวเลือกในช่องต่างๆ เป็น 5,4,3,2 และ 1 ดังนี้

ข้อความเชิงนิมาน (ทางบวก) ให้ระดับคะแนนดังนี้

มากที่สุด	ระดับคะแนน	5
มาก	ระดับคะแนน	4
ปานกลาง	ระดับคะแนน	3
น้อย	ระดับคะแนน	2
น้อยที่สุด	ระดับคะแนน	1

ข้อความเชิงนิเสธ (ทางลบ) ให้ระดับคะแนนดังนี้

มากที่สุด	ระดับคะแนน	1
มาก	ระดับคะแนน	2
ปานกลาง	ระดับคะแนน	3
น้อย	ระดับคะแนน	4
น้อยที่สุด	ระดับคะแนน	5

3.2 วิเคราะห์ผลคะแนนด้วยโปรแกรม exel เพื่อหาคะแนนเฉลี่ยทั้งภาพรวมและรายด้าน

3.3 แปลผลระดับความพึงพอใจจากค่าเฉลี่ยของคะแนนความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ดังนี้ (สิน พันธุ์พินิจ, 2553)

คะแนนเฉลี่ยตั้งแต่ 4.51-5.00 หมายถึง มีความพึงพอใจระดับมากที่สุด

คะแนนเฉลี่ยตั้งแต่ 3.51-4.50 หมายถึง มีความพึงพอใจระดับมาก

คะแนนเฉลี่ยตั้งแต่ 2.51-3.50 หมายถึง มีความพึงพอใจระดับปานกลาง

คะแนนเฉลี่ยตั้งแต่ 1.51-2.50 หมายถึง มีความพึงพอใจระดับน้อย

คะแนนเฉลี่ยตั้งแต่ 1.00-1.50 หมายถึง มีเจตคติระดับน้อยที่สุด

3.4 คำนวณหาร้อยละของนักเรียนที่มีระดับความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาบูรณาการกระบวนการคิดอยากมีวิจารณญาณ ระดับมากขึ้นไป

บทที่ 4
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ความสามารถในการออกแบบวิธีการแก้ปัญหาตามมาตรฐานสะเต็มศึกษา และความพึงพอใจของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้ปัญหาเป็นฐานที่เน้นกระบวนการคิดอย่างมีวิจารณญาณ เรื่อง กระบวนการเปลี่ยนแปลงลมฟ้าอากาศ ซึ่งมีจุดประสงค์ของการวิจัย ดังนี้

1. เพื่อศึกษาผลของการใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้ปัญหาเป็นฐานที่เน้นกระบวนคิดอย่างมีวิจารณญาณ ที่มีต่อความสามารถในการออกแบบวิธีการแก้ปัญหาตามมาตรฐานสะเต็มศึกษา ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1

2. เพื่อศึกษาผลของการใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้ปัญหาเป็นฐานที่เน้นกระบวนการคิดอย่างมีวิจารณญาณที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1

3. เพื่อศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 หลังได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้ปัญหาเป็นฐานที่เน้นกระบวนคิดอย่างมีวิจารณญาณ

สัญลักษณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

การนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลและแปลความหมาย เพื่อความเข้าใจตรงกันผู้วิจัยขอเสนอสัญลักษณ์ในการวิเคราะห์ข้อมูลดังนี้

N แทน จำนวนนักเรียนในกลุ่มตัวอย่าง

$\overline{X}$ แทน คะแนนเฉลี่ย

$\overline{X}_1$ และ $\overline{X}_2$ แทน คะแนนเฉลี่ยของนักเรียนก่อนและหลังได้รับการจัดการเรียนรู้

S.D. แทน ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน

t แทน ค่าสถิติที่ใช้ในการพิจารณาการแจกแจง

df แทน ชั้นแห่งความเป็นอิสระ (degree of freedom)

p แทน ค่าความน่าจะเป็น

k แทน คะแนนเต็มของแบบทดสอบ

* แทน ความมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ผลของการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้ปัญหาเป็นฐานที่เน้นกระบวนการคิดอย่างมีวิจารณญาณที่มีต่อสมรรถนะการออกแบบวิธีการแก้ปัญหาตามมาตรฐานสะเต็มศึกษา ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ผู้วิจัยจะรายงานผลการวิเคราะห์ข้อมูลตามวัตถุประสงค์การวิจัย ซึ่งผลการวิเคราะห์ข้อมูลสรุปได้ ดังนี้

วัตถุประสงค์การวิจัยข้อที่ 1 เป็นการศึกษาความสามารถในการออกแบบวิธีการแก้ปัญหาตามมาตรฐานสะเต็มศึกษา มี 2 สมมติฐานคือ 1) นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้ปัญหาเป็นฐานที่เน้นกระบวนคิดอย่างมีวิจารณญาณ มีความสามารถในการออกแบบวิธีการแก้ปัญหาตามมาตรฐานสะเต็มศึกษาหลังเรียนสูงขึ้น 2) นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ร้อยละ 70 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้ปัญหาเป็นฐานที่เน้นกระบวนคิดอย่างมีวิจารณญาณ มีความสามารถในการออกแบบวิธีการแก้ปัญหาตามมาตรฐานสะเต็มศึกษาอยู่ในระดับพัฒนาการสูงกว่าก่อนเรียน

เพื่อทดสอบสมมติฐานข้อที่ 1 นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้ปัญหาเป็นฐานที่เน้นกระบวนคิดอย่างมีวิจารณญาณ มีความสามารถในการออกแบบวิธีการแก้ปัญหาตามมาตรฐานสะเต็มศึกษาหลังเรียนสูงขึ้น

ผู้วิจัยทำการทดสอบการแจกแจงแบบปกติของคะแนนความสามารถในการออกแบบวิธีการแก้ปัญหาตามมาตรฐานสะเต็มศึกษา ซึ่งผลการวิเคราะห์เป็นดังตาราง 7

ตาราง 7 ผลการทดสอบการแจกแจงแบบปกติของคะแนนความสามารถในการออกแบบวิธีการแก้ปัญหาตามมาตรฐานสะเต็มศึกษาก่อนเรียน – หลังเรียน

	Shapiro - Wilk		
	Statistic	df	sig.
ก่อนเรียน	.979	30	.809
หลังเรียน	.932	30	.056

จากตาราง 7 เนื่องจากจำนวนกลุ่มที่ศึกษามีขนาดน้อยกว่า 50 คน จึงเลือกค่าสถิติของ Shapiro-Wilk (ชนินันท์ พฤกษ์ประมูล. 2558) พบว่า คะแนนความสามารถในการออกแบบ

วิธีการ แก้ปัญหาตามมาตรฐานสะเต็มศึกษา ก่อนเรียน ค่า Sig. ของ Shapiro-Wilk เท่ากับ .809 และ คะแนนความสามารถในการออกแบบวิธีการแก้ปัญหาตามมาตรฐานสะเต็มศึกษา หลังเรียน ค่า Sig. ของ Shapiro-Wilk เท่ากับ .056 ซึ่งมากกว่าระดับนัยสำคัญที่กำหนดไว้ คือ Sig .05 จึงสรุป ได้ว่า คะแนนเฉลี่ยความสามารถในการออกแบบวิธีการแก้ปัญหาตามมาตรฐานสะเต็มศึกษา ก่อนเรียนและหลังเรียนมีการแจกแจงแบบปกติ ที่ระดับนัยสำคัญ .05 เป็นไปตามข้อตกลงเบื้องต้น สามารถทำการทดสอบค่าทีได้

จึงเปรียบเทียบความสามารถในการออกแบบวิธีแก้ปัญหาตามมาตรฐานสะเต็มศึกษา ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ก่อนและหลังจากได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานที่เน้นกระบวนคิดอย่างมีวิจารณญาณ ด้วยการวิเคราะห์เปรียบเทียบคะแนนก่อนเรียนและหลังเรียน โดยใช้สถิติ t-test for dependent sample แสดงผลดังตาราง 8

ตาราง 8 คะแนนความสามารถในการออกแบบวิธีการแก้ปัญหาตามมาตรฐานสะเต็มศึกษา ก่อนและหลังเรียน

การทดสอบ	N	k	$\overline{X}$	S.D.	t	df	P
ก่อนเรียน	30	40	21.57	2.85	9.10	29	.000
หลังเรียน	30	40	29.87	4.03			

* $p < 0.05$

จากตารางที่ พบว่า ก่อนการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานที่เน้นกระบวนคิดอย่างมีวิจารณญาณมีค่าเฉลี่ยคะแนนความสามารถในการออกแบบวิธีการแก้ปัญหาตามมาตรฐานสะเต็มศึกษาเท่ากับ 21.57 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 2.85 แต่หลังเรียนพบว่ามีค่าเฉลี่ยคะแนนความสามารถในการออกแบบวิธีการแก้ปัญหาตามมาตรฐานสะเต็มศึกษาเท่ากับ 29.87 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 4.03 ซึ่งแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

พิจารณาคะแนนความสามารถในการออกแบบวิธีการแก้ปัญหาตามมาตรฐานสะเต็มศึกษาเป็นรายองค์ประกอบในแต่ละตัวชี้วัดเปรียบเทียบก่อนและหลังเรียน แสดงผลดังตาราง9

ตาราง 9 เปรียบเทียบคะแนนความสามารถในการออกแบบวิธีการแก้ปัญหาก่อนและหลังเรียนแต่ละตัวชี้วัด

ตัวชี้วัดความสามารถในการออกแบบวิธีแก้ปัญหา	ก่อนเรียน		หลังเรียน		t	sig
	$\bar{X}$	S.D.	$\bar{X}$	S.D.		
1.ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา โดยเชื่อมโยงความรู้และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์และคณิตศาสตร์	6.13	1.43	8.23	1.48	5.15	.000
2.เลือกวิธีการแก้ปัญหาที่เหมาะสมภายใต้เงื่อนไขที่กำหนดได้	7.33	1.90	11.83	1.76	11.16	.000
3.อธิบายแนวคิดที่ใช้ในการออกแบบวิธีการแก้ปัญหา	8.1	1.32	9.8	1.75	4.20	.000

จากตารางพบว่า ความสามารถในการออกแบบวิธีการแก้ปัญหาตามมาตรฐานสะเต็มศึกษาในแต่ละตัวชี้วัด ทุกตัวชี้วัดหลังเรียนมีค่าเฉลี่ยสูงกว่าก่อนเรียน ตัวชี้วัดที่มีค่าเฉลี่ยสูงขึ้นมากที่สุดคือ ตัวชี้วัดที่ 2 เลือกวิธีการแก้ปัญหาที่เหมาะสมภายใต้เงื่อนไขที่กำหนดได้ ซึ่งมีค่าเฉลี่ยคะแนนก่อนเรียนเท่ากับ 7.33 มีค่าเฉลี่ยคะแนนหลังเรียนเท่ากับ 11.83

เพื่อตอบสมมุติฐานข้อที่ 2 นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ร้อยละ 70 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้ปัญหาเป็นฐานที่เน้นกระบวนคิดอย่างมีวิจารณญาณ มีความสามารถในการออกแบบวีธีการแก้ปัญหาตามมาตรฐานสะเต็มศึกษาอยู่ในระดับพัฒนาการสูงกว่าก่อนเรียน ระดับจึงจัดระดับความสามารถในการออกแบบวิธีการแก้ปัญหาตามมาตรฐานสะเต็มศึกษารายบุคคลก่อนเรียนและหลังเรียนเทียบกับเกณฑ์ ซึ่งเกณฑ์มี 4 ระดับ คือ ระดับการเริ่มต้น ระดับกำลังพัฒนา ระดับความชำนาญ และระดับสูง ที่ดัดแปลงมาจาก knowles teacher Initiative (knowles teacher Initiative, 2017) ได้ผลแสดงดังตาราง 10

ตาราง 10 เปรียบเทียบระดับความสามารถในการออกแบบวิธีการแก้ปัญหาตามมาตรฐานสะเต็มศึกษาก่อนเรียนและหลังเรียน

ผู้ทดสอบคนที่	ก่อนเรียน			หลังเรียน			ทิศทางการพัฒนา
	คะแนน	ร้อยละ	ระดับความสามารถ	คะแนน	ร้อยละ	ระดับความสามารถ	
1	23	58	ชำนาญ	35	88	สูง	เพิ่มขึ้น
2	28	70	ชำนาญ	35	88	สูง	เพิ่มขึ้น
3	22	55	ชำนาญ	29	73	ชำนาญ	คงที่
4	22	55	ชำนาญ	28	70	ชำนาญ	คงที่
5	22	55	ชำนาญ	34	85	สูง	เพิ่มขึ้น
6	22	55	ชำนาญ	37	93	สูง	เพิ่มขึ้น
7	19	48	กำลังพัฒนา	39	98	สูง	เพิ่มขึ้น
8	27	68	ชำนาญ	31	78	สูง	เพิ่มขึ้น
9	21	53	ชำนาญ	29	73	ชำนาญ	คงที่
10	18	45	กำลังพัฒนา	26	65	ชำนาญ	เพิ่มขึ้น
11	25	63	ชำนาญ	31	78	สูง	เพิ่มขึ้น
12	24	60	ชำนาญ	31	78	สูง	เพิ่มขึ้น
13	22	55	ชำนาญ	25	63	ชำนาญ	คงที่
14	23	58	ชำนาญ	33	83	สูง	เพิ่มขึ้น
15	17	43	กำลังพัฒนา	32	80	สูง	เพิ่มขึ้น
16	20	50	กำลังพัฒนา	27	68	ชำนาญ	เพิ่มขึ้น
17	19	48	กำลังพัฒนา	26	65	ชำนาญ	เพิ่มขึ้น
18	20	50	กำลังพัฒนา	28	70	ชำนาญ	เพิ่มขึ้น
19	19	48	กำลังพัฒนา	28	70	ชำนาญ	เพิ่มขึ้น
20	24	60	ชำนาญ	26	65	ชำนาญ	คงที่
21	22	55	ชำนาญ	27	68	ชำนาญ	คงที่
22	25	63	ชำนาญ	28	70	ชำนาญ	คงที่
23	24	60	ชำนาญ	26	65	ชำนาญ	คงที่

ตาราง 10 (ต่อ)

ผู้ทดสอบคนที่	ก่อนเรียน			หลังเรียน			ทิศทางการพัฒนา
	คะแนน	ร้อยละ	ระดับความสามารถ	คะแนน	ร้อยละ	ระดับความสามารถ	
24	22	55	ชำนาญ	24	60	ชำนาญ	คงที่
25	20	50	กำลังพัฒนา	26	65	ชำนาญ	เพิ่มขึ้น
26	20	50	กำลังพัฒนา	28	70	ชำนาญ	เพิ่มขึ้น
27	20	50	กำลังพัฒนา	28	70	ชำนาญ	เพิ่มขึ้น
28	15	38	กำลังพัฒนา	35	88	สูง	เพิ่มขึ้น
29	19	48	กำลังพัฒนา	35	88	สูง	เพิ่มขึ้น
30	23	58	ชำนาญ	32	80	สูง	เพิ่มขึ้น
เฉลี่ย	21.57	54.13	ชำนาญ	29.97	75.17	สูง	เพิ่มขึ้น

จากตารางพบว่า เมื่อเปรียบเทียบระดับความสามารถในการออกแบบหลังเรียนกับก่อนเรียน นักเรียนมีระดับความสามารถในการออกแบบวิธีการแก้ปัญหาตามมาตรฐานสะเต็มศึกษาคงที่ 9 คน คิดเป็นร้อยละ 30 และมีระดับความสามารถสูงขึ้น 21 คน คิดเป็นร้อยละ 70 เมื่อเปรียบเทียบระดับความสามารถในการออกแบบวิธีแก้ปัญหาตามมาตรฐานสะเต็มศึกษาพบว่าก่อนเรียนส่วนใหญ่นักเรียนมีความสามารถอยู่ในระดับชำนาญ หลังเรียนส่วนใหญ่นักเรียนมีความสามารถอยู่ในระดับสูง มีนักเรียนที่พัฒนาระดับความสามารถขึ้น 1 ระดับ จากระดับกำลังพัฒนาไประดับชำนาญร้อยละ26.67 พัฒนาจากชำนาญไประดับสูงร้อยละ 30 และมีนักเรียนที่พัฒนาขึ้น 2 ระดับ จากระดับกำลังพัฒนาไประดับสูงร้อยละ 13.33

เพื่อให้เห็นระดับความสามารถในการออกแบบวิธีการแก้ปัญหาตามมาตรฐานสะเต็มศึกษาของนักเรียนชัดเจนยิ่งขึ้น ผู้วิจัยทำการวิเคราะห์เนื้อหาจากการตอบแบบประเมินความสามารถในการออกแบบวิธีการแก้ปัญหาของนักเรียน สามารถสรุปความสามารถในการออกแบบวิธีการแก้ปัญหาตามมาตรฐานสะเต็มศึกษาของนักเรียน จำแนกตามตัวชี้วัดแต่ละด้านได้ดังนี้

ตัวชี้วัดที่ 1 ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา โดยเชื่อมโยงความรู้และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์และคณิตศาสตร์ ซึ่งนักเรียนมีการพัฒนาในตัวชี้วัดนี้เป็นลำดับที่ 2 มีคุณลักษณะที่ต้องการวัดอยู่ 2 ประเด็น ได้แก่

คุณลักษณะที่ 1 คือ สามารถอธิบายปัญหาได้ตรงตามสถานการณ์ที่กำหนดให้ และสามารถบอกผลกระทบที่เกิดขึ้นได้ โดยนักเรียนจะต้องบอกปัญหาที่พบในสถานการณ์ที่กำหนดให้ พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่ยังตอบได้ไม่ตรงประเด็น เช่นในสถานการณ์ที่ 1 เป็นสถานการณ์ที่เกี่ยวกับน้ำเน่าเสีย ซึ่งปัญหาของสถานการณ์นี้คือน้ำเน่าเสีย จากการวิเคราะห์คำตอบพบว่า ก่อนเรียนนักเรียนส่วนใหญ่ยังมีความเข้าใจคลาดเคลื่อนมักจะตอบสาเหตุของปัญหากับผลกระทบ เช่น การมีธุรกิจแพเกิดขึ้น การทิ้งขยะลงแม่น้ำ.หรือชาวบ้านจับปลาไปขายไม่ได้ มากกว่าปัญหาของสถานการณ์ ดังตัวอย่างคำตอบต่อไปนี้

“มีธุรกิจแพเกิดขึ้นเป็นจำนวนมาก” (นักเรียน 12)

“ปลาตายทำให้ชาวบ้านจับปลาไปขายไม่ได้” (นักเรียน 10)

“มีคนมาใช้บริการธุรกิจแพมากเกินไปทำให้น้ำเน่าเสีย” (นักเรียน 25)

หลังเรียนนักเรียนสามารถวิเคราะห์ปัญหาและผลกระทบของสถานการณ์ได้ขึ้น คำตอบส่วนใหญ่นักเรียนจะบอกปัญหาก่อนแล้วมีการขยายความถึงสาเหตุและผลกระทบ ดังตัวอย่างคำตอบต่อไปนี้

“น้ำเน่าเสีย มีผลต่อการแพร่พันธุ์สัตว์น้ำทำให้ชาวบ้านจับสัตว์น้ำไปขายไม่ได้” (นักเรียน 17)

“น้ำเน่าเสีย ชาวบ้านไม่สามารถหาปลาได้ (นักเรียน 08)

“น้ำเน่าเสียทำให้ปลาตาย” (นักเรียน02)

ในสถานการณ์ที่ 2 เป็นสถานการณ์เกี่ยวกับสภาพอากาศ ซึ่งปัญหาของสถานการณ์นี้คือ สภาพอากาศมีผลต่อการประกอบอาชีพ จากการวิเคราะห์คำตอบพบว่า ก่อนเรียนนักเรียนมักจะตอบประเด็นปัญหาแต่บอกสาหตุของปัญหา เช่น ฝนตก เป็นต้น ดังตัวอย่างคำตอบต่อไปนี้

“ถ้าฝนตกก็จะไม่มีแดด” (นักเรียน 20)

“ฝนตกปลาเค็มไม่แห้ง” (นักเรียน 26)

หลังเรียนนักเรียนสามารถวิเคราะห์ปัญหาและผลกระทบของสถานการณ์ได้ดีขึ้น ดังตัวอย่างคำตอบต่อไปนี้

“ถ้าฝนตกปลาเค็มจะไม่แห้งแต่สุชาติต้องมีปลาเค็มขายทุกวัน” (นักเรียน 11)

“ถ้าฝนตกไม่มีแดด ปลาก็จะไม่แห้ง แต่สุชาติต้องมีปลาเค็มแดดเดียวขายทุกวัน”(นักเรียน 06)

คุณลักษณะที่ 2 คือ สามารถระบุแนวทางการแก้ปัญหาที่สามารถเป็นไปได้สอดคล้องกับสถานการณ์ปัญหาที่กำหนดได้ โดยนักเรียนต้องบอกแนวทางแก้ปัญหาที่สอดคล้องกับสถานการณ์ปัญหาที่กำหนดให้อย่างน้อย 3 แนวทาง จากการวิเคราะห์คำตอบในคุณลักษณะนี้พบว่า ก่อนเรียนนักเรียนสามารถระบุแนวทางแก้ปัญหาได้แต่ยังไม่หลากหลายทั้งในสถานการณ์ที่ 1 และ 2 โจทย์ให้ระบุ 3 วิธี นักเรียนมักจะระบุมาเพียง 1 วิธี

นอกจากนี้ยังมีนักเรียนที่เลือกวิธีแก้ปัญหาที่ไม่สอดคล้องกับเงื่อนไข เช่น ในสถานการณ์ที่ 2 นักเรียนตอบว่า “นำปลาชนิดอื่นมาขาย” (นักเรียน 20) ซึ่งไม่สอดคล้องกับเงื่อนไขเพราะในเงื่อนไขกำหนดว่า ถึงแม้ว่าฝนตกไม่มีแดด สุชาติต้องขายปลาเค็มแดดเดียว

