



การพัฒนา รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาที่บูรณาการการสร้างข้อโต้แย้ง (6E+A) เพื่อ  
ส่งเสริมทักษะการแก้ปัญหาทางสะเต็มของนักศึกษาปริญญาตรี

THE DEVELOPMENT OF STEM EDUCATION INTEGRATED ARGUMENTATION  
LEARNING MODEL (6E+A) TO ENHANCE STEM PROBLEM SOLVING SKILLS OF  
UNDERGRADUATE STUDENTS

นิภาพร ช่วยธานี

บัณฑิตวิทยาลัยมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

การพัฒนา รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาที่บูรณาการการสร้างข้อโต้แย้ง  
(6E+A) เพื่อส่งเสริมทักษะการแก้ปัญหาทางสะเต็มของนักศึกษาปริญญาตรี



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร  
การศึกษาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา  
ศูนย์วิทยาศาสตร์ศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ  
ปีการศึกษา 2562  
ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

THE DEVELOPMENT OF STEM EDUCATION  
INTEGRATED ARGUMENTATION LEARNING MODEL (6E+A) TO ENHANCE  
STEM PROBLEM SOLVING SKILLS OF UNDERGRADUATE STUDENTS



A Dissertation Submitted in partial Fulfillment of Requirements  
for DOCTOR OF EDUCATION (Science Education)  
Science Education Center Srinakharinwirot University

2019

Copyright of Srinakharinwirot University

ปริญญานิพนธ์

เรื่อง

การพัฒนา รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาที่บูรณาการการสร้างข้อโต้แย้ง (6E+A) เพื่อส่งเสริมทักษะ  
การแก้ปัญหาทางสะเต็มของนักศึกษาปริญญาตรี

ของ

นิภาพร ช้วยธานี

ได้รับอนุมัติจากบัณฑิตวิทยาลัยให้นับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร  
ปริญญาการศึกษาดุสิตบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา  
ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

(รองศาสตราจารย์ นายแพทย์ฉัตรชัย เอกปัญญาสกุล)

คณะกรรมการสอบปากเปล่าปริญญานิพนธ์

..... ที่ปรึกษาหลัก  
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธีรพงษ์ แสงประดิษฐ์)

..... ประธาน  
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ทัศนิน วรรณเกตศิริ)

..... ที่ปรึกษาร่วม  
(อาจารย์ ดร.พินิจ ขำวงษ์)

..... กรรมการ  
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชนินันท์ พฤษทรัพย์ประมุข)

ชื่อเรื่อง	การพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาที่บูรณาการการสร้างข้อโต้แย้ง (6E+A) เพื่อส่งเสริมทักษะการแก้ปัญหาทางสะเต็มของนักศึกษาปริญญาตรี
ผู้วิจัย	นิภาพร ช่วยธานี
ปริญญา	การศึกษาศาสตรบัณฑิต
ปีการศึกษา	2562
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. อีรพงษ์ แสงประดิษฐ์