หลังเรียนพบว่านักเรียนสามารถระบุแนวทางแก้ปัญหาได้หลากหลายมากขึ้น มีนักเรียนจำนวน 19 คน คิดเป็นร้อยละ 63.33 ที่ระบุแนวทางการแก้ปัญหาตามโจทย์กำหนดให้ครบ 3 วิธี ดังตัวอย่างคำตอบต่อไปนี้

“1.ติดป้ายรณรงค์ไม่ให้ทิ้งขยะลงแม่น้ำ 2.ติดตั้งระบบบำบัดน้ำเสีย 3.ช่วยเก็บขยะในแม่น้ำ” (นักเรียน 15)

“1. จัดกิจกรรมช่วยกันเก็บขยะในแม่น้ำ 2.ร้องเรียนขอให้ปิดกิจการแพ 3.ติดตั้งระบบบำบัดน้ำเสีย” (นักเรียน 06)

“1.ไปซื้อปลาจากที่อื่นมาขาย 2.สร้างที่ตากปลาแบบกันฝนได้ 3.สร้างตู้อบปลาเพื่อให้ปลาแห้งไวขึ้น” (นักเรียน 18)

ตัวชี้วัดที่ 2 เลือกวิธีการแก้ปัญหาที่เหมาะสมภายใต้เงื่อนไขที่กำหนดได้ ซึ่งเป็นตัวชี้วัดที่นักเรียนมีพัฒนาการมากที่สุด โดยในตัวชี้วัดนี้มีคุณลักษณะที่ต้องการวัดอยู่ 2 ประเด็น

คุณลักษณะที่ 1 คือ สามารถเลือกการออกแบบเบื้องต้นที่ดีที่สุด ตรงตามข้อจำกัด และเกณฑ์ที่ระบุ โดยนักเรียนต้องเลือกวิธีแก้ปัญหาที่สอดคล้องกับปัญหา มีความเป็นไปได้ ตรงกับเงื่อนไขหรือข้อกำหนดของสถานการณ์ และให้เหตุผลประกอบได้ จากการวิเคราะห์คำตอบของนักเรียนพบว่า ก่อนเรียนนักเรียนจะเลือกวิธีแก้ปัญหาได้ แต่ยังเป็นวิธีที่ไม่สามารถแก้ปัญหาได้ ไม่สอดคล้องกับเงื่อนไขของสถานการณ์ หรือเลือกวิธีที่มีผลกระทบต่อบุคคล ดังตัวอย่างสถานการณ์ที่ 1 การแก้ปัญหาน้ำเสียตัวอย่าง คำตอบคือ

“ติดป้ายห้ามทิ้งขยะ เพราะถ้าติดป้ายจะทำให้คนอื่นไม่ทิ้งขยะลงแม่น้ำ” (นักเรียน19)

“เปลี่ยนจากขายปลาเค็มเป็นขายปลาทอด” (นักเรียน 20)

“ปิดกิจการแพตกปลาเพราะถ้าเปิดแพตกปลาเราก็จะไม่รู้สามารถจัดการกับคนทิ้งขยะไม่เป็นที่” (นักเรียน04)

หลังเรียนนักเรียนสามารถเลือกวิธีแก้ปัญหาได้สอดคล้องกับปัญหาและข้อจำกัดของสถานการณ์ได้ดีขึ้น พร้อมทั้งบอกเหตุผลที่สอดคล้อง ดังตัวอย่างสถานการณ์ที่ 1 ตัวอย่างคำตอบคือ

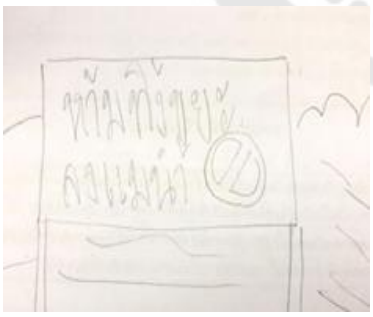
“ติดตั้งระบบบำบัดน้ำเสียเพราะจะทำให้คุณภาพน้ำดีขึ้น” (นักเรียน13)

“ติดตั้งเครื่องเติมอากาศเพื่อเพิ่มออกซิเจนให้กับน้ำจะทำให้น้ำดีขึ้น” (นักเรียน 20)

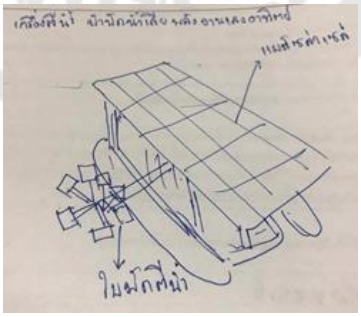
สถานการณ์ที่ 2 ตัวอย่างคำตอบคือ

“สร้างตู้อบปลาเค็มเพราะไม่ว่าสภาพแวดล้อมจะเป็นยังไงปลาก็จะแห้ง”(นักเรียน 06)

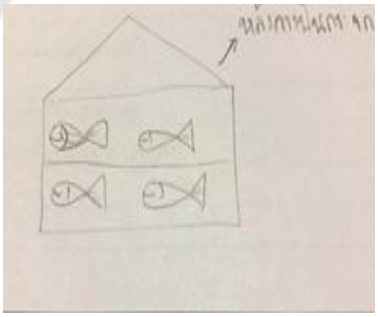
คุณลักษณะที่ 2 คือ สามารถแสดงรูปแบบและการทำงานของการออกแบบโดยการสร้างการทำงานต้นแบบได้ โดยนักเรียนต้อง เขียนภาพร่างแสดงวิธีการแก้ปัญหาโดยละเอียด อธิบายแนวคิดในการทำงาน ระบุขนาด วัสดุที่ใช้ เป็นคุณลักษณะที่นักเรียนมีการพัฒนามากที่สุด จากการวิเคราะห์คำตอบของนักเรียนพบว่าก่อนเรียนนักเรียนสามารถแสดงแนวคิดออกมาเป็นภาพวาดหรือแบบร่างได้ แต่ยังไม่ลงรายละเอียดในแต่ละส่วน ไม่ระบุหลักการทำงาน ขนาด หรือวัสดุที่ใช้ มีบางส่วนที่ระบุเล็กน้อย ดังตัวอย่างคำตอบในภาพ



ภาพ ก (นักเรียน 14)



ภาพ ข (นักเรียน 05)



ภาพ ค (นักเรียน 03)

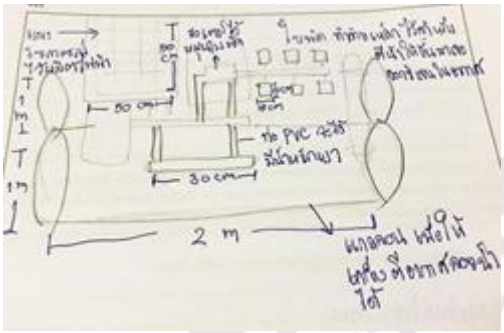
ภาพประกอบ 6 ตัวอย่างการออกแบบการแก้ปัญหาก่อนเรียน

ภาพย่อย ก การออกแบบการแก้ปัญหาของนักเรียนคนที่ 14

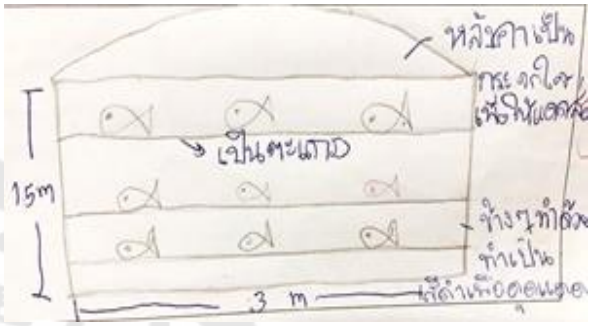
ภาพย่อย ข การออกแบบการแก้ปัญหาของนักเรียนคนที่ 05

ภาพย่อย ค การออกแบบการแก้ปัญหาของนักเรียนคนที่ 03

แต่เมื่อวิเคราะห์คำตอบการออกแบบวิธีการแก้ปัญหาหลังเรียนพบว่านักเรียนมีการออกแบบที่ละเอียดขึ้น แต่รูปร่างของแบบยังคล้ายเดิม แต่มีการใส่รายละเอียดต่าง ๆ ลงไปมากกว่าเดิมอย่างเห็นได้ชัด เช่นมีการระบุส่วนประกอบพร้อมกับหลักการ มีการระบุขนาด ดังตัวอย่างคำตอบต่อไปนี้



ภาพ ก (นักเรียน 07)



ภาพ ข (นักเรียน 03)

ภาพประกอบ 7 ตัวอย่างการออกแบบการแก้ปัญหาหลังเรียน

ภาพย่อย ก การออกแบบการแก้ปัญหาของนักเรียนคนที่ 07

ภาพย่อย ข การออกแบบการแก้ปัญหาของนักเรียนคนที่ 03

ตัวชี้วัดที่ 3 อธิบายแนวคิดที่ใช้ในการออกแบบวิธีการแก้ปัญหา ซึ่งเป็นตัวชี้วัดที่นักเรียนมีพัฒนาการน้อยที่สุด โดยในตัวชี้วัดนี้มีคุณลักษณะที่ต้องการวัดอยู่ 2 ข้อ

คุณลักษณะที่ 1 คือ อธิบายรายละเอียดการออกแบบได้ชัดเจน สามารถอธิบายถึงประโยชน์และจุดอ่อน ของการออกแบบรวมทั้งความเป็นไปได้ และความคิดสำหรับการปรับปรุงต่อไปโดยนักเรียนต้องระบุประโยชน์ที่คาดว่าจะเกิดขึ้นจากการแก้ไขปัญหา และจุดอ่อนของการออกแบบ พร้อมเสนอแนะวิธีการปรับปรุงหรือพัฒนาวิธีการแก้ไขปัญหาได้ มีการคำนึงถึงช่วยเหลือผู้อื่นและส่วนรวม

จากการวิเคราะห์คำตอบของนักเรียนในคุณลักษณะนี้พบว่า ก่อนเรียนนักเรียนส่วนใหญ่สามารถบอกประโยชน์ ของวิธีแก้ปัญหาได้ แต่ยังขาดพิจารณาถึงจุดอ่อนของวิธีการแก้ปัญหารวมไปถึงการเสนอแนวทางการปรับปรุงให้ดีขึ้น ดังตัวอย่างคำตอบของสถานการณ์ที่ 1 ตัวอย่างคำตอบคือ

“ทำให้น้ำมีคุณภาพมากดี ชาวบ้านก็จะหาปลาได้” (นักเรียน 15)

“ทำให้เกิดจิตสำนึกสำหรับบางคน” (นักเรียน 21)

สถานการณ์ที่ 2 ตัวอย่างคำตอบคือ

“ตู้สามารถป้องกันฝนได้” (นักเรียน 25)

หลังเรียนพบว่านักเรียนส่วนใหญ่มีการวิเคราะห์จุดอ่อนของวิธีแก้ปัญหาที่ตนเองคิดขึ้นมา พร้อมทั้งนำเสนอแนวทางปรับปรุงแก้ไขให้ดีขึ้นได้ ดังตัวอย่างคำตอบของสถานการณ์ที่ 1 ตัวอย่างคำตอบคือ

“ทำให้น้ำมีคุณภาพดีขึ้นได้แต่จุดอ่อนของวิธีนี้ก็คือ อาจจะต้องใช้เวลานาน อาจจะพัฒนาให้สามารถตีน้ำให้มากขึ้น หรือเพิ่มจำนวนใบพัดให้มากขึ้น” (นักเรียน 06)

“ตู้นี้สามารถป้องกันฝนได้ แห้งไวขึ้น แต่จุดอ่อนคือตากปลาได้น้อย ต้องคำนวณอัตราส่วนพื้นที่ให้เพียงพอต่อการตากปลา อาจจะเพิ่มจำนวนชั้นในการตากปลา หรือเปลี่ยนวัสดุที่เก็บความร้อนได้ดีกว่าเดิม” (นักเรียน17)

คุณลักษณะที่ 2 คือ ออกแบบวิธีการแก้ปัญหาโดยเชื่อมโยงความรู้ กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์และคณิตศาสตร์ได้ โดยพิจารณาจากการอธิบายความรู้ที่เกี่ยวข้องทั้ง 4 สาระการเรียนรู้นี้ที่นำมาใช้ในการแก้ปัญหา ในคุณลักษณะนี้ก่อนเรียนนักเรียนยังเชื่อมโยงความรู้ที่นำมาใช้ไม่ถูกต้องและส่วนใหญ่จะเชื่อมโยงความรู้ของวิชาหลักที่เรียนประจำอยู่ได้คือวิชาวิทยาศาสตร์ มีการเชื่อมโยงคณิตศาสตร์บ้างเล็กน้อย ยังไม่สามารถเชื่อมโยงเทคโนโลยีและวิศวกรรมศาสตร์ เนื่องจากนักเรียนอาจจะยังไม่เข้าใจความหมายของเทคโนโลยีและวิศวกรรมศาสตร์ ดังตัวอย่างคำตอบของสถานการณ์ที่ 1 ตัวอย่างคำตอบคือ

“วิทยาศาสตร์-การรักษาสิ่งแวดล้อม” (นักเรียน04)

“วิทยาศาสตร์-การเติมอากาศให้น้ำ,คณิตศาสตร์-การหาพื้นที่” (นักเรียน 24)

“วิทยาศาสตร์-การพยากรณ์อากาศ,คณิตศาสตร์-การหาอัตราส่วนร้อยละ” (นักเรียน 27)

หลังเรียนพบว่านักเรียนสามารถเชื่อมโยงความรู้ได้มากขึ้นกว่าเดิม ดังตัวอย่างคำตอบของสถานการณ์ที่ 1 ตัวอย่างคำตอบคือ

“วิทยาศาสตร์-การเพิ่มปริมาณออกซิเจนให้กับน้ำ, เทคโนโลยี-การเลือกวัสดุในการผลิตเครื่องบำบัดน้ำเสีย,คณิตศาสตร์-การคำนวณหาขนาดพื้นที่ของวัตถุ,วิศวกรรมศาสตร์-การออกแบบเครื่องบำบัดน้ำเสีย” (นักเรียน 02)

สถานการณ์ที่ 2 ตัวอย่างคำตอบคือ

“วิทยาศาสตร์-การพยากรณ์อากาศ, คณิตศาสตร์-การหาอัตราส่วนร้อยละและการหาพื้นที่, เทคโนโลยี- การเลือกใช้วัสดุ” (นักเรียน01)

วัตถุประสงค์วิจัยข้อที่ 2 เพื่อศึกษาผลของการใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานที่เน้นกระบวนการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1

เพื่อทดสอบสมมติฐานวิจัยข้อที่ 3 นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานที่เน้นกระบวนคิดอย่างมีวิจารณญาณ มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ หลังเรียนสูงกว่าเกณฑ์ ร้อยละ 70

ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ เรื่อง กระบวนการเปลี่ยนแปลงลมฟ้าอากาศ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 หลังจากได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้ปัญหาเป็นฐานที่เน้นกระบวนคิดอย่างมีวิจารณญาณ ทดสอบการแจกแจงแบบปกติของคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรายวิชาวิทยาศาสตร์ ได้ผลดังตาราง 11

ตาราง 11 ผลการทดสอบการแจกแจงแบบปกติของคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรายวิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 หลังเรียน

	Shapiro - Wilk		
	Statistic	df	sig.
หลังเรียน	.945	30	.127

จากตาราง 11 เนื่องจากจำนวนกลุ่มที่ศึกษามีขนาดน้อยกว่า 50 คน จึงเลือกค่าสถิติของ Shapiro-Wilk (ชนินันท์ พฤกษ์ประมูล. 2558) พบว่า คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรายวิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 หลังเรียน ค่า Sig. ของ Shapiro-Wilk เท่ากับ .127 ซึ่งมากกว่าระดับนัยสำคัญที่กำหนดไว้ คือ Sig .05 จึงสรุปได้ว่า คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรายวิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 หลังเรียน มีการแจกแจงแบบปกติ ที่ระดับนัยสำคัญ .05 เป็นไปตาม ข้อตกลงเบื้องต้นจึงสามารถทำการทดสอบ t-test ได้

ทำการวิเคราะห์เปรียบเทียบคะแนนหลังเรียนกับเกณฑ์ร้อยละ70 โดยใช้สถิติ t-test for one sample แสดงผลดังตาราง 12

ตาราง 12 การเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยกับเกณฑ์ร้อยละ 70

การทดสอบ	N	k	$\overline{X}$	S.D.	df	t	p
หลังเรียน	30	20	14.63	1.65	29	2.01	.02

* $p < 0.05$

จากตารางพบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1หลังจากได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานที่เน้นกระบวนคิดอย่างมีวิจารณญาณ สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยมีคะแนนเฉลี่ย 14.63 คิดเป็นร้อยละ 73.15

วัตถุประสงค์การวิจัยข้อที่ 3 เพื่อศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 หลังได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานที่เน้นกระบวนคิดอย่างมีวิจารณญาณ

เพื่อทดสอบสมมติฐานข้อที่ 4 นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ทุกคนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานที่เน้นกระบวนคิดอย่างมีวิจารณญาณมีความพึงพอใจอยู่ในระดับมากขึ้นไป ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 หลังจากได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานที่เน้นกระบวนคิดอย่างมีวิจารณญาณ เรื่อง กระบวนการเปลี่ยนแปลงลมฟ้าอากาศ แสดงผลดังตาราง 13

ตาราง 13 ความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานที่เน้นกระบวนคิดอย่างมีวิจารณญาณ

ข้อความ	$\overline{X}$	S.D.	**ระดับความพึงพอใจ**
ด้านบรรยากาศ			
1.บรรยากาศของการเรียนเปิดโอกาสให้นักเรียนมีส่วนร่วมในการทำกิจกรรม	4.5	0.5	มาก
2.บรรยากาศของการเรียนทำให้นักเรียนมีความรับผิดชอบต่อตนเองและกลุ่ม	3.9	0.8	มาก

ตาราง 13 (ต่อ)

ข้อความ	$\bar{X}$	S.D.	ระดับความพึงพอใจ
3.บรรยากาศของการเรียนทำให้นักเรียนมีความกระตือรือร้นในการเรียน	4.3	0.7	มาก
4.บรรยากาศของการเรียนเปิดโอกาสให้นักเรียนได้แสดงความคิดเห็น	4.3	0.7	มาก
5.บรรยากาศของการเรียนทำให้นักเรียนได้ใช้กระบวนการคิดที่เป็นเหตุเป็นผลในการตัดสินใจ	4.6	0.5	มากที่สุด
6.บรรยากาศในการเรียนมีความสนุกสนาน ไม่ตึงเครียดเหมาะแก่การเรียนรู้	4.1	0.7	มาก
ค่าเฉลี่ย	**4.3**	**4.0**	**มาก**
ด้านการจัดการเรียนรู้			
7.กิจกรรมการเรียนรู้มีความเหมาะสมกับเนื้อหา	4.3	0.7	มาก
8.กิจกรรมการเรียนรู้ทำให้นักเรียนเข้าใจเนื้อหาได้ง่ายขึ้น	3.9	0.7	มาก
9.กิจกรรมการเรียนรู้ส่งเสริมให้นักเรียนได้แลกเปลี่ยนความรู้ความคิด	4.2	0.8	มาก
10.กิจกรรมการเรียนรู้ส่งเสริมการคิดและตัดสินใจโดยใช้เหตุผล	4.6	0.5	มากที่สุด
11.กิจกรรมการเรียนรู้ทำให้นักเรียนได้รู้จักการวางแผนและออกแบบวิธีการแก้ปัญหา	4.1	0.8	มาก
12.กิจกรรมการเรียนรู้ช่วยให้สามารถออกแบบวิธีการแก้ปัญหาได้อย่างมีประสิทธิภาพ	4.4	0.5	มาก
13.กิจกรรมการเรียนรู้ส่งเสริมให้นักเรียนทำงานร่วมกับผู้อื่น	4.6	0.5	มากที่สุด
14.การจัดการเรียนรู้ทำให้การเรียนวุ่นวาย	3.7	0.7	มาก
15.การจัดการเรียนรู้ช่วยให้นักเรียนสร้างความรู้ความเข้าใจด้วยตนเองได้	3.8	0.7	มาก

ตาราง 13 (ต่อ)

ข้อความ	$\bar{X}$	S.D.	ระดับความพึงพอใจ
16.การจัดการเรียนรู้ส่งเสริมให้นักเรียนสามารถออกแบบการแก้ปัญหาไปใช้ในชีวิตประจำวันได้	4.4	0.9	มาก
ค่าเฉลี่ย	**4.2**	**0.7**	**มาก**
ด้านครูผู้สอน			
17.ครูส่งเสริมให้นักเรียนหาความรู้หรือข้อมูลจากแหล่งที่น่าเชื่อถือ	4.0	0.9	มาก
18.ครูส่งเสริมให้นักเรียนมีเหตุผลก่อนตัดสินใจเชื่อข้อมูลต่าง ๆ	3.9	0.7	มาก
19.ครูส่งเสริมให้นักเรียนมีเหตุผลในการเลือกข้อมูลมาใช้แก้ปัญหา	4.6	0.6	มากที่สุด
ค่าเฉลี่ย	**4.2**	**0.7**	**มาก**
รวมเฉลี่ย	**4.2**	**0.7**	**มาก**

จากตาราง พบว่า ผลของความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาโดยใช้ปัญหาเป็นฐานที่เน้นกระบวนคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนมีความพึงพอใจอยู่ในระดับมาก โดยมีคะแนนรวมเฉลี่ยเท่ากับ 4.2 ด้านที่นักเรียนมีความพึงพอใจมากที่สุด ได้แก่ ด้านบรรยากาศ ซึ่งมีคะแนนเฉลี่ยคือ 4.3 เมื่อพิจารณาคะแนนรายบุคคลพบว่านักเรียนร้อยละ 100 มีความพึงพอใจอยู่ในระดับมากขึ้นไป โดยในแต่ละด้านที่นักเรียนพึงพอใจมากที่สุด ได้แก่ ด้านบรรยากาศคือบรรยากาศของการเรียนทำให้นักเรียนได้ใช้กระบวนการคิดที่เป็นเหตุเป็นผลในการตัดสินใจ ด้านการจัดการเรียนรู้คือกิจกรรมการเรียนรู้ส่งเสริมการคิดและตัดสินใจโดยใช้เหตุผล และด้านครูผู้สอนคือครูส่งเสริมให้นักเรียนมีเหตุผลในการเลือกข้อมูลมาใช้แก้ปัญหา พบว่าในทุกด้านที่นักเรียนพึงพอใจมากที่สุด จะเป็นการที่นักเรียนได้ใช้กระบวนการคิดโดยใช้เหตุผลในการตัดสินใจ