การวิจัยครั้งนี้วัตถุประสงค์เพื่อ 1) พัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาที่บูรณาการการสร้างข้อโต้แย้ง (6E+A) เพื่อส่งเสริมทักษะการแก้ปัญหาทางสะเต็มของนักศึกษาปริญญาตรี 2) ศึกษาผลการใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้ และ 3) เพื่อศึกษาความพึงพอใจของผู้เรียนต่อรูปแบบการจัดการเรียนรู้ กลุ่มที่ศึกษาในการวิจัยครั้งนี้ เป็นนักศึกษาปริญญาตรีชั้นปีที่ 1-2 ของมหาวิทยาลัยแห่งหนึ่งใน จ.ตรัง ที่สมัครเข้าร่วมกิจกรรมเสริมหลักสูตรรายวิชาฟิสิกส์พื้นฐาน ในภาคการศึกษาที่ 3 ปีการศึกษา 2561 จำนวน 20 คน โดยวิธีการเลือกแบบตามสะดวก เครื่องมือวิจัย ประกอบด้วย 1) แผนการจัดการเรียนรู้ตามขั้นตอนของรูปแบบการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาที่บูรณาการการสร้างข้อโต้แย้ง (6E+A) จำนวน 4 แผน ใช้เวลา 20 ชั่วโมง 2) แบบวัดทักษะการแก้ปัญหาทางสะเต็ม เป็นข้อสอบชนิดคำถามปลายเปิด 3) แบบประเมินความพึงพอใจของผู้เรียน วิเคราะห์ด้วยการเปรียบเทียบค่าคะแนนเฉลี่ยทักษะการแก้ปัญหาทางสะเต็มก่อนและหลังเรียนด้วยการทดสอบสถิติที่กลุ่มตัวอย่างไม่อิสระต่อกัน และใช้การวิเคราะห์เนื้อหาจากคำตอบเพื่อสรุปประเด็นตามตัวชี้วัดทั้ง 5 ตัวชี้วัด ผลการวิจัย พบว่า 1) รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาที่บูรณาการการสร้างข้อโต้แย้ง (6E+A) เพื่อส่งเสริมทักษะการแก้ปัญหาทางสะเต็มสำหรับนักศึกษาปริญญาตรีประกอบด้วย 7 ขั้นตอน ได้แก่ 1) ขั้นสร้างความสนใจและตรวจสอบความรู้เดิม 2) ขั้นสำรวจและค้นหา 3) ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป 4) ขั้นการโต้แย้ง 5) ขั้นการออกแบบและดำเนินการแก้ปัญหา 6) ขั้นขยายความรู้ และ 7) ขั้นประเมิน 2) ผลคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนของแบบวัดทักษะการแก้ปัญหาทางสะเต็มสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ .05 ซึ่งสอดคล้องกับข้อมูลเชิงคุณภาพ และความก้าวหน้าด้านทักษะการแก้ปัญหาทางสะเต็มโดยภาพรวมอยู่ในระดับปานกลาง และ 3) ความพึงพอใจของผู้เรียนต่อรูปแบบการจัดการเรียนรู้ในแต่ละด้านอยู่ในระดับมาก

คำสำคัญ : รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาที่บูรณาการการสร้างข้อโต้แย้ง (6E+A), ทักษะการแก้ปัญหาทางสะเต็ม

Title	THE DEVELOPMENT OF STEM EDUCATION INTEGRATED ARGUMENTATION LEARNING MODEL (6E+A) TO ENHANCE STEM PROBLEM SOLVING SKILLS OF UNDERGRADUATE STUDENTS
Author	NIPAPORN CHUAYTANEE
Degree	DOCTOR OF EDUCATION
Academic Year	2019
Thesis Advisor	Assistant Professor Theerapong Sangpradit

The aims of this study were as follows: 1) to develop a STEM education integrated argumentation learning model (6E+A) to enhance STEM problem-solving skills of undergraduate students; 2) to study the effects of using the learning model on STEM problem-solving skills; and 3) to study the effects of satisfaction with learning with the model. In this research, the sample consisted of twenty undergraduate students who used to study fundamental Physics course in the first semester of the 2018 academic year and willing to participate in extra course in semester three in the 2018 academic year. The researcher collected data using the following research tools: (1) four lesson plans of the integrated STEM education with argumentation learning model (6E+A), totally twenty hours; (2) STEM problem-solving skills test was an open-ended question; and (3) satisfaction with learning with the model evaluation form. The collected data were analyzed by descriptive statistics comparing pre and post mean score using t-test for dependent sample along with the content analysis from the answers to summarize the points according to five indicators. The research found the following: 1) a STEM education integrated argumentation learning model (6E+A) consisted of seven steps: (1) Engagement and Elicitation; (2) Exploration; (3) Explanation ;(4) Argumentation to find the best solution; (5) Execution; (6) Enrich and; (7) Evaluation. ; 2) the mean scores of the posttest scores on STEM problem-solving skills of the sample which were higher than those before the study at a .05 level of significance and the average normalized gain of STEM problem-solving skills was in the medium gain at 0.412; and 3) Sample's satisfaction on learning with the model was at a high level in all aspects.

Keyword : STEM Education Integrated Argumentation Learning Model (6E+A), STEM problem-solving skills

## กิตติกรรมประกาศ

กราบของพระคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ทศธริน วรณเกตติวิรี ประธานกรรมการควบคุม  
ปริญญาานิพนธ์ และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชนินันท์ พงษ์ประมุข กรรมการควบคุมปริญญาานิพนธ์  
ที่กรุณาเป็นกรรมการสอบปากเปล่า และให้คำแนะนำเพิ่มเติมที่ทำให้ปริญญาานิพนธ์มีความสมบูรณ์  
ยิ่งขึ้น

กราบขอพระคุณผู้เชี่ยวชาญทุกท่านที่ให้ความอนุเคราะห์ในการตรวจและพัฒนา  
เครื่องมือในการวิจัย และให้คำแนะนำที่เป็นประโยชน์ต่อการวิจัยครั้งนี้