บทที่ 5
สรุปและอภิปรายผลการทดลอง

การวิจัยนี้เป็นการศึกษาผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้ปัญหาเป็นฐาน ที่เน้นกระบวนการคิดอย่างมีวิจารณญาณที่มีต่อสมรรถนะการออกแบบวิธีการแก้ปัญหา ตามมาตรฐานสะเต็มศึกษา ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 สรุปสาระสำคัญและผลการศึกษาได้ดังนี้

ความมุ่งหมายของการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยตั้งความมุ่งหมายไว้ดังนี้

1. เพื่อศึกษาผลของการใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานที่เน้นกระบวนคิดอย่างมีวิจารณญาณ ที่มีต่อความสามารถในการออกแบบวิธีการแก้ปัญหาตามมาตรฐานสะเต็มศึกษา ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1
2. เพื่อศึกษาผลของการใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานที่เน้นกระบวนการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1
3. เพื่อศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานที่เน้นกระบวนคิดอย่างมีวิจารณญาณ

สมมติฐานของการวิจัย

1. นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานที่เน้นกระบวนคิดอย่างมีวิจารณญาณ มีความสามารถในการออกแบบวีธีการแก้ปัญหาตามมาตรฐานสะเต็มศึกษา หลังเรียนสูงขึ้น
2. นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ร้อยละ 70 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานที่เน้นกระบวนคิดอย่างมีวิจารณญาณ มีความสามารถในการออกแบบวีธีการแก้ปัญหาตามมาตรฐานสะเต็มศึกษา อยู่ในระดับพัฒนาการสูงขึ้นกว่าก่อนเรียน

3. นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานที่เน้นกระบวนคิดอย่างมีวิจารณญาณ มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ หลังเรียนสูงกว่าเกณฑ์ ร้อยละ 70

4. นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ทุกคนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานที่เน้นกระบวนคิดอย่างมีวิจารณญาณ มีความพึงพอใจอยู่ในระดับมากขึ้นไป

วิธีดำเนินการวิจัย

กลุ่มเป้าหมายที่ศึกษา

นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 สังกัดเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษาพระนครศรีอยุธยา เขต 2 จำนวน 1 ห้องเรียน มีนักเรียน 30 คน ซึ่งได้มาจากการเลือกแบบเจาะจง(Purposive sampling) เนื่องจากเป็นห้องที่คละความสามารถที่กำลังเรียนเนื้อหาเรื่องกระบวนการเปลี่ยนแปลงของลมฟ้าอากาศ และสอนโดยผู้วิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ประกอบด้วย

1. แผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้ปัญหาเป็นฐานที่เน้นกระบวนคิดอย่างมีวิจารณญาณ เรื่อง กระบวนการเปลี่ยนแปลงของลม ฟ้า อากาศ

2. แบบประเมินความสามารถในการออกแบบวิธีการแก้ปัญหาตามมาตรฐานสะเต็มศึกษา

3. แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์

4. แบบสอบถามความพึงพอใจ

การเก็บรวบรวมข้อมูล

ในการดำเนินการทดลอง ผู้วิจัยได้ดำเนินการทดลองกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โดยมีขั้นตอน ดังนี้

1.ทดสอบความสามารถในการออกแบบวิธีการแก้ปัญหาตามมาตรฐานสะเต็มศึกษาด้วยแบบประเมินความสามารถในการออกแบบวิธีการแก้ปัญหาตามมาตรฐานสะเต็มศึกษาและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 แล้วนำมาตรวจให้คะแนนก่อนเรียน

2. ดำเนินการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานที่เน้นกระบวนการคิดอย่างมีวิจารณญาณ

3. เมื่อสิ้นสุดการสอน ทำการเก็บข้อมูลหลังเรียนรายบุคคล โดยใช้แบบประเมินความสามารถในการออกแบบวิธีการแก้ปัญหาตามมาตรฐานสะเต็มศึกษา แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และสำรวจความพึงพอใจ โดยใช้แบบสอบถามความพึงพอใจที่มีต่อการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาบูรณาการกระบวนการคิดอย่างมีวิจารณญาณ

การวิเคราะห์ข้อมูล

ในการทดลองครั้งนี้ ผู้วิจัยมีลำดับขั้นตอนในการวิเคราะห์ข้อมูลดังนี้

1.วิเคราะห์เปรียบเทียบความสามารถในการออกแบบวิธีการแก้ปัญหาตามมาตรฐานสะเต็มศึกษา ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาบูรณาการกระบวนการคิดอย่างมีวิจารณญาณ โดยใช้สถิติ ค่าเฉลี่ย ร้อยละ และ t-test for dependent sample ในการวิเคราะห์ ดังนี้

1.1เปรียบเทียบคะแนนก่อนและหลังเรียนในภาพรวมทั้งหมดของการออกแบบวิธีการแก้ปัญหาตามมาตรฐานสะเต็มศึกษา โดยใช้สถิติ t-test for dependent sample

1.2 เปรียบเทียบระดับความสามารถในการออกแบบวิธีการแก้ปัญหาโดยใช้ค่าเฉลี่ย และร้อยละในการเปรียบเทียบกับเกณฑ์ เพื่อดูพัฒนาการระดับความสามารถในการออกแบบวิธีการแก้ปัญหา

1.3 เปรียบเทียบคะแนนก่อนและหลังเรียนของแต่ละตัวชี้วัด ของการออกแบบวิธีการแก้ปัญหาตามมาตรฐานสะเต็มศึกษา โดยใช้สถิติ t-test for dependent sample

2. วิเคราะห์เปรียบเทียบคะแนนผลสัมฤทธิ์หลังเรียนกับเกณฑ์ร้อยละ70 โดยใช้สถิติ t-test for one sample

3. วิเคราะห์เปรียบเทียบความพึงพอใจของนักเรียน หลังได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานที่เน้นกระบวนคิดอย่างมีวิจารณญาณ โดยใช้ค่าเฉลี่ยเทียบกับเกณฑ์การแปลความหมายของข้อมูล

สรุปผลการวิจัย

1. นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานที่เน้นกระบวนคิดอย่างมีวิจารณญาณ มีความสามารถในการออกแบบวีธีการแก้ปัญหาตามมาตรฐานสะเต็มศึกษาหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และร้อยละ 70 มีระดับพัฒนาการความสามารถสูงขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิเคราะห์เชิงคุณภาพที่พบว่านักเรียนมีความสามารถในการออกแบบวิธีการแก้ปัญหาตามมาตรฐานสะเต็มศึกษาหลังเรียนดีขึ้นกว่าก่อนเรียน โดย

ตัวชี้วัดที่นักเรียนมีพัฒนาการมากที่สุดคือ เลือกวิธีการแก้ปัญหาที่เหมาะสมภายใต้เงื่อนไขที่กำหนดได้ พฤติกรรมที่แสดงออกได้แก่ นักเรียนสามารถเลือกการออกแบบเบื้องต้นที่ดีที่สุด ตรงตามข้อจำกัดและเกณฑ์ที่ระบุไว้มาใช้เป็นวิธีแก้ปัญหา และสามารถแสดงรูปแบบและการทำงานของการออกแบบโดยการสร้างการทำงานต้นแบบได้โดยมีการระบุส่วนประกอบพร้อมกับหลักการมีการระบุขนาดได้แตกต่างจากก่อนเรียนมากที่สุด

2.นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 หลังจากได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานที่เน้นกระบวนคิดอย่างมีวิจารณญาณ มีผลสัมฤทธิ์สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

3. นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ร้อยละ 100 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานที่เน้นกระบวนคิดอย่างมีวิจารณญาณ มีความพึงพอใจอยู่ในระดับมากขึ้นไป

อภิปรายผล

จากการศึกษาพบว่า ผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานที่เน้นกระบวนคิดอย่างมีวิจารณญาณ สามารถพัฒนาความสามารถในการออกแบบวิธีการแก้ปัญหาตามมาตรฐานสะเต็มศึกษา ผลสัมฤทธิ์และความพึงพอใจ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ให้สูงขึ้นได้ สามารถอภิปรายผลตามวัตถุประสงค์การวิจัยได้ดังนี้

1. ผลของการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานที่เน้นกระบวนคิดอย่างมีวิจารณญาณต่อความสามารถในการออกแบบวิธีการแก้ปัญหาตามมาตรฐานสะเต็มศึกษาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 พบว่าหลังที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ นักเรียนมีความสามารถในการออกแบบวิธีการแก้ปัญหาตามมาตรฐานสะเต็มศึกษาหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และร้อยละ 70 มีระดับพัฒนาการความสามารถสูงขึ้น ซึ่งเป็นตามสมมติฐานที่ตั้งไว้

สาเหตุเนื่องจากมีการแทรกเทคนิคที่กระตุ้นให้นักเรียนได้ใช้ความคิดอย่างมีวิจารณญาณเข้ากับขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้ปัญหาเป็นฐาน ทำให้นักเรียนทำการแก้ปัญหาได้อย่างรอบคอบ ตรงประเด็นยิ่งขึ้น ดังมีรายละเอียดดังนี้

ขั้นกำหนดปัญหา เป็นการฝึกให้แยกแยะรายละเอียดขององค์ประกอบต่าง ๆ ที่ระบุไว้ในสถานการณ์ ในขั้นนี้จะเริ่มจากการใช้คำถามเริ่มต้นกระตุ้นความคิดด้วยเทคนิค 3W1H คือ

W1(What) ปัญหาของสถานการณ์นี้คืออะไร W2 (Who) ใครมีส่วนเกี่ยวข้องกับสถานการณ์นี้บ้าง W3(Why) ทำไมถึงเกิดปัญหา/ทำไมถึงเกิดปัญหานั้นขึ้น /ทำไมเราต้องแก้ปัญหานั้น และ1H (How) ทำอย่างไรจึงจะแก้ปัญหาหรือบรรลุเงื่อนไขของสถานการณ์นี้ได้ คำถามเริ่มต้นจะช่วยตีกรอบความคิดของนักเรียนให้อยู่ในขอบเขตที่เราต้องการ (โกสุม กรีทอง, 2551) ทำให้นักเรียนส่วนใหญ่สามารถอธิบายปัญหาได้ตรงกับสถานการณ์ที่กำหนดให้ได้

ในขั้นทำความเข้าใจกับปัญหา ผู้วิจัยใช้เทคนิคการเน้นข้อความด้วยปากกาสีที่ต่างกันเน้นลงไปในส่วนที่สำคัญของสถานการณ์ที่กำหนดให้ เช่น ส่วนที่เป็นปัญหาใช้สีน้ำเงิน ส่วนที่เป็นเงื่อนไขหรือข้อจำกัดใช้สีแดง เพื่อเป็นการช่วยเพิ่มความจำให้กับนักเรียนจำปัญหาและเงื่อนไขของสถานการณ์ได้ดียิ่งขึ้น จะนำไปสู่การคิดหาวิธีได้สอดคล้องกับปัญหาและเงื่อนไข อธิบายจากงานวิจัยของ Yanhong Lin และ Danmin พบว่าสีไปกระตุ้นให้เกิดการตื่นตัว เกิดจากความแตกต่างของความยาวคลื่นแสง ไปกระตุ้นระดับการตื่นตัวและระบบประสาทอัตโนมัติ พบว่าความยาวคลื่นแสงสั้นมีผลต่อกลไกทางชีวภาพ เมื่อแสงไปกระตุ้น melatonin ซึ่งผ่านกระบวนการของ non-visual pathway โดยจะมีการไปกระตุ้นที่ pineal body ทำให้เกิดกระบวนการทางชีวภาพ เกิดการตื่นตัวก่อให้เกิดความสนใจและตั้งใจส่งผลให้กระบวนการจำดีขึ้น (Y Hau, L Zhang, D Miao, 2008) จุดเด่นของขั้นนี้ทำให้นักเรียนสามารถจำเงื่อนไขได้แม่นยำมากขึ้น และไม่ลืมที่จะเลือกวิธีแก้ปัญหาให้สอดคล้องกับข้อจำกัดหรือเงื่อนไขที่พบได้

ในขั้นดำเนินการศึกษาค้นคว้า ผู้วิจัยใช้การกระตุ้นความคิดในการสืบค้นข้อมูลหรือการทำกิจกรรมทดลองด้วยคำถาม เช่น ข้อมูลที่ได้มาเพียงพอกับการแก้ปัญหาหรือยัง ข้อมูลที่ได้มาน่าเชื่อถือได้มากน้อยเพียงใด ข้อมูลที่ได้มาเพียงพอกับเงื่อนไขของสถานการณ์หรือเปล่า เป็นต้น เพื่อกระตุ้นให้ผู้เรียนได้ตรวจสอบข้อมูล และไตร่ตรองเลือกข้อมูลจากแหล่งข้อมูลที่น่าเชื่อมาใช้ในการออกแบบวิธีการแก้ปัญหา จุดเด่นของการใช้คำถามกระตุ้นการคิดอย่างมีวิจารณญาณในขั้นนี้ นักเรียนจะได้ฝึกแยะแยะและจำแนกข้อมูลที่เป็นข้อเท็จจริงหรือข้อคิดเห็น ทำให้สามารถตัดสินใจเลือกข้อมูลมาใช้ในการออกแบบวิธีการแก้ปัญหาได้อย่างเหมาะสม นอกจากนี้ในขณะที่นักเรียนแต่ละกลุ่มช่วยกันตัดสินใจเลือกข้อมูล จะมีการโต้แย้งกันภายในกลุ่ม มีแลกเปลี่ยนความคิด มีการเสนอความคิดเห็นของตนเองพร้อมให้เหตุผล เป็นการใช้การคิดอย่างมีวิจารณญาณในการให้เหตุผลประกอบความคิดของตน และเป็นการยอมรับฟังความคิดเห็นของคนอื่น ยอมรับในเหตุผลหรือข้อมูลของคนอื่นที่ดีกว่า

ในขั้นสังเคราะห์ความรู้ ครูจะคอยกระตุ้นความคิดในการออกแบบวิธีการแก้ปัญหาของนักเรียนด้วยคำถาม เพื่อให้ช่วยให้นักเรียนออกแบบวิธีแก้ปัญหาได้รอบคอบมากขึ้น

เช่น นักเรียนต้องการออกแบบอะไร จากข้อมูลที่รวบรวมได้นักเรียนสังเกตเห็นข้อจำกัดหรือข้อแตกต่างในการออกแบบอะไรบ้าง นักเรียนจะออกแบบอย่างไรให้ตรงกับปัญหาและเงื่อนไขที่สถานการณ์กำหนด เป็นต้น จุดเด่นของการใช้คำถามกระตุ้นการคิดอย่างมีวิจารณญาณในขั้นนี้เมื่อครูถามย้ำ ๆนักเรียนจะมีการจัดการความคิดได้อย่างมีระบบ ว่าในการออกแบบวิธีการแก้ปัญหาต้องคำนึงถึงสิ่งได้บ้าง ทำให้นักเรียนออกแบบวิธีการแก้ปัญหาได้เป็นขั้นตอนและรอบคอบมากขึ้น

จากขั้นตอนทั้งหมด ทำให้นักเรียนมีพัฒนาการในการออกแบบวิธีการแก้ปัญหาได้มากขึ้นโดยเฉพาะขั้นตอนที่ต้องมีการเลือกตัดสินใจ หรือต้องให้เหตุผล เนื่องจากจุดเด่นของการเรียนการสอนตามแนวทางสะเต็ม คือการผนวกแนวคิดการออกแบบเชิงวิศวกรรมเข้ากับการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี ซึ่งกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมนี้จะเป็นกระบวนการทำงานที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบ วางแผน การแก้ปัญหาการใช้องค์ความรู้จากศาสตร์ต่างๆ มาสร้างสรรค์ผลงานภายใต้ข้อจำกัดหรือเงื่อนไขที่กำหนด ผู้เรียนต้องมีโอกาสนำความรู้มาออกแบบขั้นตอนหรือวิธีการเพื่อให้ตรงกับความต้องการที่จะแก้ปัญหาต่างๆ ที่ครูกำหนดขึ้น หรือแก้ปัญหาที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวันของนักเรียนเอง เพื่อให้ได้เทคโนโลยีซึ่งเป็นผลลัพธ์จากกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม (National Research Council, 2012; อภิสิทธิ์ ธงไชย, 2559) และการนำวิธีการคิดของสะเต็มมาจัดการเรียนรู้ด้วยรูปแบบขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ปัญหาเป็นฐาน ซึ่งเป็นวิธีการเรียนรู้ที่เกิดขึ้นจากแนวคิดตามทฤษฎีการเรียนรู้แบบสร้างสรรค์นิยม (Constructivism) เป็นเทคนิคการสอนที่พยายามให้ผู้เรียนลงมือปฏิบัติด้วยตนเอง โดยฝึกให้ผู้เรียนมีความกระตือรือร้นในการแสวงหาคำตอบเมื่อต้องเผชิญปัญหาหรือสถานการณ์ เพื่อให้ผู้เรียนเกิดทักษะในการคิดวิเคราะห์และคิดแก้ปัญหา (ไพศาล สุวรรณน้อย, 2558; มัณฑรา ธรรมบุศย์, 2545) นอกเหนือจากนี้ขั้นตอนการสอนแต่ละขั้น ครูจะใช้คำถามกระตุ้นกระบวนการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนแบบย้ำ ๆ ให้นักเรียนได้ฝึกวิเคราะห์ไปตามลำดับ และฝึกตัดสินใจโดยสมเหตุสมผลเอง ผ่านกระบวนการกลุ่ม จนเกิดเป็นพฤติกรรมเคยชิน สอดคล้องกับประพันธ์ศิริ อรพรรณ และอุษณีย์กล่าวว่า ในการพัฒนากระบวนการคิดอย่างมีวิจารณญาณสามารถทำได้โดยการจัดกิจกรรมที่กระตุ้นความคิดของผู้เรียนอย่างรอบด้าน โดยใช้สื่อที่หลากหลาย คำถามจากง่ายไปยาก หรือกิจกรรมที่ท้าทายความสามารถ โดยการจัดกิจกรรมกลุ่มระดมพลังสมอง ให้ผู้เรียนได้ฝึกคิด วิเคราะห์ ตีความ แยกแยะ ทำนาย ตรวจสอบ ตัดสิน สรุป และอธิบายได้ถูกต้อง เหมาะสมและมีเหตุผลที่น่าเชื่อถือ (ประพันธ์ศิริ สุเสารัจ, 2551; อรพรรณ พรสีมา, 2543; อุษณีย์ โพธิสุข, 2537) ถ้าผู้เรียนมีการคิดอย่างมีวิจารณญาณ จะส่งผล

ต่อการตัดสินใจเลือกวิธีแก้ปัญหาที่ดีที่สุดภายใต้เงื่อนไขที่กำหนดโดยเชื่อมโยงความรู้ได้ เนื่องจากการคิดอย่างมีวิจารณญาณเป็นความสามารถในการวิเคราะห์และตัดสินเรื่องใดเรื่องหนึ่ง (บรรจง อมรชีวิน, 2556; สนธิ พลชัยยา, 2557; อรพรรณ ลือบุญธวัชชัย, 2543) ดังนั้นเมื่อนักเรียนทำแบบประเมินที่ต้องมีการเลือกวิธีแก้ปัญหาภายใต้เงื่อนไขที่กำหนดไว้ นักเรียนจะสามารถวิเคราะห์และตัดสินใจได้ตดวยตนเอง โดยที่ครูไม่จำเป็นต้องกระตุ้นอีก เนื่องจากนักเรียนเกิดกระบวนการคิดอย่างมีวิจารณญาณระหว่างการจัดการเรียนรู้แล้ว สังเกตได้จากก่อนเรียนนักเรียนจะเลือกวิธีแก้ปัญหาที่ยังไม่สามารถแก้ปัญหายังไม่สอดคล้องกับเงื่อนไขของสถานการณ์และการออกแบบร่างอุปกรณ์ที่จะนำมาใช้แก้ปัญหา ยังไม่มีการลงรายละเอียดในส่วนต่าง ๆ เมื่อทดสอบหลังเรียนพบว่า นักเรียนมีความรอบคอบในการเลือกวิธีแก้ปัญหามากขึ้น ออกแบบได้ละเอียดชัดเจนเพิ่มมากขึ้น มีการระบุขนาด ชนิดของวัสดุที่ใช้ และอธิบายเหตุผลในการออกแบบได้แตกต่างอย่างเห็นได้ชัด โดยที่ครูไม่ได้กระตุ้นความคิด ดังนั้นการใช้คำถามหรือกิจกรรมให้นักเรียนได้ใช้กระบวนการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ส่งผลให้นักเรียนสามารถออกแบบวิธีการแก้ปัญหาตามมาตรฐานสะเต็มศึกษาได้ดียิ่งขึ้น ทำให้ผลคะแนนในตัวชี้วัดนี้เพิ่มขึ้นมากกว่าตัวชี้วัดอื่น ๆ ซึ่งแตกต่างกับงานวิจัยที่ใช้แนวทางสะเต็มเพียงอย่างเดียวเช่นงานวิจัยของนันทชา อัมฤทธิ์ ที่สอนแบบปัญหาเป็นฐานตามแนวทางของสะเต็มศึกษาเพื่อพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ ในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยใช้การจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานตามแนวทางของสะเต็มศึกษาที่ไม่ได้เน้นกระบวนการคิดอย่างมีวิจารณญาณ พบว่านักเรียนสามารถแก้ปัญหามากขึ้น แต่ยังพบข้อบกพร่องคือ นักเรียนไม่ให้ความสำคัญกับการวางแผนการออกแบบวิธีแก้ปัญหาเท่าที่ควร นักเรียนใช้วิธีการลองผิดลองถูกมากกว่าที่จะใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ในการวางแผนเพื่อออกแบบจำลอง (นันทชา อัมฤทธิ์, 2558) และงานวิจัยของอัจฉรีย์ สังขรักษ์ ที่ทำการศึกษาการพัฒนากระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการสอนตามแนวทางสะเต็มศึกษาโดยที่ไม่เน้นกระบวนการคิดอย่างมีวิจารณญาณเช่นกัน พบว่า ในช่วงแรกของการวิจัยนักเรียนใช้เฉพาะความรู้เดิมที่ได้ปรึกษาหารือกับสมาชิกในกลุ่มมาใช้ในการแก้ไขปัญหา ความรู้ที่นักเรียนมีจึงไม่เพียงพอในการแก้ไขปัญหา การออกแบบและเขียนขั้นตอนการแก้ปัญหาได้ไม่ละเอียด ยังขาดส่วนสำคัญหลายอย่าง ภายหลังเมื่อกระตุ้นให้นักเรียนศึกษาข้อมูลจากแหล่งที่เชื่อถือได้มากขึ้นนักเรียนก็สามารถวางแผนและออกแบบการสร้างชิ้นงานได้มีความละเอียดสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น(อัจฉรีย์ สังขรักษ์, 2560) แต่ยังพบว่ามีนักเรียนบางส่วนที่มีคะแนนความสามารถในการออกแบบวิธีการแก้ปัญหาตามมาตรฐานสะเต็มศึกษาหลังเรียนสูงขึ้น แต่ระดับความสามารถยังคงที่ เนื่องจากการจัดระดับ

ความสามารถในแต่ละระดับ มีช่วงความกว้างของร้อยละของคะแนนเต็มช่วงละ 25 ซึ่งค่อนข้างกว้างสำหรับนักเรียนที่เรียนรู้ได้อ่านช้าและเขียนไม่คล่องอยู่เล็กน้อย ทำให้นักเรียนไม่สามารถแสดงการออกแบบวิธีการแก้ปัญหาออกมาในรูปของการเขียนตอบแบบอัตนัยได้ดีเท่าที่ควร จึงทำให้คะแนนยังสูงขึ้นไม่พอในการเพิ่มระดับความสามารถในการออกแบบวิธีการแก้ปัญหาที่มาจากการทำแบบประเมิน แต่จากการสังเกตพฤติกรรมในชั้นเรียนพบว่านักเรียนกลุ่มนี้สามารถอธิบายแนวคิดในการออกแบบวิธีการแก้ปัญหาให้เพื่อนในกลุ่มได้เป็นอย่างดี

ด้วยเหตุผลดังกล่าวจึงเป็นการสนับสนุนว่า การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานที่เน้นกระบวนคิดอย่างมีวิจารณญาณ ทำให้นักเรียนสามารถออกแบบวิธีการแก้ปัญหาตามมาตรฐานสะเต็มศึกษาหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน และนักเรียนส่วนใหญ่มีระดับพัฒนาการสูงขึ้น

2. ผลของการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานที่เน้นกระบวนคิดอย่างมีวิจารณญาณต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 หลังจากได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานที่เน้นกระบวนคิดอย่างมีวิจารณญาณ มีผลสัมฤทธิ์สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้

ผลการวิจัยที่เกิดขึ้นมาจากการจัดการเรียนรู้ของผู้วิจัยที่จัดตามแนวทางสะเต็มศึกษาด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้ปัญหาเป็นฐานที่เน้นกระบวนคิดอย่างมีวิจารณญาณ รูปแบบดังกล่าวนั้นเป็นแนวทางการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการ 4 วิชา ที่เกี่ยวข้องกับสะเต็มศึกษา ผ่านการทำกิจกรรมที่มีจุดมุ่งหมายเพื่อแก้ปัญหาที่สามารถเกิดขึ้นได้จริง เพื่อส่งเสริมให้ผู้เรียนได้ฝึกทักษะการแก้ปัญหา การสื่อสาร การคิดอย่างสร้างสรรค์ และการทำงานร่วมกับผู้อื่น รวมไปถึงการสรุปความรู้แบบภาพรวมที่สามารถนำความรู้ไปปรับใช้ได้ ทำให้นักเรียนเห็นคุณค่าของการเรียนว่ามีความสำคัญสามารถความรู้ที่เกิดขึ้นนั้นมีประโยชน์ จึงช่วยส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ที่ดี กิจกรรมการเรียนรู้สะเต็มศึกษา มีลักษณะเป็นการเรียนรู้ที่ตั้งอยู่บนพื้นฐานของการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ ซึ่งการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ เป็นวิธีการเรียนรู้ที่ช่วยให้ผู้เรียนสามารถพัฒนาทั้งทางด้านอารมณ์ สังคม สติปัญญา และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ มุ่งเน้นให้ผู้เรียนได้ใช้ทักษะที่จำเป็นในการสร้างองค์ความรู้ใหม่ ๆ ด้วยตนเอง เกิดความเข้าใจอย่างแท้จริงไม่ใช่แค่การท่องจำอย่างเดียว (ประสาท เนืองเฉลิม, 2557) จากวิธีการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่กล่าวมา แสดงให้เห็นถึงลักษณะการเรียนของนักเรียนที่เปลี่ยนไป จากเดิมเป็นเพียงผู้รับความรู้เปลี่ยนเป็นผู้แสวงหาความรู้จนค้นพบข้อเท็จจริงและสามารถสรุปเป็นองค์ความรู้ได้

ด้วยตัวเอง นอกเหนือจากนั้นนักเรียนยังสามารถเข้าใจเนื้อหาที่เรียนผ่านการปฏิบัติในห้องเรียน เพราะนักเรียนจะได้ทดลอง และสังเกตสิ่งต่าง ๆ ด้วยตนเอง และนักเรียนสามารถนำความรู้ที่ได้ไปใประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหาที่ต้องพบเจอได้ ซึ่งแสดงให้เห็นถึงการบูรณาการระหว่างการเรียนในห้องเรียนกับการนำไปใช้ในเหตุการณ์ที่มีโอกาสพบเจอได้ ทำให้นักเรียนรู้สึกว่าเรียนแล้วมีประโยชน์ ซึ่งนักเรียนจะเห็นความสำคัญ คุณค่าของการเรียน และสามารถนำไปใช้ประโยชน์ในชีวิตประจำวันได้(พรทิพย์ ศิริภัทราชัย, 2556) สอดคล้องกับ พลศักดิ์ แสงพรหมศรี (2558) ทำการศึกษาเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ และเจตคติต่อการเรียนวิชาเคมี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่เรียนด้วยวิธีการแบบปกติกับแบบสะเต็มศึกษา สรุปได้ว่านักเรียนที่เรียนด้วยแนวทางของสะเต็มศึกษา มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ และเจตคติต่อการเรียนวิชาเคมี สูงกว่านักเรียนที่เรียนด้วยวิธีการแบบปกติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และ (นัสรินทร์ บือซา, 2558) ได้ทำการศึกษาผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางของสะเต็มศึกษา พบว่า นักเรียนที่เรียนตามแนวทางของสะเต็มศึกษานั้น มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาชีววิทยาสูงขึ้นและนอกจากนั้นนักเรียนยังมีความสามารถในการแก้ปัญหาหลังเรียนสูงขึ้นควบคู่ไปด้วย

3. นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ร้อยละ 100 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานที่เน้นกระบวนคิดอย่างมีวิจารณญาณ มีความพึงพอใจอยู่ในระดับมากขึ้นไป ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้ นักเรียนมีความพึงพอใจในด้านบรรยากาศการเรียนรู้มากที่สุด ซึ่งมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 4.3 รองมาคือด้านการจัดการเรียนรู้และครูผู้สอนมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.2 โดยในแต่ละด้านที่นักเรียนพึงพอใจมากที่สุด ได้แก่ ด้านบรรยากาศคือบรรยากาศของการเรียนทำให้นักเรียนได้ใช้กระบวนการคิดที่เป็นเหตุเป็นผลในการตัดสินใจ ด้านการจัดการเรียนรู้คือกิจกรรมการเรียนรู้ส่งเสริมการคิดและตัดสินใจโดยใช้เหตุผล และด้านครูผู้สอนคือครูส่งเสริมให้นักเรียนมีเหตุผลในการเลือกข้อมูลมาใช้แก้ปัญหา พบว่าในทุกด้านที่นักเรียนพึงพอใจมากที่สุด จะเป็นการที่นักเรียนได้ใช้กระบวนการคิดโดยใช้เหตุผลในการตัดสินใจ

เนื่องจากในการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้ปัญหาเป็นฐานที่เน้นกระบวนคิดอย่างมีวิจารณญาณ เป็นการเรียนรู้ที่เน้นให้ผู้เรียนใช้กระบวนการคิดและมีส่วนร่วมในทุกขั้นตอน นักเรียนสามารถแสดงทัศนคติหรือความคิดของตนเองร่วมกันกับเพื่อน ๆ ได้อย่างอิสระ ครูผู้สอนจะมีหน้าที่คอยให้คำปรึกษาและกระตุ้นให้ผู้เรียนได้ใช้ความคิดไตร่ตรอง คิดรอบคอบ ในแต่ละขั้นผู้เรียนจะมีการผลัดกันแสดงความคิดและรับฟัง

ข้อเสนอแนะหรือทัศนคติของผู้อื่น เพื่อแก้ไขสถานการณ์ปัญหาที่เกิดขึ้น เมื่อผู้เรียนเกิดปัญหาก็จะพยายามหาเหตุผลในแง่มุมต่าง ๆ มาเพื่อแก้ปัญหา เริ่มจากการวิเคราะห์ปัญหา รวบรวมข้อมูลต่างๆ ที่จำเป็นกับแก้ปัญหาหรือเหตุการณ์ตามเงื่อนไขที่กำหนด โดยวิเคราะห์ว่าจะใช้ความรู้ในเรื่องใดบ้างในการแก้ปัญหา มีการวางแผนและช่วยกันระดมความคิดออกแบบชิ้นงานด้วยวิธีการที่เหมาะสม เพื่อนำไปสู่การสร้างชิ้นงานเป็นแบบจำลอง จากกระบวนการเรียนรู้ดังกล่าวส่งผลให้นักเรียนได้เรียนรู้จากการลงมือปฏิบัติจริง สืบเสาะหาความรู้ด้วยตนเอง นักเรียนจะมีความตื่นเต้น รู้สึกอยากทำกิจกรรม และอยากเข้ามามีส่วนในการทำกิจกรรมเพิ่มขึ้น เมื่อนักเรียนได้ทำกิจกรรม นักเรียนจะเข้าใจในเนื้อหาที่เกิดขึ้นจากการทำกิจกรรมมากขึ้นส่งผลให้ระดับผลการเรียนของนักเรียนในวิชาวิทยาศาสตร์เพิ่มขึ้น (Diana, 2012) อีกทั้งนักเรียนทุกคนได้มีส่วนร่วมในชั้นเรียน ได้แสดงความคิดเห็นอย่างอิสระ ได้ออกแบบวิธีการแก้ปัญหาและลงมือสร้างชิ้นงาน ต่างจากการเรียนแบบบรรยาย ที่ครูมีบทบาทสำคัญและนักเรียนเป็นเพียงผู้รับฟัง ทำให้นักเรียนรู้สึกเบื่อหน่ายในการเรียน แต่ในการจัดการเรียนรู้วิธีนี้ผู้สอนจะมีบทบาทน้อยลง เป็นเพียงผู้แนะนำ คอยตั้งคำถาม ตลอดจนอำนวยความสะดวกต่าง ๆ และคอยกระตุ้นบรรยากาศในห้องเรียนให้นักเรียนรู้สึกสนุกกับการทำกิจกรรม เกิดความอยากแก้ไขสถานการณ์หรือปัญหาที่ผู้สอนกำหนดขึ้นให้สำเร็จ ในช่วงแรกนักเรียนยังไม่คุ้นชินกับวิธีการเรียนนี้และรู้สึกยากเมื่อต้องหาความรู้ด้วยตนเอง แต่เมื่อผู้สอนใช้คำถามกระตุ้นความคิด ให้นักเรียนได้คิดอย่างอิสระ โดยที่ไม่ตัดสินความคิดของนักเรียนว่าถูกหรือผิด แต่จะคอยใช้คำถามให้นักเรียนพิจารณาความคิดของนักเรียนเอง สอดคล้องกับนัสรินทร์ บือซา (2558) ที่ทำการศึกษาผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา (STEM Education) ที่มีผลต่อความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 พบว่านักเรียนมีความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาอยู่ในระดับมากที่สุด เนื่องจากผู้วิจัยเน้นให้นักเรียนแก้ปัญหาด้วยตัวเอง ทำให้นักเรียนมีความพึงพอใจที่สามารถคิดแก้ปัญหาได้ด้วยตัวของนักเรียนเอง บรรจง อมรชีวิน (2556: 22) กล่าวว่าครูควรสอนการคิดวิจารณญาณแบบสอดแทรกไปในวิชาเรียนที่เรียนอยู่มากกว่าที่จะนำมาสอนแยกออกมาต่างหากเพราะจะช่วยกระตุ้นในการถามได้เป็นอย่างดี นอกจากนี้กิจกรรมในแผนการจัดประสบการณ์เป็นกิจกรรมที่เด็กได้ลงมือปฏิบัติสิ่งต่างๆ ด้วยตนเอง (Active Learning) กระตุ้นให้เด็กกระตือรือร้นในการทำกิจกรรมตั้งแต่ขั้นตอนแรกจนถึงขั้นตอนสุดท้ายด้วยตนเอง นอกจากนี้การที่ครูคอยตั้งคำถามให้เด็กเกิดข้อสงสัย คิดทบทวน ไตร่ตรอง พิจารณาวางแผน ออกแบบ สร้างและประเมินเกี่ยวกับสิ่งที่เรียนรู้ช่วยให้เด็กได้รับการพัฒนาความสามารถทางการคิดวิจารณญาณอยู่ตลอดเวลา อีกทั้งยังได้มีการเรียนรู้สะเต็มศึกษาที่ผนวกการเรียนรู้บนฐานการออกแบบ ซึ่งเป็น

แนวทางการเรียนรู้วิศวกรรมศาสตร์เข้าไปด้วย ส่งผลทำให้นักเรียนได้เรียนรู้จากการลงมือปฏิบัติจริง สืบเสาะหาความรู้และวิจัยด้วยตนเอง มีความกระตือรือร้น รู้สึกสนุก พึงพอใจและอยากเข้ามามีส่วนในการทำกิจกรรมเพิ่มขึ้นด้วย ประสาท เนืองเฉลิม (2558) รวมไปถึงการวัดการประเมินผลคะแนนไม่ได้มาจากการให้คะแนนจากครูเพียงอย่างเดียว แต่ครูยังให้นักเรียนได้เข้ามามีส่วนร่วมในการให้คะแนนและประเมินชิ้นงานของตัวเอง และยังประเมินผลงานของแต่ละกลุ่มมีการแลกเปลี่ยนความคิดเห็นกันแบบมีเหตุผล ทำให้บรรยากาศในการเรียนสนุกมากยิ่งขึ้น

ข้อเสนอแนะ

1. ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์

1.1 ในการนำแนวทางการจัดการเรียนรู้จากการวิจัยนี้ไปใช้ ควรปรับสถานการณ์ให้สอดคล้องกับบริบทของผู้เรียน จะทำให้ผู้เรียนสามารถออกแบบวิธีการแก้ปัญหาได้ดียิ่งขึ้น เนื่องจากผู้เรียนเข้าใจปัญหาได้เร็วขึ้น และสามารถคิดวิธีการออกแบบการแก้ปัญหาได้ตรงกับปัญหาที่ครูกำหนดให้

1.2 ในการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้ปัญหาเป็นฐานที่เน้นกระบวนคิดอย่างมีวิจารณญาณปัญหาที่พบเจอคือ เวลา เนื่องจากเป็นการเรียนการสอนที่เน้นการคิดแบบไตร่ตรองและรอบคอบ คอนข้างใช้เวลาในแต่ละขั้นนาน ผู้ที่สนใจนำไปใช้ควรมีความยืดหยุ่นเรื่องเวลา ในบางครั้งนักเรียนอาจจะสร้างชิ้นงานไม่ทันภายในเวลา ผู้สอนสามารถให้นักเรียนนำชิ้นงานกลับไปทำที่บ้าน เพื่อให้ได้ผลงานที่ดีตรงตามที่ออกแบบไว้

1.3 ควรมีการสร้างเครื่องมือประเมินอย่างหลากหลายในการวัดความสามารถในการออกแบบวิธีแก้ปัญหา เช่นควรมีแบบสังเกตพฤติกรรมหรือแบบสอบถามใช้การถามตอบในชั้นเรียนร่วมด้วย นอกเหนือจากการทำแบบทดสอบหรือแบบประเมิน เนื่องจากในชั้นเรียนจะมีนักเรียนที่อ่านเขียนไม่คล่อง นักเรียนอาจจะไม่สามารถแสดงความสามารถในการออกแบบจากการทำแบบทดสอบหรือแบบประเมินเพียงอย่างเดียว อาจจะทำให้ไม่ทราบความสามารถที่แท้จริงของนักเรียนได้

1.4 ในการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาด้วยรูปแบบปัญหาเป็นฐานที่เน้นกระบวนคิดอย่างมีวิจารณญาณครูควรสร้างบรรยากาศในชั้นเรียนให้นักเรียนมีความกล้าแสดงออกทางความคิดเห็นขณะทำกิจกรรม เนื่องจากนักเรียนยังไม่คุ้นชินกับรูปแบบการจัดกิจกรรมที่ต้องเน้นกระบวนการคิดอย่างมีวิจารณญาณในทุกขั้นตอน เช่น การระบุปัญหา การสืบค้นข้อมูล การออกแบบวิธีแก้ปัญหา การแสดงความคิดเห็น การสรุปและอภิปรายผล เป็นต้น ดังนั้นครูควร ชื่นชมเมื่อนักเรียนแสดงกล้าแสดงความคิดเห็นไม่ว่าจะถูกหรือผิด ถ้านักเรียนยัง

แสดงความคิดเห็นไม่ถูกครูต้องคอยพูดให้นักเรียนเปลี่ยนความคิดใหม่แทนการไปตัดสินว่าความคิดนั้นผิด

1.5 ในขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ขั้นที่ 5 ขั้นสรุปและประเมินค่าของคำตอบ ของการวิจัยนี้ ผู้วิจัยเป็นผู้ประเมินชิ้นงานของนักเรียนเพียงผู้เดียว ทำให้ได้แนวคิดในการเสนอแนะที่ไม่หลากหลาย ควรมีการให้ครูท่านอื่น ๆ หรือผู้เชี่ยวชาญในแก้ปัญหาเรื่องนั้น ๆ ในชุมชน เป็นคนช่วยประเมินชิ้นงาน เพื่อที่นักเรียนจะได้แนวคิดหรือคำแนะนำที่ดีและหลากหลายไปปรับปรุงชิ้นงานให้ดีขึ้น

2. ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

2.1 ควรทำการศึกษาเกี่ยวกับรูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาด้วยรูปแบบปัญหาเป็นฐานที่เน้นกระบวนคิดอย่างมีวิจารณญาณต่อยอดจากการออกแบบวิธีการแก้ปัญหาตามมาตรฐานสะเต็มศึกษา เช่น ผลการแก้ปัญหาตามมาตรฐานสะเต็มศึกษา

2.2 ควรทำการศึกษาการบูรณาการทักษะการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 ทักษะอื่น ๆ มาบูรณาการกับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดของสะเต็มศึกษาเพื่อส่งเสริมการออกแบบวิธีการแก้ปัญหาตามมาตรฐานสะเต็มศึกษาเช่น การคิดสร้างสรรค์ การสื่อสารและการร่วมมือ เป็นต้น เพื่อให้การออกแบบวิธีการแก้ปัญหามีความหลากหลายมากยิ่งขึ้น

บรรณานุกรม

Uncategorized References

Bellanca, J. A. (2010). 21*st century skills: Rethinking how students learn*: Solution Tree Press.

Craig, E., Thomas, R. J., Hou, C., และ Mathur, S. (2011). No Shortage of Talent:How the Global Market is Producing the STEM Skills Needed for Growth. *Accenture Institute for High Performance*, 5-6.

Decaroli, J. (1973). What Research Say to the Classroom Teacher : Critical Thinking. *Social Education,* 37.

Dejarnette, N. K. (2012). America's Children: Providing early exposure to STEM (Science,Technology, Engineering, & Math) Initiatives. *Education,* 133(1), 77-82.

Dewey, J. (1963). *Experience and education*: New York: Macmillan Publishing Company.

Ennis, R. H. (1985). A Logical Basic of Measuring Critical Thinking Skills. *Journal of Education Leadership*.

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

Hilgard, E. R. (1962). *Introduction to Psychology*. New York: Brace & World Inc.

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

Quellmalz, E. S. (1985). “Needed Better Method for Testing Higher Oder Thinking Skill". *Educational Leadership.,* 43(6).

Rachel, B. J. (2008). Science, technology, engineering, and math. http://www.learning.com/press/pdf/Science-Technology-Engineering-Mathematics-STEM-Report.pdf

Sternberg, R. J., และ Baron, J. B. (1985). A Statewide Approach to Measuring Critical Thinking Skills. *Educational Leadership.,* 43.

The Maryland Stste Board of Education. (2012). Maryland Stste STEM Standards of Practices http://www.marrylandStateSTEMStandardsofPractice_pdf.

Torp, L., และ Sage, S. (1998). Problem as Possibilities: Problem-Based Learning for K- 12.

Alexandria, Virgnia: Association for Supervision and Curriculum Development.

Watson, G., และ Glaser, E. M. (1964). *Watson-Glaser Critical Thinking Appral Manual*. New York: Harcourt Brace and Worid.