กราบขอพระคุณอาจารย์ศูนย์วิทยาศาสตร์ศึกษาทุกท่านที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้  
และให้ความช่วยเหลือ คำแนะนำแก่ผู้วิจัยเป็นอย่างดีเสมอ ขอขอบคุณเพื่อนนิสิตร่วมรุ่น และน้อง ๆ  
เจ้าหน้าที่ศูนย์วิทยาศาสตร์ศึกษาทุกท่านที่คอยช่วยเหลือและเป็นกำลังใจต่อผู้วิจัยเสมอมา

กราบขอพระคุณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัยที่สนับสนุนทุนศึกษาในครั้งนี้

กราบขอพระคุณผู้บริหาร คณาจารย์ และบุคลากรคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการ  
ประมง สำหรับกำลังใจและความปรารถนาดีที่มีให้เสมอ ตลอดจนขอบคุณนักศึกษาทุกคนที่ให้ความ  
ร่วมมือในการทำวิจัยครั้งนี้

สุดท้ายนี้ขอกราบขอพระคุณ บิดา มารดาและทุกคนในครอบครัว ที่ให้ความช่วยเหลือ  
สนับสนุน และเป็นกำลังใจแก่ผู้วิจัยเสมอมา ขอขอบคุณพี่ ๆ เพื่อน ๆ น้อง ๆ ทุกคนสำหรับกำลังใจที่มี  
ให้เสมอมาเช่นกัน ความสำเร็จ ความภาคภูมิใจ คุณค่าและประโยชน์อันเกิดจากปริญญาานิพนธ์ ใน  
ครั้งนี้ ผู้วิจัยขอมอบเป็นเครื่องบูชาแต่บิดา มารดา และบูรพาจารย์ที่ได้อบรมสั่งสอนให้ความรู้แก่  
ผู้วิจัย ตลอดจนผู้มีพระคุณทุกท่าน ผู้วิจัยขอกราบขอพระคุณด้วยความเคารพยิ่ง

นิภาพร ช้วยธานี

## สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย .....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ .....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ .....	ช
สารบัญตาราง.....	ฌ
สารบัญรูปภาพ .....	ฎ
บทที่ 1 บทนำ.....	1
ภูมิหลัง .....	1
คำถามการวิจัย.....	6
ความมุ่งหมายของการวิจัย .....	6
ความสำคัญของการวิจัย .....	6
ขอบเขตของการวิจัย .....	7
นิยามศัพท์เฉพาะ (Definitions) .....	8
กรอบแนวคิดในการวิจัย .....	10
สมมติฐานการวิจัย.....	11
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง .....	12
1. สะเต็มศึกษา (STEM Education) .....	13
2. การโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ .....	34
3. รูปแบบการจัดการเรียนรู้ .....	44
4. รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาที่บูรณาการการสร้างข้อโต้แย้ง (6E+A) เพื่อส่งเสริมทักษะการแก้ปัญหาทางสะเต็ม .....	49



5. ทักษะการแก้ปัญหาทางสะเต็ม .....	55
6. ความพึงพอใจ .....	67
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย.....	71
ชั้นที่ 1 การศึกษาเอกสาร แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย .....	71
ชั้นที่ 2 การพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาที่บูรณาการการสร้างข้อโต้แย้ง (6E+A) เพื่อส่งเสริมทักษะการแก้ปัญหาทางสะเต็ม.....	73
ชั้นที่ 3 สร้างและพัฒนาเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยและเก็บรวบรวมข้อมูล.....	75
ชั้นที่ 4 การนำรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาที่บูรณาการการสร้างข้อโต้แย้ง (6E+A) เพื่อส่งเสริมทักษะการแก้ปัญหาทางสะเต็ม ไปทดลองใช้จริง.....	85
ชั้นที่ 5 การวิเคราะห์ข้อมูล.....	87
บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล .....	93
ตอนที่ 1 ผลการพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาที่บูรณาการการสร้างข้อ โต้แย้ง (6E+A) เพื่อส่งเสริมทักษะการแก้ปัญหาทางสะเต็มสำหรับนักศึกษาปริญญาตรี. 93	
ตอนที่ 2 ผลการใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาที่บูรณาการการสร้างข้อโต้แย้ง (6E+A) เพื่อส่งเสริมทักษะการแก้ปัญหาทางสะเต็มสำหรับนักศึกษาปริญญาตรี .....	96
บทที่ 5 สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ .....	113
สรุปผลการวิจัย.....	116
อภิปรายผลการวิจัย .....	117
ข้อเสนอแนะจากการวิจัย.....	122
บรรณานุกรม .....	124
ภาคผนวก.....	141
ประวัติผู้เขียน.....	196