กนกทอง มหาวงศ์นันท์. (2550). การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2. บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. (ปริญญานิพนธ์ กศ.ม. (การวิจัยและสถิติทางการศึกษา)).

กมลพร กัลยาณมิตร. (2559). แรงจูงใจ 2 ปัจจัย พลังสู่ความสำเร็จ. วาสารวไลยอลงกรณ์ปริทัศน์ (มนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์, 6(3), 179.

กระทรวงศึกษาธิการ. (2559). STEM Education. http://www.moe.go.th/moe/th/news/detail.php?NewsID=44843&Key=news_act

กิตติพศ ศิริสูตร. (2560). สะเต็มศึกษาสำคัญอย่างไร. http://kittiphot.esdc.go.th/sara-na-ru/satemsuksasakhayxyangri

คุณากร จำปาหอม. (2552). การ เปรียบเทียบ ผล สัมฤทธิ์ ทางการ เรียน กลุ่ม สาระ การ เรียน รู้ คณิตศาสตร์ เรื่อง ลำดับ และ อนุกรม ชั้น มัธยมศึกษา ปี ที่ 5 และ ความ พึง พอใจ ของ นักเรียน ต่อ การ สอน ที่ มี การ จัด กลุ่ม นักเรียน และ เรียง ลำดับ เนื้อหา สาระ ต่าง กัน. มหาวิทยาลัยมหาสารคาม, มหาสารคาม. (วิทยานิพนธ์ กศ.ม. (การวิจัยการศึกษา)).

จำรัส อินทลาภาพร, มารุต พัฒผล, วิชัย วงษ์ใหญ่, และ ศรีสมร พุ่มสะอาด. (2558). การ ศึกษา แนวทาง การ จัดการ เรียน รู้ ตาม แนว สะ เต็ม ศึกษา สำหรับ ผู้ เรียน ระดับ ประถม ศึกษา. *Veridian E-Journal, Silpakorn University (Humanities, Social Sciences and arts),* 8(1), 62-74.

ชลาธิป สมาหิโต. (2558). การจัดประสบการณ์การเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาในระดับการศึกษาปฐมวัย. วารสารศึกษาศาสตร์ปริทัศน์, 30(2), 103.

ชัยวัฒน์ สุทธิรัตน์. (2554). การจัดการเรียนรู้ตามสภาพจริง. นนทบุรี: สหมิตรพริ้นติ้งแอนด์พับลิสชิ่ง.

ชาตรี เกิดธรรม. (2545). การประเมินตามสภาพจริง (*Authentic Assesment)*. เอกสารประกอบการสอน คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ในพระบรมราชูปถัมภ์: ม.ป.พ.

ทิศนา แขมมณี. (2544). วิทยาการด้านการคิด. กรุงเทพฯ มาสเตอร์กรุ๊ป แมเนจเม้นท์.

ทิศนา แขมมณี. (2551). รูปแบบการเรียนการสอนทางเลือกที่หลากหลาย. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ธรรมราช บุญทิพย์เจริญ. (2553). การพัฒนาความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, กรุงเทพฯ. (สารนิพนธ์ กศ.ม. (จิตวิทยาการแนะแนว)).

ธันยากร ช่วยทุกข์เพื่อน. (2556). การพัฒนาการจัดการเรียนรู้ฟิสิกส์ ระดับอุดมศึกษาโดยใช้ปัญหาเป็นฐานที่เน้นกระบวนการคิดอย่างมีวิจารณญาณ. บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, กรุงเทพฯ. (ปริญญานิพนธ์ กศ.ด. วิทยาศาสตรศึกษา).

นพคุณ แดงบุญ. (2552). การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและเจตคติต่อวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยชุดกิจกรรมวิทยาศาสต. มหาวิทยาลัยศรีนครวิโรฒ, กรุงเทพมหานคร. (ปริญญานิพนธ์ กศ.ม. (การมัธยมศึกษา)).

นันทชา อัมฤทธิ์. (2558). การวิจัยปฏิบัติการเพื่อพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ด้วยการจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง งานและพลังงาน ระดับชั้นมัธยมศึกษาปี ที่ 4. บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยนเรศวร, พิษณุโลก. (วิทยานิพนธ์ กศ.ม. (ฟิสิกส์)).

นัสรินทร์ บือชา. (2558). ผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา(*STEM Education)*ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยาความสามารถในการแก้ปัญหาและความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5. บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, สุราษฎร์ธานี. (วิทยานิพนธ์ กศ.ม. (การสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์)).

บรรจง อมรชีวิน. (2556). การคิดอย่างมีวิจารณญาณ : *Critical thinking :* หลักการพัฒนาการคิดอย่างมีตรรกะเหตุผลและดุลยพินิจ. นนทบุรี: ม.ป.พ.

บรรเจิด ศุภราพงศ์. (2556). ความพึงพอใจของผู้ปกครองของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาต่อการบริหารงานของโรงเรียนปกช่องพิทยาคม สังกัดองค์การบริหารส่วนจังหวัดนครราชสีมา. มหาวิทยาลัยบูรพา, ชลบุรี. (ปริญญานิพนธ์ กศ.ม. (การบริหารการศึกษา)).

ประพันธ์ศิริ สุเสารัจ. (2551). การพัฒนาการคิด. กรุงเทพฯ: 9119 เทคนิคพริ้นติ้ง.

ประสาท เนืองเฉลิม. (2557). การเรียนรู้วิทยาศาสตร์ในศตวรรษที่ 21. มหาสารคาม: อภิชาติการพิมพ์.

ปราณี นันทะเสน. (2560). ผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา ระหว่างผู้เรียนที่มีแบบการเรียนรู้แตกต่างกันวิชาวิทยาศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2. บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยมหาสารคาม, มหาสารคาม. (ปริญญานิพนธ์ กศ.ม. (หลักสูตรและการสอน)).

ปรียานุช มานุจำ, และ อุทิศ อินทร์ประสิทธิ์. (2560). ผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานเชื่อมโยงกับแนวคิดของสะเต็มศึกษาต่อการคิดไตร่ตรอง. *Proceedings of AMM* 2017, 4.

พรทิพย์ ศิริภัทราชัย. (2556). STEM Education กับการพัฒนาทักษะในศตวรรษที่ 21. วารสารนักบริหาร, 33(2), 49.

พลศักดิ์ แสงพรหมศรี. (2558). การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ และเจตคติต่อการเรียนวิชาเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษากับแบบ

ปกติ. วารสารศึกษาศาสตร์, 9, 401-418.

เพ็ญพิศุทธิ์ เนคมานุรักษ์. (2537). การพัฒนารูปแบบพัฒนาการคิดอย่างมีวิจารณญาณสำหรับนักศึกษาครู. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ไพโรจน์ คะเชนทร์. (2556). การวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน. www.waltoonqpel.com

ไพศาล สุวรรณน้อย. (2558). การเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน (*Problem–based Learning: PBL)*. เอกสารประกอบการบรรยายโครงการพัฒนาการเรียนการสอน: ม.ป.พ.

มนตรี จุฬาวัฒนทล. (2556). สะเต็มศึกษาประเทศไทยและทูตสะเต็ม. นิตยาสาร สสวท., 42 (185), 14-18.

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, ศ. (2558). การเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐาน. *QA-NEWS: KMUTB*(334).

มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร, ค. (2559). คู่มือการจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการสะเต็มศึกษา.

มัณฑรา ธรรมบุศย์. (2545). การพัฒนาคุณภาพการเรียนรู้โดยใช้ PBL (Problem – Based Learning). วารสารวิชาการ, 5(2), 11-17.

รัชนก บึงมุม. (2554). ความพึงพอใจของผู้ปกครองนักเรียนทีมีต่อการบริหารของโรงเรียนชลราษฎรอำรุง สังกัดสำนักงานเขตพืนทีการศึกษามัธยมศึกษา เขต 18. มหาวิทยาลัยบูรพา, ชลบุรี. (ปริญญานิพนธ์ กศ.ม. (การบริหารการศึกษา)).

รัตนะ บัวสนธ์. (2554). วิธีการวิจัยเชิงผสมผสานทางการศึกษา. วารสารศิลปากรศึกษาศาสตร์วิจัย, 2(2), 12-13.

วิเชียร เกตุสิงห์. (2538). ค่าเฉลี่ยและการแปลความหมาย. ข่าวสารวิจัยทางการศึกษา, 18(3).

ศิริลักษณ์ ชาวลุ่มบัว. (2558). การพัฒนาหลักสูตรตามแนวทางสะเต็มศึกษา เรื่อง อ้อย สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปี ที่ 3. บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, กรุงเทพฯ. (ปริญญานิพนธ์ กศ.ด. (วิทยาศาสตรศึกษา)).

ศูนย์สะเต็มศึกษาแห่งชาติ. (2558). คู่มือเครือข่าย สะเต็มศึกษา. กรุงเทพฯ: สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2557). สะเต็มศึกษา. กรุงเทพมหานคร: สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.)

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2558). มาตรฐานสะเต็มศึกษา. กรุงเทพมหานคร: บริษัท ซัคเซสพับลิเคชั่น.

สนธิ พลชัยยา. (2557). สะเต็มศึกษากับการคิดขั้นสูง. นิตยสาร สสวท., 42(189), 8.

สมนึก นนธิจันทร์. (2540). การเรียนการสอนและการประเมินผลจากสภาพจริง โดยใช้แฟ้มสะสมผลงานดีเด่น = *Authentic performance assessment portfolio*. สุรินทร์: โรงพิมพ์รุ่งเกียรติออฟเซ็ท.

สมนึก ภัททิยธนี. (2546). การวัดผลการศึกษา. กาฬสินธุ์: ประสานการพิมพ์.

สมหมาย เปียถนอม. (2551). รายงานการวิจัย “เรื่องความพึงพอใจของนักศึกษาในการได้รับ บริการจากมหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม” นครปฐม: มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม.

สิทธิชัย ชมพูพาทย์. (2554). การพัฒนาพฤติกรรมการเรียนการสอนเพื่อแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ของครูและนักเรียนในโรงเรียนส่งเสริมนักเรียนที่มีความสามารถพิเศษทางวิทยาศาสตร์โดยใช้การวิจัยปฏิบัติการเชิงวิพากษ์. บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, กรุงเทพฯ. (ปริญญานิพนธ์ กศ.ด. (การวิจัยพฤติกรรมศาสตร์ประยุกต์)).

สิรินภา กิจเกื้อกูล. (2558). สะเต็มศึกษา STEM Education. วารสารศึกษาศาสตร์มหาวิทยาลัยนเรศวร, 17(2), 201-207.

สุคนธ์ สินธพานนท์, วรรัตน์ วรรณเลิศลักษณ์, และ พรรณี สินธพานนท์. (2555). พัฒนาทักษะการคิดตามแนวปฏิรูปการศึกษา. กรุงเทพฯ: เทคนิคพริ้นติ้.

สุทธิดา การีมี. (2560). การใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมเพื่อเสริมสร้างความคิดสร้างสรรค์และทักษะการแก้ปัญหา. http://oho.ipst.ac.th/edp-creative-problem-solving4/

สุทธิดา จำรัส. (2560). นิยามของสะเต็มและลักษณะสำคัญของกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา. วารสารศึกษาศาสตร์ มสธ, 10(2), 17.

สุธิดา การีมี. (2560). การใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมเพื่อเสริมสร้างความคิดสร้างสรรค์และทักษะการแก้ปัญหา. http://oho.ipst.ac.th/edp-creative-problem-solving4/

สุนทรี คนเที่ยง. (2544). การจัดการเรียนการสอนตามแนวปฏิรูปการศึกษา. ข่าวสารกองบริการการศึกษา, 12(91), 10-19.

สุพรรณี ชาญประเสริฐ. (2558). การออกแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษากับการพัฒนาทักษะในศตวรรษที่ 21. นิตยสาร สสวท, 43, 14-17.

สุรพล พยอมแย้ม. (2548). ปฏิบัติการจิตวิทยาในชุมชน. กรุงเทพมหานคร: สหายพัฒนาการพิมพ์.

สุวิทย์ มูลคำ. (2550). กลยุทธ์การสอนคิดวิเคราะห์ (พิมพ์ครั้งที่ 4). กรุงเทพฯ: ห้างหุ้นส่วนจำกัดภาพพิมพ์.

อภิสิทธิ์ ธงไชย. (2556). เทคโนโลยีและวิศวกรรมคืออะไรในสะเต็มศึกษา. สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.), 42(185), 17-18.

อภิสิทธิ์ ธงไชย. (2559). ความสำคัญของวิศวกรรมในการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ในศตวรรษที่ 21. วารสารศึกษาศาสตร์ปริทัศน์, 31(3), 48-53.

อรพรรณ พรสีมา. (2543). การคิด. กรุงเทพฯ: สถาบันพัฒนาทักษะการคิด.

อรพรรณ ลือบุญธวัชชัย. (2543). การคิดอย่างมีวิจารณญาณ:การเรียนการสอนทางพยาบาลศาสตร์. กรุงเทพฯ: ธนาเพรส แอนด์ กราฟฟิค.

อัจฉรีย์ สังขรักษ์. (2560). การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เรื่อง การสังเคราะห์ด้วยแสงของพืช เพื่อพัฒนากระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี, 28(3), 67-69.

อาภรณ์ ใจเที่ยง. (2550). หลักการสอน. กรุงเทพฯ: โอเดียนสโตร์.

อุษณีย์ โพธิสุข. (2537). วิธีการสอนเด็กปัญญาเลิศ. กรุงเทพฯ: ภารวิชาการศึกษาพิเศษ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

รายนามผู้เชียวชาญในการตรวจเครื่องมือวิจัย

รายนามผู้เชียวชาญในการตรวจเครื่องมือวิจัย

1. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. เอกรัตน์ ทานาค อาจารย์สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา ภาควิชาการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
2. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. พรรณวิไล ดอกไม้ อาจารย์สาขาวิชาวิทยาศาสตรศึกษา คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
3. นางพินิจ แสงอรุณ ศึกษานิเทศก์กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาพระสครศรีอยุธยาเขต 2

ภาคผนวก ข

ผลการหาคุณภาพเครื่องมือวิจัย

- ค่าเฉลี่ยผลการประเมินขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาด้วยรูปแบบปัญหาเป็นฐานที่เน้นกระบวนการคิดอย่างมีวิจารณญาณ
- ค่าเฉลี่ยผลการประเมินแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง ท่องไปในชั้นบรรยากาศ
- ค่าเฉลี่ยผลการประเมินแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง เกษตรกรรุ่นใหม่
- ค่าเฉลี่ยผลการประเมินแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 เรื่อง นวัตกรรมลดโลกร้อน
- ค่าเฉลี่ยดัชนีความสอดคล้อง ของแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรายวิชาวิทยาศาสตร์ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1
- ค่าเฉลี่ยผลการประเมินความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามวัดความสามารถในการออกแบบวิธีการแก้ปัญหาและเกณฑ์การให้คะแนนแบบรูบิค
- ค่าเฉลี่ยดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับกับจุดประสงค์ที่ต้องการของแบบวัดความพึงพอใจ
- ค่าความยากง่าย ค่าอำนาจจำแนกและความเชื่อมั่นทั้งฉบับของแบบวัดความสามารถในการออกแบบวิธีการแก้ปัญหา
- ค่าความยากง่าย ค่าอำนาจจำแนก และความเชื่อมั่นทั้งฉบับของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์
- ค่าอำนาจจำแนกรายข้อและความเชื่อมั่นทั้งฉบับของแบบวัดความพึงพอใจ

ตาราง 14 ค่าเฉลี่ยผลการประเมินขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาด้วยรูปแบบปัญหาเป็นฐานที่เน้นกระบวนการคิดอย่างมีวิจารณญาณ

รายการประเมิน	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญคนที่			ค่าเฉลี่ย	แปลผล
	1	2	3		
ขั้นที่ 1 กำหนดปัญหา					
ขั้นตอนการจัดกิจกรรมมีรายละเอียดชัดเจน	5	5	5	5	เหมาะสมมากที่สุด
ขั้นตอนนี้มีความเหมาะสมสามารถนำไปปฏิบัติได้จริง	5	5	5	5	เหมาะสมมากที่สุด
เทคนิคที่นำมาใช้ช่วยให้ผู้เรียนใช้กระบวนการคิดอย่างมีวิจารณญาณในการระบุปัญหาได้ถูกต้องชัดเจน	5	5	5	5	เหมาะสมมากที่สุด
วิธีการจัดการเรียนรู้สอดคล้องกับหลักการของสะเต็มศึกษา	5	5	5	5	เหมาะสมมากที่สุด
ขั้นที่ 2 ทำความเข้าใจกับปัญหา					
ขั้นตอนการจัดกิจกรรมมีรายละเอียดชัดเจน	5	5	5	5	เหมาะสมมากที่สุด
ขั้นตอนนี้มีความเหมาะสม สามารถนำไปปฏิบัติได้จริง	5	5	5	5	เหมาะสมมากที่สุด
วิธีการจัดการเรียนรู้สอดคล้องกับหลักการของสะเต็มศึกษา	5	5	5	5	เหมาะสมมากที่สุด
ขั้นที่ 3 ดำเนินการศึกษาค้นคว้า					
ขั้นตอนการจัดกิจกรรมมีรายละเอียดชัดเจน	5	5	5	5	เหมาะสมมากที่สุด
ขั้นตอนนี้มีความเหมาะสม สามารถนำไปปฏิบัติได้จริง	2	5	5	4	เหมาะสมมาก
วิธีการจัดการเรียนรู้สอดคล้องกับหลักการของสะเต็มศึกษา	2	5	5	4	เหมาะสมมาก
ขั้นที่ 4 สังเคราะห์ความรู้					
ขั้นตอนการจัดกิจกรรมมีรายละเอียดชัดเจน	5	5	5	5	เหมาะสมมากที่สุด
ขั้นตอนนี้มีความเหมาะสม สามารถนำไปปฏิบัติได้จริง	5	5	5	5	เหมาะสมมากที่สุด

รายการประเมิน	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญคนที่			ค่าเฉลี่ย	แปลผล
	1	2	3		
เทคนิคที่นำมาใช้ช่วยให้ผู้เรียนใช้กระบวนการคิดอย่างมีวิจารณญาณในการเลือกใช้ข้อมูลที่น่าเชื่อถือมาออกแบบวิธีการแก้ปัญหา	-	4	5	3	เหมาะสมปานกลาง
เทคนิคที่นำมาใช้ช่วยให้ผู้เรียนใช้กระบวนการคิดอย่างมีวิจารณญาณในการออกแบบวิธีการแก้ปัญหาสอดคล้องกับสถานการณ์ปัญหาได้ดีมากขึ้น	-	4	5	3	เหมาะสมปานกลาง
วิธีการจัดการเรียนรู้สอดคล้องกับหลักการของสะเต็มศึกษา	5	5	5	5	เหมาะสมมากที่สุด
วิธีการจัดการเรียนรู้ช่วยให้ออกแบบวิธีการแก้ปัญหาได้สอดคล้องกับสถานการณ์ปัญหา	5	5	5	5	เหมาะสมมากที่สุด
วิธีการจัดกาเรียนรู้ช่วยให้เกิดความผิดพลาดในการสร้างชิ้นงานน้อย	5	4	5	4.67	เหมาะสมมากที่สุด
ขั้นที่ 5 ประเมินค่าของคำตอบ					
ขั้นตอนการจัดกิจกรรมมีรายละเอียดชัดเจน	5	5	5	5	เหมาะสมมากที่สุด
ขั้นตอนนี้มีความเหมาะสม สามารถนำไปปฏิบัติได้จริง	5	5	5	5	เหมาะสมมากที่สุด
วิธีการจัดการเรียนรู้สอดคล้องกับหลักการของสะเต็มศึกษา	5	5	5	5	เหมาะสมมากที่สุด
ขั้นที่ 6 นำเสนอและประเมินผลงาน					
ขั้นตอนการจัดกิจกรรมมีความเหมาะสม	5	5	5	5	เหมาะสมมากที่สุด
เทคนิคที่นำมาใช้ช่วยให้ผู้เรียนใช้กระบวนการคิดอย่างมีวิจารณญาณในการนำเสนอผลงานในรูปแบบที่เหมาะสม	5	3	5	4.33	เหมาะสมมาก
วิธีการจัดการเรียนรู้สอดคล้องกับหลักการของสะเต็มศึกษา	5	5	5	5	เหมาะสมมากที่สุด

ตาราง 15 ค่าเฉลี่ยผลการประเมินแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง ท่องไปในชั้นบรรยากาศ

รายการประเมิน	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญคนที่			ค่าเฉลี่ย	แปลผล
	1	2	3		
ความสอดคล้องขององค์ประกอบของแผนการจัดการเรียนรู้					
๑. เนื้อหาสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	5	5	5	5	เหมาะสมมากที่สุด
๒. กิจกรรมการเรียนรู้เหมาะสมกับเนื้อหา	5	5	5	5	เหมาะสมมากที่สุด
๓. กิจกรรมการเรียนรู้เหมาะสมกับจุดประสงค์การเรียนรู้	5	5	5	5	เหมาะสมมากที่สุด
กระบวนการจัดการเรียนรู้					
๔. กิจกรรมอ่านแล้วเข้าใจง่ายสามารถจัดกิจกรรมได้ตามแผน	5	5	5	5	เหมาะสมมากที่สุด
๕. กิจกรรมการเรียนรู้เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ	5	5	5	5	เหมาะสมมากที่สุด
๖. กิจกรรมเรียนรู้เหมาะสมกับเวลาที่กำหนด	5	5	4	4.67	เหมาะสมมากที่สุด
๗. กิจกรรมมีการบูรณาการเนื้อหาของวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ วิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี	5	5	5	5	เหมาะสมมากที่สุด
๘. กิจกรรมมีคำถามที่ส่งเสริมแนวคิดให้แก่ผู้เรียน	3	5	4	4	เหมาะสมมาก
๙. กิจกรรมที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนนำความรู้ไปใช้ประโยชน์ในชีวิตประจำวัน	3	5	4	4	เหมาะสมมาก
สื่อและแหล่งเรียนรู้					
๑๐. วัสดุอุปกรณ์ สื่อและแหล่งเรียนรู้มีความหลากหลาย	5	5	5	5	เหมาะสมมากที่สุด
๑๑. วัสดุอุปกรณ์ สื่อและแหล่งเรียนรู้เหมาะสมกับเนื้อหาสาระ	5	5	5	5	เหมาะสมมากที่สุด
การวัดและประเมินผล					
๑๒. การวัดและประเมินผลสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	5	5	5	5	เหมาะสมมากที่สุด
๑๓. การวัดและประเมินผลสอดคล้องกับกิจกรรมการเรียนรู้	5	5	5	5	เหมาะสมมากที่สุด

ตาราง 16 ค่าเฉลี่ยผลการประเมินแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง เกษตรกรรุ่นใหม่

รายการประเมิน	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญคนที่			ค่าเฉลี่ย	แปลผล
	1	2	3		
ความสอดคล้องขององค์ประกอบของแผนการจัดการเรียนรู้					
๑. เนื้อหาสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	5	5	5	5	เหมาะสมมากที่สุด
๒. กิจกรรมการเรียนรู้เหมาะสมกับเนื้อหา	2	5	5	4	เหมาะสมมาก
๓. กิจกรรมการเรียนรู้เหมาะสมกับจุดประสงค์การเรียนรู้	3	5	4	4	เหมาะสมมาก
กระบวนการจัดการเรียนรู้					
๔. กิจกรรมอ่านแล้วเข้าใจง่ายสามารถจัดกิจกรรมได้ตามแผน	5	5	5	5	เหมาะสมมากที่สุด
๕. กิจกรรมการเรียนรู้เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ	5	5	5	5	เหมาะสมมากที่สุด
๖. กิจกรรมเรียนรู้เหมาะสมกับเวลาที่กำหนด	5	5	5	5	เหมาะสมมากที่สุด
๗. กิจกรรมมีการบูรณาการเนื้อหาของวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ วิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี	3	5	5	4.33	เหมาะสมมาก
๘. กิจกรรมมีคำถามที่ส่งเสริมแนวคิดให้แก่ผู้เรียน	3	5	5	4.33	เหมาะสมมาก
๙. กิจกรรมที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนนำความรู้ไปใช้ประโยชน์ในชีวิตประจำวัน	3	5	5	4.33	เหมาะสมมาก
สื่อและแหล่งเรียนรู้					
๑๐. วัสดุอุปกรณ์ สื่อและแหล่งเรียนรู้มีความหลากหลาย	5	5	5	5	เหมาะสมมากที่สุด
๑๑. วัสดุอุปกรณ์ สื่อและแหล่งเรียนรู้เหมาะสมกับเนื้อหาสาระ	5	5	5	5	เหมาะสมมากที่สุด
การวัดและประเมินผล					
๑๒. การวัดและประเมินผลสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	5	5	5	5	เหมาะสมมากที่สุด
๑๓. การวัดและประเมินผลสอดคล้องกับกิจกรรมการเรียนรู้	5	5	5	5	เหมาะสมมากที่สุด

ตาราง 17 ค่าเฉลี่ยผลการประเมินแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 เรื่อง นวัตกรรมลดโลกร้อน

รายการประเมิน	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญคนที่			ค่าเฉลี่ย	แปลผล
	1	2	3		
ความสอดคล้องขององค์ประกอบของแผนการจัดการเรียนรู้					
๑. เนื้อหาสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	5	5	5	5	เหมาะสมมากที่สุด
๒. กิจกรรมการเรียนรู้เหมาะสมกับเนื้อหา	4	5	5	4.67	เหมาะสมมากที่สุด
๓. กิจกรรมการเรียนรู้เหมาะสมกับจุดประสงค์การเรียนรู้	4	5	5	4.67	เหมาะสมมากที่สุด
กระบวนการจัดการเรียนรู้					
๔. กิจกรรมอ่านแล้วเข้าใจง่ายสามารถจัดกิจกรรมได้ตามแผน	5	5	5	5	เหมาะสมมากที่สุด
๕. กิจกรรมการเรียนรู้เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ	5	5	5	5	เหมาะสมมากที่สุด
๖. กิจกรรมเรียนรู้เหมาะสมกับเวลาที่กำหนด	5	5	5	5	เหมาะสมมากที่สุด
๗. กิจกรรมมีการบูรณาการเนื้อหาของวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ วิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี	5	5	5	5	เหมาะสมมากที่สุด
๘. กิจกรรมมีคำถามที่ส่งเสริมแนวคิดให้แก่ผู้เรียน	3	5	5	4.33	เหมาะสมมาก
๙. กิจกรรมที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนนำความรู้ไปใช้ประโยชน์ในชีวิตประจำวัน	5	5	5	5	เหมาะสมมากที่สุด
สื่อและแหล่งเรียนรู้					
๑๐. วัสดุอุปกรณ์ สื่อและแหล่งเรียนรู้มีความหลากหลาย	5	5	5	5	เหมาะสมมากที่สุด
๑๑. วัสดุอุปกรณ์ สื่อและแหล่งเรียนรู้เหมาะสมกับเนื้อหาสาระ	5	5	5	5	เหมาะสมมากที่สุด
การวัดและประเมินผล					
๑๒. การวัดและประเมินผลสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	5	5	5	5	เหมาะสมมากที่สุด
๑๓. การวัดและประเมินผลสอดคล้องกับกิจกรรมการเรียนรู้	5	5	5	5	เหมาะสมมากที่สุด

ตาราง 18 ค่าเฉลี่ยดัชนีความสอดคล้อง ของแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรายวิชาวิทยาศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1

ข้อที่	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ คนที่			IOC	แปลผล
	1	2	3		
1	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้
2	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้
3	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้
4	1	1	1	0.66	นำไปใช้ได้
5	-1	1	1	0.33	นำไปใช้ไม่ได้
6	-1	1	1	0.33	นำไปใช้ไม่ได้
7	-1	1	1	0.33	นำไปใช้ไม่ได้
8	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้
9	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้
10	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้
11	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้
12	0	1	1	0.67	นำไปใช้ได้
13	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้
14	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้
15	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้
16	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้
17	1	0	1	0.67	นำไปใช้ได้
18	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้
19	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้
20	1	1	0	0.67	นำไปใช้ได้
21	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้
22	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้
23	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้
24	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้
25	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้
26	1	1	0	0.67	นำไปใช้ได้
27	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้
28	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้
29	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้
30	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้

ตาราง 19 ค่าเฉลี่ยผลการประเมินความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามวัดความสามารถในการออกแบบวิธีการแก้ปัญหาและเกณฑ์การให้คะแนนแบบรูบิค

รายการประเมิน	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญคนที่			ค่าเฉลี่ย	แปลผล
	1	2	3		
สถานการณ์ที่ 1					
คำถามข้อที่1กับเกณฑ์รูบิค	1	1	1	1	นำไปใช้ได้
คำถามข้อที่2กับเกณฑ์รูบิค	1	1	1	1	นำไปใช้ได้
คำถามข้อที่3กับเกณฑ์รูบิค	1	1	1	1	นำไปใช้ได้
คำถามข้อที่4กับเกณฑ์รูบิค	1	1	1	1	นำไปใช้ได้
คำถามข้อที่5กับเกณฑ์รูบิค	1	1	1	1	นำไปใช้ได้
คำถามข้อที่6กับเกณฑ์รูบิค	1	1	1	1	นำไปใช้ได้
สถานการณ์ที่ 2					
คำถามข้อที่1กับเกณฑ์รูบิค	0	1	1	0.67	นำไปใช้ได้
คำถามข้อที่2กับเกณฑ์รูบิค	1	1	1	1	นำไปใช้ได้
คำถามข้อที่3กับเกณฑ์รูบิค	1	1	1	1	นำไปใช้ได้
คำถามข้อที่4กับเกณฑ์รูบิค	1	1	1	1	นำไปใช้ได้
คำถามข้อที่5กับเกณฑ์รูบิค	1	1	1	1	นำไปใช้ได้
คำถามข้อที่6กับเกณฑ์รูบิค	1	1	1	1	นำไปใช้ได้
สถานการณ์ที่ 3					
คำถามข้อที่1กับเกณฑ์รูบิค	1	1	1	1	นำไปใช้ได้
คำถามข้อที่2กับเกณฑ์รูบิค	1	1	1	1	นำไปใช้ได้
คำถามข้อที่3กับเกณฑ์รูบิค	1	1	1	1	นำไปใช้ได้
คำถามข้อที่4กับเกณฑ์รูบิค	1	1	1	1	นำไปใช้ได้
คำถามข้อที่5กับเกณฑ์รูบิค	1	1	1	1	นำไปใช้ได้
คำถามข้อที่6กับเกณฑ์รูบิค	1	1	1	1	นำไปใช้ได้

ตาราง 20 ค่าเฉลี่ยดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับกับจุดประสงค์ที่ต้องการของแบบวัดความพึงพอใจ

รายการประเมิน	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญคนที่			ค่าเฉลี่ย	แปลผล
	1	2	3		
ด้านบรรยากาศ					
1. บรรยากาศของการเรียนเปิดโอกาสให้นักเรียนมีส่วนร่วมในการทำกิจกรรม	1	1	1	1	นำไปใช้ได้
2. บรรยากาศของการเรียนทำให้นักเรียนมีความรับผิดชอบต่อตนเอง และกลุ่ม	1	1	1	1	นำไปใช้ได้
3. บรรยากาศของการเรียนทำให้นักเรียนมีความกระตือรือร้นในการเรียน	1	1	1	1	นำไปใช้ได้
4. บรรยากาศของการเรียนเปิดโอกาสให้นักเรียนได้แสดงความคิดเห็น	1	1	1	1	นำไปใช้ได้
5. บรรยากาศของการเรียนทำให้นักเรียนได้ใช้ความคิดที่ใช้เหตุผลในการตัดสินใจ	0	1	1	0.67	นำไปใช้ได้ ปรับปรุงคำถาม
6. บรรยากาศในการเรียนมีความสนุกสนาน ไม่ตึงเครียด เหมาะแก่การเรียนรู้	1	1	1	1	นำไปใช้ได้
ด้านการจัดการเรียนรู้					
7. กิจกรรมการเรียนรู้มีความเหมาะสมกับเนื้อหา	1	1	1	1	นำไปใช้ได้
8. กิจกรรมการเรียนรู้ทำให้นักเรียนเข้าใจเนื้อหาได้ง่ายขึ้น	1	1	1	1	นำไปใช้ได้
9. กิจกรรมการเรียนรู้ส่งเสริมให้นักเรียนได้แลกเปลี่ยนความรู้ความคิด	1	1	1	1	นำไปใช้ได้
10. กิจกรรมการเรียนรู้ส่งเสริมการคิดและตัดสินใจโดยใช้เหตุผล	1	1	1	1	นำไปใช้ได้
11. กิจกรรมการเรียนรู้ทำให้นักเรียนได้รู้จักการวางแผนและออกแบบวิธีการแก้ปัญหา	1	1	1	1	นำไปใช้ได้

รายการประเมิน	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญคนที่			ค่าเฉลี่ย	แปลผล
	1	2	3		
12. กิจกรรมการเรียนรู้ช่วยให้สามารถออกแบบวิธีการแก้ปัญหาได้อย่างมีประสิทธิภาพ	1	1	1	1	นำไปใช้ได้
13. กิจกรรมการเรียนรู้ส่งเสริมให้นักเรียนทำงานร่วมกับผู้อื่น	1	1	1	1	นำไปใช้ได้
14. การจัดการเรียนรู้ทำให้การเรียนวุ่นวาย	1	1	1	1	นำไปใช้ได้
15. การจัดการเรียนรู้ช่วยให้นักเรียนสร้างความรู้ความเข้าใจด้วยตนเองได้	1	1	1	1	นำไปใช้ได้
16. การจัดการเรียนรู้ส่งเสริมให้นักเรียนสามารถออกแบบการแก้ปัญหาไปใช้ในชีวิตประจำวันได้	1	1	1	1	นำไปใช้ได้
ด้านครูผู้สอน					
17. ครูส่งเสริมให้นักเรียนหาความรู้หรือข้อมูลจากแหล่งที่น่าเชื่อถือ	1	1	1	1	นำไปใช้ได้
18. ครูส่งเสริมให้นักเรียนมีเหตุผลก่อนตัดสินใจเชื่อข้อมูลต่าง ๆ	1	1	1	1	นำไปใช้ได้
19. ครูส่งเสริมให้นักเรียนมีเหตุผลในการเลือกข้อมูลมาใช้แก้ปัญหา	1	1	1	1	นำไปใช้ได้

ตาราง 21 ค่าความยากง่าย ค่าอำนาจจำแนกและความเชื่อมั่นทั้งฉบับของแบบวัดความสามารถในการออกแบบวิธีการแก้ปัญหา

สถานการณ์	ข้อ	ค่าความยากง่าย(P)	ค่าอำนาจจำแนก(r)	แปลผล
1	1	0.759	0.608	นำไปใช้ได้
	2	0.716	0.604	นำไปใช้ได้
	3	0.796	0.537	นำไปใช้ได้
	4	0.673	0.774	นำไปใช้ได้
	5	0.716	0.655	นำไปใช้ได้
	6	0.750	0.690	นำไปใช้ได้
2	1	0.741	0.737	นำไปใช้ได้
	2	0.778	0.347	นำไปใช้ได้
	3	0.778	0.674	นำไปใช้ได้
	4	0.673	0.602	นำไปใช้ได้
	5	0.568	0.420	นำไปใช้ได้
	6	0.648	0.638	นำไปใช้ได้

ความเชื่อมั่นของแบบวัดความสามารถในการออกแบบวิธีการแก้ปัญหาตามมาตรฐานสะเต็มศึกษาทั้งฉบับ 0.818

ตาราง 22 ค่าความยากง่าย ค่าอำนาจจำแนก และความเชื่อมั่นทั้งฉบับของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์

ข้อ	ค่าความยากง่าย(P)	ค่าอำนาจจำแนก(r)	แปลผล
1	0.259	0.635	นำไปใช้ได้
2	0.444	0.352	นำไปใช้ได้
3	0.333	0.287	นำไปใช้ได้
4	0.333	0.658	นำไปใช้ได้
5	0.259	0.508	นำไปใช้ได้
6	0.444	0.528	นำไปใช้ได้
7	0.296	0.627	นำไปใช้ได้
8	0.519	0.318	นำไปใช้ได้
9	0.296	0.331	นำไปใช้ได้
10	0.593	0.372	นำไปใช้ได้
11	0.296	0.592	นำไปใช้ได้
12	0.259	0.272	นำไปใช้ได้
13	0.444	0.496	นำไปใช้ได้
14	0.259	0.454	นำไปใช้ได้
15	0.370	0.527	นำไปใช้ได้
16	0.444	0.208	นำไปใช้ได้
17	0.333	0.371	นำไปใช้ได้
18	0.333	0.270	นำไปใช้ได้
19	0.593	0.485	นำไปใช้ได้
20	0.407	0.453	นำไปใช้ได้

ความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ทั้งฉบับ 0.771

ตาราง 23 ค่าอำนาจจำแนกรายข้อและความเชื่อมั่นทั้งฉบับของแบบวัดความพึงพอใจ

ข้อ	ค่าอำนาจจำแนก (r)	แปลผล
1	0.667	นำไปใช้ได้
2	0.761	นำไปใช้ได้
3	0.344	นำไปใช้ได้
4	0.484	นำไปใช้ได้
5	0.588	นำไปใช้ได้
6	0.397	นำไปใช้ได้
7	0.334	นำไปใช้ได้
8	0.523	นำไปใช้ได้
9	0.646	นำไปใช้ได้
10	0.647	นำไปใช้ได้
11	0.383	นำไปใช้ได้
12	0.613	นำไปใช้ได้
13	0.655	นำไปใช้ได้
14	0.447	นำไปใช้ได้
15	0.316	นำไปใช้ได้
16	0.485	นำไปใช้ได้
17	0.603	นำไปใช้ได้
18	0.478	นำไปใช้ได้
19	0.539	นำไปใช้ได้

ความเชื่อมั่นของแบบวัดความพึงพอใจทั้งฉบับ 0.836

ภาคผนวก ค

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. แผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาด้วยรูปแบบปัญหาเป็นฐานที่เน้นกระบวนการคิดอย่างมีวิจารณญาณ
2. แบบวัดความสามารถในการออกแบบวิธีการแก้ปัญหาตามมาตรฐานสะเต็มศึกษา
3. แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ เรื่อง กระบวนการเปลี่ยนแปลงลมฟ้าอากาศ
4. แบบวัดความพึงพอใจ

แผนการจัดการเรียนรู้ ครั้งที่ ๑ เรื่อง ท่องไปในชั้นบรรยากาศ

รายวิชา วิทยาศาสตร์ รหัสวิชา ว๒๑๑๐๒ เวลา ๔ ชั่วโมง

หน่วยการเรียนรู้ที่ ๖ ชื่อหน่วยการเรียนรู้ กระบวนการเปลี่ยนแปลงลมฟ้าอากาศ

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๑ ภาคเรียนที่ ๒ ปีการศึกษา ๒๕๖๒

---

๑. มาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัด

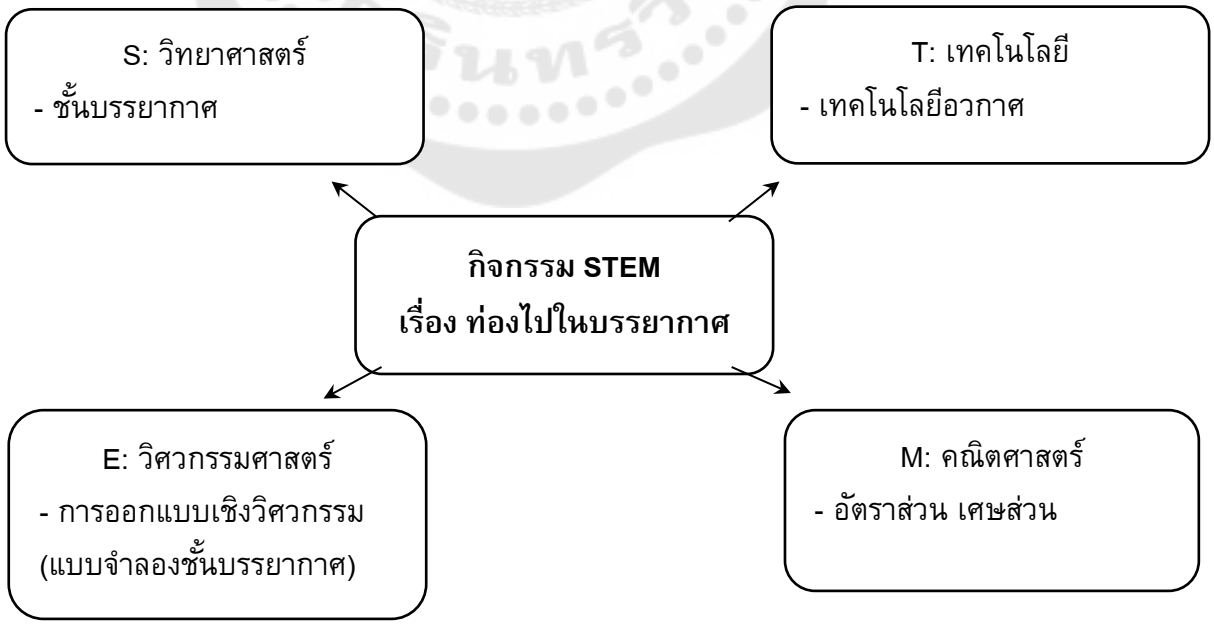
วิทยาศาสตร์	คณิตศาสตร์	เทคโนโลยี
ว ๒.๒ ม.๑/๑ สร้างแบบจำลองที่อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างความดันอากาศกับความสูงจากพื้นโลก ว ๓.๒ ม.๑/๒ 2. สร้างแบบจำลองที่อธิบายการแบ่งชั้นบรรยากาศและ เปรียบเทียบประโยชน์ของ บรรยากาศ แต่ละชั้น	ค ๑.๑ ม.๑/๓ เข้าใจและประยุกต์ใช้ อัตราส่วน สัดส่วน และร้อยละ ในการแก้ปัญหา คณิตศาสตร์และปัญหาในชีวิตจริง	ว ๘.๑ ม.๑/๒ ระบุปัญหาหรือความต้องการในชีวิตประจำวัน รวบรวม วิเคราะห์ข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา ว ๘.๑ ม.๑/๓ ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา โดยวิเคราะห์ เปรียบเทียบ และตัดสินใจเลือกข้อมูลที่จำเป็นนำเสนอแนวทางการแก้ปัญหาให้ผู้อื่นเข้าใจวางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา

หมายเหตุ: *ตัวชี้วัด เทคโนโลยี(T) ในที่นี้จะรวมตัวชี้วัดสาระการออกแบบและเทคโนโลยีและสาระเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร ในขณะที่วิศวกรรมศาสตร์(E) ไม่ได้ปรากฏในหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน แต่กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม สามารถเทียบเคียงได้จากกระบวนการเทคโนโลยีในตัวชี้วัดสาระการออกแบบและเทคโนโลยี

๒. สาระสำคัญ

วิทยาศาสตร์	คณิตศาสตร์	เทคโนโลยี
-บรรยากาศ คือ อากาศที่ห่อหุ้มโลกหรือบรรยากาศที่อยู่รอบตัวเราตั้งแต่พื้นโลกขึ้นไป แรงดึงดูดของโลกที่มีต่อบรรยากาศทำให้บรรยากาศมีการเคลื่อนตัวตามการหมุนของโลกไปพร้อมกับพื้นโลก ประโยชน์ของบรรยากาศนั้นแตกต่างกันไปในตามแต่ชั้นบรรยากาศ โดยเราสามารถแบ่งชั้นบรรยากาศของโลกตามระดับความสูงออกได้ ดังนี้ โทรโพสเฟียร์ สตราโทสเฟียร์ มีโซสเฟียร์ เทอร์โมสเฟียร์ และเอกโซสเฟียร์	อัตราส่วน (Ratio)เป็นการเปรียบเทียบข้อมูลประเภทเดียวกันหรืออย่างเดียวกัน อาจจะเป็นลักษณะที่มีหน่วยเดียวกัน เช่น การเปรียบเทียบคะแนนสอบของนักศึกษา รายได้ของประชากร ผลผลิตการเกษตร จำนวนนักศึกษา เป็นต้น ลักษณะของอัตราส่วนจะอยู่ในรูปของเศษส่วน เช่น หรืออาจจะอยู่ในรูป a:b เรียกว่า a ต่อ b หรืออัตราส่วน a ต่อ b	เทคโนโลยีอวกาศ คือการนำหลักการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ในการขยายขอบเขตการศึกษาค้นคว้าทางด้านดาราศาสตร์และอวกาศ เพื่อการสำรวจดาวที่ต้องการศึกษาโดยเฉพาะและที่ทำขึ้นเพื่อศึกษาสิ่งต่างๆในจักรวาล การใช้ประโยชน์จากเทคโนโลยีอวกาศนั้นมีทั้งด้านการสื่อสาร การสำรวจทรัพยากรโลก พยากรณ์อากาศ ฯลฯ เช่น จรวด ดาวเทียม กล้องโทรทัศน์ เป็นต้น

๓. กรอบแนวคิดในการบูรณาการ



๔. จุดประสงค์ของการเรียนรู้

๔.๑ ด้านความรู้ (k)

- นักเรียนสามารถอธิบายการแบ่งชั้นบรรยากาศและเปรียบเทียบประโยชน์ของบรรยากาศแต่ละชั้นได้

- นักเรียนเข้าใจและ ประยุกต์ใช้ อัตราส่วน สัดส่วน ในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์และปัญหาในชีวิตจริง

๔.๒ ด้านทักษะ (P)

- นักเรียนสามารถออกแบบวิธีการแก้ปัญหาได้สอดคล้องกับสถานการณ์ปัญหาโดยเชื่อมโยงความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และ คณิตศาสตร์ได้

-นักเรียนสามารถให้เหตุผลในการตัดสินใจและสรุปผลได้อย่างเหมาะสม

๔.๓ ด้านเจตคติ (A)

- นักเรียนมีส่วนร่วมในการทำกิจกรรมในชั้นเรียน

- นักเรียนมีความรับผิดชอบในงานที่ได้รับมอบหมาย

๕. สมรรถนะสำคัญของผู้เรียน

๕.๑ ความสามารถในการสื่อสาร

- อธิบายเนื้อหาสาระที่เรียนรู้ไปได้

- นำเสนอแนวคิดให้ผู้อื่นเข้าใจได้

๕.๒ ความสามารถในการคิด

-มีทักษะการคิดวิจารณญาณ คิดวิเคราะห์

๕.๓ ความสามารถในการแก้ปัญหา

- คิดแก้ปัญหาได้สอดคล้องกับสถานการณ์ปัญหาที่กำหนดให้ได้

๕.๔ ความสามารถในการใช้ทักษะชีวิต

- ทำงานร่วมกับผู้อื่นได้

๕.๕ ความสามารถในการใช้เทคโนโลยี

- ใช้เทคโนโลยีในการสืบค้นข้อมูลและนำเสนองาน

๖. วัสดุอุปกรณ์

ที่	รายการ	ที่	รายการ
๑.	ฟิวเจอร์บอร์ด	๙.	ลวด
๒.	กระดาษสีแข็ง	๑๐.	กาวสองหน้า
๓.	กระดาษสีอ่อน	๑๑.	ปืนกาว/กาวแท่ง
๔.	ดินน้ำมัน	๑๒.	ไม้เสียบลูกชิ้น
๕	เชือก	๑๓.	เทปใส
๖.	สีไม้	๑๔.	กรรไกร
๗.	สำลี	๑๕.	ไม้บรรทัด
๘.	ลูกบอล	๑๖	สายวัด

๗. การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ (๔ชั่วโมง)

ขั้นที่ ๑ กำหนดปัญหา

๑.๑ ครูนำเข้าสู่บทเรียนโดยการอภิปรายร่วมกับนักเรียนในหัวข้อข่าวเรื่อง ยานสำรวจอินไซต์ ลงจอดบนดาวอังคารสำเร็จ จาก https://www.bbc.com/thai/features-46347057 โดยตั้งคำถามกระตุ้นความคิดนักเรียนว่า นักเรียนคิดว่าในอนาคตจะมีสิ่งมีชีวิตบนดาวอังคารได้หรือไม่ (แนวคำตอบ:อนาคตอาจจะมีสิ่งมีชีวิตอาศัยอยู่ได้ เพราะองค์ประกอบทางเคมีของบรรยากาศจะช่วยปรับอุณหภูมิบนพื้นผิวของดาวให้เหมาะสมต่อการดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิตได้)

๑.๒ ครูให้กำหนดสถานการณ์ต่อไปนี้ “นักเรียนเป็นนักบินอวกาศที่ทำงานอยู่ที่องค์การ NASA นักเรียนได้รับมอบหมายให้ทำภารกิจขึ้นไปสำรวจชั้นบรรยากาศของดาวอังคาร จากนั้นต้องรายงานให้นักวิทยาศาสตร์ที่อยู่ในองค์การทราบ โดยการสร้างเป็นโมเดลจำลองเปรียบเทียบความแตกต่างของชั้นบรรยากาศระหว่างดาวโลกกับดาวอังคารมาให้มากที่สุด แล้ววิเคราะห์ว่าบนดาวอังคารจะสามารถมีสิ่งมีชีวิตอยู่ได้หรือไม่ โดยมีเงื่อนไขคือ แบบจำลองที่สร้างต้องมีอัตราส่วนเท่าของจริง”

๑.๕ ครูใช้เทคนิคการถามคำถาม 3W1H กระตุ้นให้ผู้เรียนได้ฝึกแยกแยะรายละเอียดขององค์ประกอบในสถานการณ์ดังกล่าว เช่น W1 (what) ปัญหาของสถานการณ์นี้คืออะไร W2(who) ใครมีส่วนเกี่ยวข้องกับปัญหานี้บ้าง W3(why) ทำไมตอนนี้ถึงยังไม่พบสิ่งมีชีวิตบนดาวอังคาร H(how) เราจะทำอย่างไรจึงจะบรรลุเงื่อนไขที่กำหนดของสถานการณ์นี้ได้

๑.๖ สมาชิกในกลุ่มช่วยกันวิเคราะห์ว่าปัญหาจากสถานการณ์ดังกล่าวคืออะไร แล้วบันทึกข้อมูลลงในใบกิจกรรม

ขั้นที่ ๒ ทำความเข้าใจกับปัญหา

๒.๑ ให้นักเรียนในกลุ่มร่วมกันระดมสมอง วิเคราะห์ปัญหา โดยพิจารณาข้อมูลที่จำเป็นในการแก้ปัญหา เงื่อนไขหรือข้อจำกัดที่สถานการณ์ให้มา โดยใช้เทคนิคการเน้นข้อความด้วยปากกาสีที่ต่างกันลงไปในสถานการณ์ที่กำหนดให้ โดยกำหนดให้ใช้ปากกาสีน้ำเงินเน้นข้อความที่เป็นเงื่อนไข สีแดงเน้นข้อความที่เป็นข้อจำกัด สีเขียวเน้นข้อความที่เป็นข้อมูลที่จำเป็นต้องใช้ในการแก้ปัญหา

๒.๒ ครูและนักเรียนอภิปรายร่วมกันว่าในการแก้ปัญหาเรื่องนี้ต้องมีความรู้ใดบ้าง? จึงจะแก้ปัญหาได้และตรงกับเงื่อนไขและข้อจำกัดของสถานการณ์ดังกล่าว (แนวคำตอบ : การแบ่งชั้นบรรยากาศ ประโยชน์ของบรรยากาศแต่ละชั้น อัตราส่วนและเศษส่วน)

ขั้นที่ ๓ ดำเนินการศึกษาค้นคว้า

๓.๑ ครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับชั้นบรรยากาศของโลกและดาวดวงอื่นๆ ที่นักเรียนคิดว่ามีสิ่งมีชีวิตอาศัยอยู่ และประโยชน์ของบรรยากาศ จากแหล่งสืบค้นต่าง ๆ คือ หนังสือเรียน และใบความรู้ที่ครูเตรียมให้ หรือนักเรียนอาจจะหาข้อมูลเพิ่มเติมจากอินเตอร์เน็ตได้ เพื่อให้ได้ข้อมูลมากที่สุดในเวลา ๑๕ นาที

๓.๒ นักเรียนแต่ละกลุ่มนำข้อมูลที่ค้นคว้ามาได้ มาจัดกลุ่มของข้อมูล โดยแยกเป็นของโลก และดาวดวงอื่น พร้อมทั้งเขียนแหล่งที่มาของข้อมูล โดยครูจะคอยกระตุ้นด้วยคำถาม เช่น

- ข้อมูลที่ได้มาเพียงพอกับการแก้ปัญหาหรือยัง
- ข้อมูลที่ได้มาเชื่อถือได้มากน้อยเพียงใด
- ข้อมูลที่ได้มาเพียงพอกับเงื่อนไขของสถานการณ์หรือเปล่า

๓.๓ ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มแสดงความคิดเห็นโต้แย้งกันภายใต้เหตุผล เพื่อตัดสินใจเลือกข้อมูลที่ดีที่สุด ๑ แหล่ง เพื่อนำข้อมูลนั้นมาออกแบบแบบจำลองชั้นบรรยากาศของโลกและดาวดวงอื่น โดยให้พิจารณาจากเหตุผลที่เหมาะสม และมีแหล่งที่มาของข้อมูลที่น่าเชื่อถือที่สุด

ขั้นที่ ๔ ขั้นสังเคราะห์ความรู้

๔.๑ สมาชิกแต่ละกลุ่มนำข้อมูลที่ตัดสินใจเลือกมาเขียนแบบ แบบจำลองชั้นบรรยากาศของโลกและของดาวอังคารอย่างละเอียด **ลงในแบบบันทึกข้อมูลการออกแบบวิธีแก้ปัญหาตามมาตรฐานสะเต็มศึกษา** โดยครูจะคอยกระตุ้นความคิดของนักเรียนด้วยคำถามเพื่อให้ช่วยให้ออกแบบได้รอบคอบมากขึ้นดังนี้

- นักเรียนต้องการออกแบบอะไร (แนวคำตอบ : แบบจำลองชั้นบรรยากาศของโลกและดาวอังคาร)

- จากข้อมูลที่รวบรวมได้นักเรียนสังเกตเห็นความแตกต่างระหว่างชั้นบรรยากาศของโลกและดาวอังคารหรือไม่ อะไรบ้าง (แนวคำตอบ : โลกมีชั้นบรรยากาศหนากว่าดวงจันทร์ มีทั้งหมด ๕ ชั้น ประกอบด้วย แก๊สไนโตรเจน ๗๘% แก๊สออกซิเจน ๒๑% และแก๊สอื่นๆ ๑% ส่วนดาวอังคารเบาบางมาก ประกอบด้วยคาร์บอนไดออกไซด์เป็นส่วนใหญ่)

- เงื่อนไขของสถานการณ์นี้คืออะไร นักเรียนจะออกแบบอย่างไรให้ตรงกับเงื่อนไขที่สถานการณ์กำหนด (แนวคำตอบคือ: อัตราส่วนต้องเท่ากับของจริง)

๔.๒ ให้นักเรียนอธิบายความรู้และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์และคณิตศาสตร์ ที่นำมาใช้ในการออกแบบลงในแบบบันทึกข้อมูลการออกแบบวิธีแก้ปัญหาตามมาตรฐานสะเต็มศึกษา

๔.๓ เมื่อนักเรียนเขียนแบบเสร็จแล้วให้นักเรียนวิเคราะห์เลือกอุปกรณ์ที่จะใช้สำหรับสร้างแบบจำลองชั้นบรรยากาศของโลกและดาวอังคาร โดยครูจะเตรียมวัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ในการสร้างแบบจำลองให้นักเรียนบางส่วนดังนี้ นักเรียนสามารถใช้อย่างอื่นเพิ่มเติมได้นอกเหนือจากที่ครูเตรียมให้

ที่	รายการ	ที่	รายการ
๑.	ฟิวเจอร์บอร์ด	๙.	ลวด
๒.	กระดาษสีแข็ง	๑๐.	กาวสองหน้า
๓.	กระดาษสีอ่อน	๑๑.	ปืนกาว/กาวแท่ง
๔.	ดินน้ำมัน	๑๒.	ไม้เสียบลูกชิ้น
๕	เชือก	๑๓.	เทปใส
๖.	สีไม้	๑๔.	กรรไกร
๗.	สำลี	๑๕.	ไม้บรรทัด
๘.	ลูกบอล	๑๖	สายวัด

๔.๔ นักเรียนแต่ละกลุ่มเลือกอุปกรณ์ และลงมือสร้างแบบจำลองชั้นบรรยากาศตามที่ได้ออกแบบไว้

ขั้นที่ ๕ สรุปและประเมินค่าของคำตอบ

๕.๑ นักเรียนแต่ละกลุ่มนำแบบจำลองที่สร้างขึ้นไปให้ครูประจำวิชาวิชาแนะนำ ว่าควรมีข้อต้องปรับปรุงแก้ไขอย่างไร

๕.๒ นักเรียนแต่ละกลุ่มปรับปรุงแก้ไขชิ้นงานของตนเองให้ดียิ่งขึ้น

ขั้นที่ ๖ นำเสนอและประเมินผลงาน

๖.๑ นักเรียนแต่ละกลุ่มออกมานำเสนอผลงานด้วยวิธีการที่น่าสนใจ โดยมีครูและนักเรียนเป็นผู้ประเมินชิ้นงาน โดยใช้แบบประเมินชิ้นงาน

๖.๒ ครูและนักเรียนอภิปรายร่วมกันถึงหลักการออกแบบชิ้นงานแต่ละส่วนว่าควรออกแบบอย่างไร พร้อมให้เหตุผลประกอบ และสรุปข้อดีและข้อที่ต้องปรับปรุงของการออกแบบวิธีแก้ปัญหาของแต่ละกลุ่มอีกครั้ง

๘. สื่อการเรียนรู้

๘.๑ หนังสือเรียนวิทยาศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๑ เล่ม ๒ ของ สสวท.

๘.๒ สื่ออิเล็กทรอนิกส์ (Power point) ประกอบเนื้อหาสาระ

๘.๓ อุปกรณ์การทดลองต่าง ๆ ตามหัวข้อวัสดุและอุปกรณ์

๙. แหล่งการเรียนรู้

๙.๑ ห้องสมุด ๙.๒ Internet

๑๐. การวัดและประเมินผล

พฤติกรรม	วิธีการวัด	เครื่องมือ	เกณฑ์การประเมิน
ด้านความรู้ (K)			
๑. นักเรียนสามารถอธิบายการแบ่งชั้นบรรยากาศและเปรียบเทียบประโยชน์ของบรรยากาศแต่ละชั้นได้	- ตรวจสอบความถูกต้องจากการทำใบกิจกรรม	-ใบกิจกรรม	ผ่านเกณฑ์ร้อยละ ๖๐ ขึ้นไป
๒. นักเรียนเข้าใจและ ประยุกต์ใช้อัตราส่วน สัดส่วน ในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์และปัญหาในชีวิตจริง	- ตรวจสอบความถูกต้องจากชิ้นงาน	- ชิ้นงาน	ผ่านเกณฑ์ร้อยละ ๖๐ ขึ้นไป

พฤติกรรม	วิธีการวัด	เครื่องมือ	เกณฑ์การประเมิน
ด้านทักษะ (P)			
๑. นักเรียนสามารถออกแบบวิธีการแก้ปัญหาได้สอดคล้องกับสถานการณ์ปัญหาโดยเชื่อมโยงความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และ คณิตศาสตร์ได้	- ตรวจสอบความถูกต้องจากชิ้นงานและใบกิจกรรม	- ชิ้นงาน - ใบกิจกรรม	ผ่านเกณฑ์ร้อยละ ๖๐ ขึ้นไป
ด้านเจตคติ (A)			
๑. นักเรียนมีส่วนร่วมในการทำกิจกรรมในชั้นเรียน	สังเกตพฤติกรรม	แบบสังเกตพฤติกรรม	ผ่าน ๒ ขึ้นไป
๒. นักเรียนมีความรับผิดชอบในงานที่ได้รับมอบหมาย	สังเกตพฤติกรรม	แบบสังเกตพฤติกรรม	ผ่าน ๒ ขึ้นไป

เกณฑ์การประเมิน

พฤติกรรมที่ต้องการวัด	**เกณฑ์การประเมิน**		
	๓	**๒**	**๑**
ด้านคุณลักษณะที่พึงประสงค์ (A) นักเรียนมีความรับผิดชอบต่องานที่ได้รับมอบหมาย	ตรวจสอบความ ถูกต้องของสมุดหรือใบกิจกรรมและส่งใบกิจกรรมในคาบเรียน	ไม่ตรวจสอบความถูกต้องของสมุดหรือใบกิจกรรมแต่ส่งสมุดหรือใบกิจกรรมในคาบเรียน	ไม่ส่งสมุดหรือใบกิจกรรมในคาบเรียน
นักเรียนให้ความร่วมมือในการเรียนการสอน	เข้าเรียนตรงเวลา ตั้งใจเรียน เอาใจใส่ในการเรียน มีส่วนร่วมในการเรียนรู้ และเข้าร่วมกิจกรรมการเรียนรู้ต่างๆ ทั้งภายในและภายนอกโรงเรียนเป็นประจำ	เข้าเรียนตรงเวลา ตั้งใจเรียน เอาใจใส่ในการเรียน มีส่วนร่วมในการเรียนรู้ และเข้าร่วมกิจกรรมการเรียนรู้ต่างๆ บ่อยครั้ง	เข้าเรียนตรงเวลา ตั้งใจเรียน เอาใจใส่ในการเรียน มีส่วนร่วมในการเรียนรู้ และเข้าร่วมกิจกรรมการเรียนรู้ต่างๆเป็นบางครั้ง

๑๑. บันทึกหลังการเรียนการสอน

๑๑.๑ ผลการสอน

.....

.....

.....

.....

.....

๑๑.๒ ปัญหาและอุปสรรค

.....

.....

.....

.....

๑๑.๓ วิธีแก้ไข / ข้อเสนอแนะ

.....

.....

.....

.....

.....

ลงชื่อ.....ผู้บันทึก

(นางสาวอนุสรา พุ่มพิกุล)

แบบบันทึกข้อมูลการออกแบบวิธีการแก้ปัญหา สถานการณ์ที่ ๑
เรื่อง ท่องไปในชั้นบรรยากาศ

กลุ่มที่.....

สมาชิกในกลุ่ม ๑. .....๒. .....

๓.....๔.....

๕. .....๖.....

คำชี้แจง : ให้นักเรียนอ่านสถานการณ์ต่อไปนี้แล้วพิจารณาว่าสถานการณ์พร้อมขีดเส้นใต้ด้วยปากกาสีน้ำเงินตรงประโยคที่เป็นปัญหา และขีดเส้นสีแดงตรงประโยคที่เป็นเงื่อนไข

สถานการณ์ที่ ๑

"นักเรียนเป็นนักบินอวกาศที่ทำงานอยู่ที่องค์การ NASA นักเรียนได้รับมอบหมายให้ทำภารกิจขึ้นไปสำรวจชั้นบรรยากาศของดาวดวงอื่นที่นักเรียนคิดว่าจะมีสิ่งมีชีวิตอาศัยอยู่ จากนั้นต้องรายงานให้นักวิทยาศาสตร์ที่อยู่ในองค์การทราบ โดยการสร้างเป็นโมเดลจำลองเปรียบเทียบความแตกต่างของชั้นบรรยากาศระหว่างดาวโลกกับดาวดวงนั้นมาให้มากที่สุด แล้ววิเคราะห์ว่าบนดาวดวงนั้นจะสามารถมีสิ่งมีชีวิตอยู่ได้หรือไม่ โดยมีเงื่อนไขคือ แบบจำลองที่สร้างต้องมีอัตราส่วนเท่าของจริง"

ปัญหาหรือความต้องการของสถานการณ์

.....

.....

.....

เงื่อนไขหรือข้อจำกัดที่พบ

.....

.....

.....

.....

ความรู้ที่ต้องนำมาใช้ในการออกแบบวิธีการแก้ปัญหา

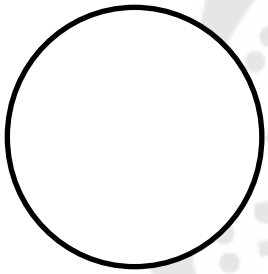
1. ข้อมูลทางกายภาพของดาว เช่น สี มวล เส้นผ่านศูนย์กลาง เป็นต้น

โลก

แหล่งที่มา :

แหล่งที่มา :

แหล่งที่มา :



ดาว.....

แหล่งที่มา :

แหล่งที่มา :

แหล่งที่มา :

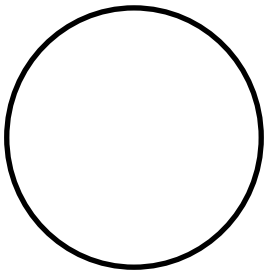
2. องค์ประกอบของบรรยากาศมีอะไรบ้าง

โลก

แหล่งที่มา :

แหล่งที่มา :

แหล่งที่มา :



ดาว……..

แหล่งที่มา :

แหล่งที่มา :

แหล่งที่มา :

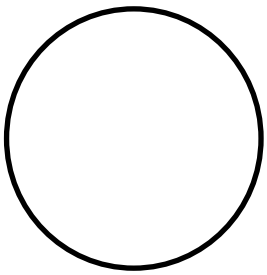
3. บรรยากาศแบ่งออกเป็นกี่ชั้น อะไรบ้าง

โลก

แหล่งที่มา :

แหล่งที่มา :

แหล่งที่มา :



ดาว……..

แหล่งที่มา :

แหล่งที่มา :

แหล่งที่มา :

ข้อมูลที่เลือกใช้เพื่อนำมาสร้างแบบจำลอง

ข้อมูลทางกายภาพของดาว

แหล่งที่มา

องค์ประกอบของบรรยากาศมีอะไรบ้าง

แหล่งที่มา

บรรยากาศแบ่งออกเป็นกี่ชั้น อะไรบ้าง

แหล่งที่มา

ภาพร่างการออกแบบชิ้นงาน/ภาระงาน

ให้นักเรียนอธิบายความรู้และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์และคณิตศาสตร์ ที่นำมาใช้ในการแก้ปัญหา

……

……

……

……

……

……

……

……

แบบวัดความสามารถในการออกแบบวิธีการแก้ปัญหาตามมาตรฐานสะเต็มศึกษา

รายวิชา วิทยาศาสตร์พื้นฐาน รหัสวิชา ว๒๑๑๐๒ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๑

คะแนนเต็ม ๔๐ คะแนน เวลาที่ใช้สอบ ๑ ชั่วโมง

คำชี้แจง: ๑) แบบทดสอบฉบับนี้เป็นแบบทดสอบอัตนัย จำนวน ๒ สถานการณ์ สถานการณ์ละ ๒๐ คะแนน

๒) ให้นักเรียนเติมคำตอบที่ถูกต้อง ลงในกระดาษคำตอบ

.....

สถานการณ์ที่ ๑ รักษ์แหล่งน้ำ

หมู่บ้านช้างใหญ่ เป็นหมู่บ้านที่อยู่ติดกับแม่น้ำเจ้าพระยา ชาวบ้านส่วนใหญ่ประกอบอาชีพจับสัตว์น้ำไปขาย ต่อมามีธุรกิจแพเกิดขึ้นเป็นจำนวนมากและมีบริการให้เช่าแพตกปลา มีผู้คนมาใช้บริการเป็นจำนวนมากและมักจะทิ้งขยะและของเสียลงแม่น้ำ เช่น ถุงพลาสติก เศษอาหาร สิ่งปฏิกูลจากห้องน้ำ เป็นต้น ทำให้น้ำเน่าเสีย ซึ่งมีผลต่อการแพร่พันธุ์ของสัตว์น้ำ จนทำให้ชาวบ้านไม่สามารถจับสัตว์น้ำไปขายได้

๑.๑ จากข้อมูลข้างต้น อะไรคือปัญหาที่**<u>สำคัญที่สุด</u>**ของสถานการณ์ที่กำหนดให้

.....

.....

.....

.....

๑.๒ นักเรียนระบุแนวทางการแก้ปัญหา ๓ วิธี

.....

.....

.....

.....

๑.๓ จากวิธีแก้ปัญหาที่เป็นไปได้ นักเรียนเลือกวิธีแก้ปัญหาใด เพราะอะไรจึงเลือกวิธีนั้น

……

……

……

……

๑.๔ ให้นักเรียนเขียนภาพร่างแสดงวิธีการแก้ปัญหาโดยละเอียด อธิบายแนวคิดในการทำงาน ระบุขนาด วัสดุที่ใช้

๑.๕ ประโยชน์และจุดอ่อนของการออกแบบรวมทั้งความเป็นไปได้และความคิดสำหรับการปรับปรุงต่อไป

……

……

……

……

๑.๖ ให้นักเรียนอธิบายความรู้และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์และคณิตศาสตร์ที่ใช้ในการแก้ปัญหานี้

……

……

……

……

สถานการณ์ที่ ๒ อาชีพนี้ต้องรอด

สุชาติ อาศัยอยู่จังหวัดพระนครศรีอยุธยา ประกอบอาชีพขายปลาเค็มแดดเดียว ได้ทำการตากปลาสำหรับการขายด้วยตัวเอง และขายหมดในปริมาณที่เท่ากันทุกวัน วันหนึ่งสุชาติได้ดูข่าวพยากรณ์อากาศกรมอุตุนิยมวิทยา รายงานว่า ในช่วงวันที่ ๒๕ – ๒๖ เมษายน พ.ศ. ๒๕๖๓ มีพายุฝนฟ้าคะนองร้อยละ ๓๐-๔๐ ของพื้นที่ กับมีลมกระโชกแรง ส่วนมากบริเวณจังหวัดพระนครศรีอยุธยา ลพบุรี สระบุรี กาญจนบุรี สุพรรณบุรี ราชบุรี และนครปฐม สุชาติบอกว่าถึงแม้ว่าฝนตกไม่มีแดด แต่สุชาติก็ต้องมีปลาเค็มแดดเดียวขายทุกวัน

๒.๑ จากข้อมูลข้างต้น อะไรคือปัญหาที่**<u>สำคัญที่สุด</u>**ของสถานการณ์ที่กำหนดให้

.....

.....

.....

.....

๒.๒ นักเรียนระบุแนวทางการแก้ปัญหา ๓ วิธี

.....

.....

.....

.....

.....

๓.๓ จากวิธีแก้ปัญหาที่เป็นไปได้ นักเรียนเลือกวิธีแก้ปัญหาใด เพราะอะไรจึงเลือกวิธีนั้น

……

……

……

……

……

……

……

๓.๔ ให้นักเรียนเขียนภาพร่างแสดงวิธีการแก้ปัญหาโดยละเอียด อธิบายแนวคิดในการทำงาน ระบุขนาด วัสดุที่ใช้

๓.๕ ประโยชน์และจุดอ่อนของการออกแบบรวมทั้งความเป็นไปได้และความคิดสำหรับการปรับปรุงต่อไป

.....

.....

.....

.....

๓.๖ ให้นักเรียนอธิบายความรู้และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์และคณิตศาสตร์ที่ใช้ในการแก้ปัญหานี้

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ข้อสอบวัดผลสัมฤทธิ์

หน่วยที่ 6 กระบวนการเปลี่ยนแปลงลมฟ้าอากาศ

ชื่อ.....ชั้น.....เลขที่.....

คำชี้แจง 1. ข้อสอบเป็นแบบปรนัย 4 ตัวเลือก มีทั้งหมด 20 ข้อ ให้เวลาในการทำ 30 นาที

2. ให้นักเรียนทำเครื่องหมาย X ลงในตัวเลือกที่ถูกต้องที่สุดในกระดาษคำตอบ

1.พื้นที่ใดมีความหนาแน่นของบรรยากาศมากที่สุด

ก.ผิวโลก ข. ยอดเขา

ค.เหวลึก ง. ชายทะเล

2.ชั้นสตาโตสเฟียร์มีแก๊สโอโซนอยู่มาก ซึ่งมีบทบาทสำคัญต่อสิ่งมีชีวิตบนโลกอย่างไร

ก. ใช้ในการหายใจแทนแก๊สออกซิเจน ข. ทำให้เกิดภาวะเรือนกระจก

ค. ดูดซับความร้อนจากพื้นโลก ง. ดูดกลืนรังสีอัลตราไวโอเลต

3.เพราะเหตุใด อุณหภูมิของอากาศบนยอดเขาจึงเย็นกว่าอุณหภูมิของอากาศบริเวณเชิงเขา

ก. บนยอดเขามีลมพัดแรงกว่าเชิงเขา

ข. บนยอดเขาไม่มีต้นไม้บังลม ลมจึงพัดได้แรง

ค. บนยอดเขายิ่งสูงขึ้นไป อุณหภูมิยิ่งต่ำ ความกดอากาศต่ำ

ง. บนยอดเขายิ่งสูงขึ้นไป อุณหภูมิยิ่งต่ำ ความกดอากาศสูง

4.อากาศที่มีความชื้นสัมพัทธ์สูง มีผลตามข้อใด

ก. ตากผ้าแห้งช้า ร่างกายรู้สึกเย็นสบาย

ข. ตากผ้าแห้งเร็ว ร่างกายรู้สึกเย็นสบาย

ค. ตากผ้าแห้งช้า ร่างกายรู้สึกอึดอัดและเหนียวตัว

ง. ตากผ้าแห้งเร็ว ร่างกายรู้สึกอึดอัดและเหนียวตัว

5.บริเวณใดที่ลมเคลื่อนที่ได้เร็วที่สุด

ก.ความกดอากาศแตกต่างกันมากและระยะห่างของพื้นที่น้อย

ข.ความกดอากาศแตกต่างกันน้อยและระยะห่างของพื้นที่มาก

ค.ความกดอากาศแตกต่างกันมากและระยะห่างของพื้นที่มาก

ง.ความกดอากาศแตกต่างกันน้อยและระยะห่างของพื้นที่น้อย

6.นักเรียนสังเกตบนท้องฟ้าพบเมฆสีดำก่อตัวในแนวตั้งหนาทึบ แสดงว่าลักษณะอากาศจะเป็นอย่างไร

ก. กำลังมีฝนตกปรอย ๆ

ข. กำลังมีพายุฝนฟ้าคะนอง

ค. มีหมอกลงจัดและกำลังมีหิมะตก

ง. จะเกิดปรากฏการณ์พระอาทิตย์ทรงกรด

7.เพราะอะไรในฤดูหนาวจึงมีกระแสลมพัดจากประเทศจีนมาสู่ประเทศไทย

ก. ประเทศไทยมีอุณหภูมิต่ำกว่าประเทศจีน

ข. ประเทศไทยมีความชื้นสูงกว่าประเทศจีน

ค. ประเทศไทยมีความกดอากาศสูงกว่าประเทศจีน

ง. ประเทศไทยมีความกดอากาศต่ำกว่าประเทศจีน

8.บุคคลใดที่ไม่ได้พึ่งพาการพยากรณ์อากาศ

ก. สมชาย งดการเดินทางไปเที่ยวหัวหินเพราะคลื่นลมแรง

ข. สมศรี ปลูกยางพาราไว้ที่จังหวัดตรัง

ค. สมพร งดการออกหาปลาในทะเลเพราะเมาคลื่น

ง. สมพงษ์งดการนำเครื่องออกเพราะมีคำเตือนเรื่องลมพัดเฉือน

ใช้ข้อมูลต่อไปนี้ ตอบคำถามข้อ 9

กรมอุตุนิยมวิทยาพยากรณ์อากาศทางวิทยุว่า “ในช่วงวันที่ 27 - 30 มิถุนายน ประเทศไทยมีฝนฟ้าคะนองต่อเนื่องและมีฝนตกหนักบริเวณภาคเหนือ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ภาคตะวันออกและภาคใต้ ส่วนในช่วงวันที่ 29 มิถุนายน - 3 กรกฎาคม ภาคกลางมีฝนฟ้าคะนองร้อยละ 30 - 40 ของพื้นที่”

9.จากการฟังคำพยากรณ์อากาศของกรมอุตุนิยมวิทยาข้างต้น นักเรียนควรวางแผนเดินทางไปท่องเที่ยวในช่วงใดเพื่อเลี่ยงฝนฟ้าคะนอง

ก. ควรเดินทางไปภาคใต้ในช่วงวันที่ 28 - 29 มิถุนายน

ข. ควรเดินทางไปภาคเหนือในช่วงวันที่ 29 - 30 มิถุนายน

ค. ควรเดินทางไปภาคกลางในช่วงวันที่ 30 มิถุนายน - 1 กรกฎาคม

ง. ควรเดินทางไปภาคตะวันออกในช่วงวันที่ 1 กรกฎาคม - 2 กรกฎาคม

10.“บริเวณความกดอากาศสูงทางตอนใต้ของประเทศจีนเคลื่อนตัวลงสู่ตอนเหนือของประเทศไทย”อุณหภูมิจะเป็นอย่างไรถ้าเป็นเดือนมกราคม

ก. อบอุ่น ข. ร้อนขึ้น

ค. เย็นสบาย ง. หนาวเย็นลงอีก

11.เมื่อมีประกาศของกรมอุตุนิยมวิทยาว่าพายุไต้ฝุ่นได้กลายเป็นพายุโซนร้อนไปแล้วประกาศดังกล่าว หมายถึงข้อใด

ก.ความเร็วลมคงเดิม แต่พายุผ่านมหาสมุทร

ข. ความเร็วลมคงเดิม แต่พายุผ่านเข้าสู่แผ่นดิน

ค. ความเร็วลมช้าลงน้อยกว่า 118 กิโลเมตรต่อชั่วโมง

ง. ความเร็วลมมากขึ้นมากกว่า 118 กิโลเมตรต่อชั่วโมง

12.เหตุผลสำคัญที่สุดที่ทำให้เราต้องศึกษาและติดตามการเปลี่ยนแปลงของสภาพอากาศ คืออะไร

ก. เพื่อเป็นข้อมูลในการตัดสินใจสร้างแหล่งกักเก็บน้ำ

ข. เพื่อประโยชน์ในการลงทุนด้านอุตสาหกรรม

ค. เพื่อให้การคมนาคมเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพและปลอดภัย

ง. เพื่อป้องกันอันตรายที่อาจจะเกิดจากปรากฏการณ์ทางลมฟ้าอากาศ

13.บุคคลในข้อใดที่จำเป็นต้องใช้ข้อมูลจากการพยากรณ์อากาศในการประกอบอาชีพมากที่สุด

ก. คนขับรถกับพ่อค้า ข. นักวิจัยกับพยาบาล

ค. ชาวประมงกับนักบิน ง. เกษตรกรกับช่างก่อสร้าง

14.เหตุใดเราควรศึกษาสภาพอากาศก่อนออกเดินทางมากที่สุด

ก.ช่วยให้เตรียมเสื้อผ้าหรืออุปกรณ์ต่าง ๆ ได้เหมาะสม

ข.ช่วยให้ประหยัดค่าใช้จ่ายในการเดินทาง

ค.ช่วยให้เดินทางไปยังสถานที่ต่างๆได้เร็วขึ้น

ง.ช่วยให้ไม่หลงทาง สามารถเลือกเส้นทางได้ถูกต้อง

15.เราสามารถช่วยลดภาวะโลกร้อนได้ด้วยการปฏิบัติตามข้อใด

ก. ไปทำบุญรักษาศีลในวันหยุด ข. ลดปริมาณการใช้ถุงพลาสติก

ค. ใช้รถยนต์ในการเดินทางเป็นประจำ ง. เปิดแอร์ที่อุณหภูมิต่ำกว่า 25 องศา

16. ข้อใดไม่ใช่ วิธีการลดภาวะโลกร้อน

ก.การใช้ถุงผ้าแทนการใช้ถุงพลาสติก

ข.การใช้จักรยานเวลาต้องการไปสถานที่ใกล้ ๆ

ค.เมื่อทานอาหารไม่หมด นำไปเทใส่ภาชะรวมเศษอาหาร

ง.ใช่กล่องข้าวหรือปิ่นโต ใส่อาหารแทนการใช้กล่องโฟม

17.การเกิดรูโหว่โอโซนมีผลต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อมอย่างไร

A = ทำให้อุณหภูมิของอากาศสูงขึ้น

B = ทำให้เกิดโรคมะเร็งผิวหนัง ต้อกระจก

C = ทำให้เกิดพายุ ฝนตกหนัก ฟ้าคะนอง

D = ทำให้รังสียูวีผ่านมายังโลกได้มากขึ้น

ก..A , B A , B , C

ค. A , B , D ง. A , B , C และ D

18.ข้อใดเป็นพฤติกรรมลดภาวะโลกร้อน

ก.ปิดไฟทุกครั้งหลังใช้งานเสร็จ

ข.เปิดไฟให้สว่างทั้งบ้านเพื่อให้มีแสงสว่างเพียงพอ

ค.เปิดเครื่องปรับอากาศอุณหภูมิต่ำ ๆ เพื่อให้อากาศเย็นขึ้น

ง.ร้านค้าใช้โฟมใส่อาหารแทนจาน เพื่อประหยัดเวลาในการเก็บล้าง

19.การกระทำในข้อใดส่งผลกระทบต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของอากาศมากที่สุด

ก.การใช้เครื่องปรับอากาศ ข.การเลี้ยงสัตว์

ค.การใช้รถยนต์ ง.การใช้โฟมใส่อาหาร

20.อุณหภูมิโลกสูงขึ้น ระดับน้ำทะเลสูงขึ้น ส่งผลกระทบต่อด้านใดมากที่สุด

ก.ส่งผลกระทบด้านประมง

ข.ส่งผลให้สัตว์น้ำจืดตายมากขึ้น

ค.ส่งผลให้มีน้ำจืดใช้น้อยลง เนื่องจากน้ำเค็มมาแทนที่

ง.ส่งผลให้เกิดภัยธรรมชาติมากขึ้น เช่น เกิดไฟป่า น้ำท่วม

แบบวัดความพึงพอใจของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยรูปแบบปัญหาเป็นฐาน ตามแนวทางสะเต็มศึกษา ที่เน้นกระบวนการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๑

คำชี้แจง แบบวัดความพึงพอใจชุดนี้ เป็นส่วนหนึ่งของการวิจัย มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความพึงพอใจของนักเรียน ที่มีต่อการจัดการเรียนรู้ด้วยรูปแบบปัญหาเป็นฐานตามแนวทางสะเต็มศึกษา ที่เน้นกระบวนการคิดอย่างมีวิจารณญาณ เพื่อนำผลการวิจัยไปวิเคราะห์และปรับปรุง ไม่มีผลต่อคะแนนหรือผลการเรียนในโรงเรียนแต่อย่างใด แบบวัดความพึงพอใจมี ๒ ตอน ประกอบด้วย

ตอนที่ ๑ แบบวัดความพึงพอใจที่มีต่อการจัดการเรียนรู้ด้วยรูปแบบปัญหาเป็นฐานตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการคิดอย่างมีวิจารณญาณ

ตอนที่ ๑ แบบวัดความพึงพอใจที่มีต่อการจัดการเรียนรู้ด้วยรูปแบบปัญหาเป็นฐานตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการคิดอย่างมีวิจารณญาณ

คำชี้แจง หลังจากที่ผู้เรียนได้รับการจัดการเรียนรู้หน่วยที่ ๖ เรื่อง กระบวนการเปลี่ยนแปลงลมฟ้าอากาศ ผู้เรียนมีความพึงพอใจอย่างไร ให้ทำเครื่องหมาย ✓ ให้ตรงกับความคิดเห็นของนักเรียน

ข้อที่	รายการ	ระดับความพึงพอใจ				
		มากที่สุด	มาก	ปานกลาง	น้อย	น้อยที่สุด
ด้านบรรยากาศ						
๑	บรรยากาศของการเรียนเปิดโอกาสให้นักเรียนมีส่วนร่วมในการทำกิจกรรม					
๒	บรรยากาศของการเรียนทำให้นักเรียนมีความรับผิดชอบต่อตนเอง และกลุ่ม					
๓	บรรยากาศของการเรียนทำให้นักเรียนมีความกระตือรือร้นในการเรียน					
๔	บรรยากาศของการเรียนเปิดโอกาสให้นักเรียนได้แสดงความคิดเห็น					

ข้อที่	รายการ	ระดับความพึงพอใจ				
		มากที่สุด	มาก	ปานกลาง	น้อย	น้อยที่สุด
๕	บรรยากาศของการเรียนทำให้นักเรียนได้ใช้กระบวนการคิดที่เป็นเหตุเป็นผลในการตัดสินใจ					
๖	บรรยากาศในการเรียนมีความสนุกสนาน ไม่ตึงเครียด เหมาะแก่การเรียนรู้					
ด้านการจัดการเรียนรู้						
๗	กิจกรรมการเรียนรู้มีความเหมาะสมกับเนื้อหา					
๘	กิจกรรมการเรียนรู้ทำให้นักเรียนเข้าใจเนื้อหาได้ง่ายขึ้น					
๙	กิจกรรมการเรียนรู้ส่งเสริมให้นักเรียนได้แลกเปลี่ยนความรู้ความคิด					
๑๐	กิจกรรมการเรียนรู้ส่งเสริมการคิดและตัดสินใจโดยใช้เหตุผล					
๑๑	กิจกรรมการเรียนรู้ทำให้นักเรียนได้รู้จักการวางแผนและออกแบบวิธีการแก้ปัญหา					
๑๒	กิจกรรมการเรียนรู้ช่วยให้สามารถออกแบบวิธีการแก้ปัญหาได้อย่างมีประสิทธิภาพ					
๑๓	กิจกรรมการเรียนรู้ส่งเสริมให้นักเรียนทำงานร่วมกับผู้อื่น					
๑๔	การจัดการเรียนรู้ทำให้การเรียนวุ่นวาย					
๑๕	การจัดการเรียนรู้ช่วยให้นักเรียนสร้างความรู้ความเข้าใจด้วยตนเองได้					
๑๖	การจัดการเรียนรู้ส่งเสริมให้นักเรียนสามารถออกแบบการแก้ปัญหาไปใช้ในชีวิตประจำวันได้					
ด้านครูผู้สอน						
๑๗	ครูส่งเสริมให้นักเรียนหาความรู้หรือข้อมูลจากแหล่งที่น่าเชื่อถือ					

ข้อที่	รายการ	ระดับความพึงพอใจ				
		มากที่สุด	มาก	ปานกลาง	น้อย	น้อยที่สุด
๑๘	ครูส่งเสริมให้นักเรียนมีเหตุผลก่อนตัดสินใจเชื่อข้อมูลต่าง ๆ					
๑๙	ครูส่งเสริมให้นักเรียนมีเหตุผลในการเลือกข้อมูลมาใช้แก้ปัญหา					

ตอนที่ ๒ ข้อเสนอแนะอื่น ๆ เพิ่มเติม

……

……

……

……

……

……

……

……

……

……

……

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-สกุล	นางสาวอนุสรา พุ่มพิกุล
วัน เดือน ปี เกิด	10 ต.ค. 2535
สถานที่เกิด	พระนครศรีอยุธยา
วุฒิการศึกษา	การศึกษาบัณฑิต (กศ.บ.)
ที่อยู่ปัจจุบัน	10 ม.6 ต.ศาลาลอย อ.ท่าเรือ จ.พระนครศรีอยุธยา 13130