## สารบัญตาราง

หน้า

ตาราง 1	สรุปองค์ประกอบของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ของนักการศึกษา.....	47
ตาราง 2	การสังเคราะห์ขั้นต้นตอนการเรียนรู้รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาที่บูรณาการ การสร้างข้อโต้แย้ง (6E+A) เพื่อส่งเสริมทักษะการแก้ปัญหาทางสะเต็ม .....	51
ตาราง 3	บทบาทผู้สอนและบทบาทผู้เรียนในขั้นตอนการเรียนรู้ของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ ....	54
ตาราง 4	มาตรฐานด้าน การมีส่วนร่วมในการสืบเสาะ .....	61
ตาราง 5	มาตรฐานด้าน บูรณาการเนื้อหาทางสะเต็มได้.....	61
ตาราง 6	มาตรฐานด้าน ตีความและนำเสนอข้อมูลทางสะเต็มได้.....	62
ตาราง 7	มาตรฐานด้าน มีส่วนร่วมในการให้เหตุผล .....	63
ตาราง 8	แผนการจัดการเรียนรู้หน่วยการเรียนรู้เรื่องแรงและกฎการเคลื่อนที่ของนิวตันงานและ พลังงาน .....	77
ตาราง 9	ผลการความสอดคล้องรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาที่บูรณาการการสร้าง ข้อโต้แย้ง (6E+A) เพื่อส่งเสริมทักษะการแก้ปัญหาทางสะเต็ม .....	95
ตาราง 10	ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของคะแนนทักษะการแก้ปัญหาทางสะเต็มก่อนเรียนและ หลังเรียนของกลุ่มตัวอย่าง .....	98
ตาราง 11	ตัวอย่างและการวิเคราะห์ทักษะการแก้ปัญหาทางสะเต็ม ด้านการกำหนดประเด็น ปัญหาจากแบบวัดและการสัมภาษณ์ (ก่อนเรียน) .....	99
ตาราง 12	ตัวอย่างและการวิเคราะห์ทักษะการแก้ปัญหาทางสะเต็ม ด้านการกำหนดประเด็น ปัญหาจากแบบวัดและการสัมภาษณ์ (หลังเรียน).....	100
ตาราง 13	ตัวอย่างและการวิเคราะห์ทักษะการแก้ปัญหาทางสะเต็ม ด้านการบูรณาการแนวคิด ทางสะเต็ม จากแบบวัดและการสัมภาษณ์ (ก่อนเรียน) .....	102
ตาราง 14	ตัวอย่างและการวิเคราะห์ทักษะการแก้ปัญหาทางสะเต็ม ด้านการบูรณาการแนวคิด ทางสะเต็ม จากแบบวัดและการสัมภาษณ์ (หลังเรียน).....	103

ตาราง 15 ตัวอย่างและการวิเคราะห์ทักษะการแก้ปัญหาทางสะเต็ม ด้านการสร้างข้อคิดเห็นหรือข้อโต้แย้งจากแบบวัดและการสัมภาษณ์ (ก่อนเรียน).....	105
ตาราง 16 ตัวอย่างและการวิเคราะห์ทักษะการแก้ปัญหาทางสะเต็ม ด้านการสร้างข้อคิดเห็นหรือข้อโต้แย้งจากแบบวัดและการสัมภาษณ์ (หลังเรียน) .....	106
ตาราง 17 ตัวอย่างและการวิเคราะห์ทักษะการแก้ปัญหาทางสะเต็ม ด้านการให้เหตุผลในการเลือกวิธีการแก้ปัญหาจากแบบวัดและการสัมภาษณ์ (ก่อนเรียน).....	107
ตาราง 18 ตัวอย่างและการวิเคราะห์ทักษะการแก้ปัญหาทางสะเต็ม ด้านการให้เหตุผลในการเลือกวิธีการแก้ปัญหาจากแบบวัดและการสัมภาษณ์ (หลังเรียน) .....	108
ตาราง 19 ตัวอย่างและการวิเคราะห์ทักษะการแก้ปัญหาทางสะเต็ม ด้านการประเมินความเป็นไปได้ของวิธีการแก้ปัญหาจากแบบวัดและการสัมภาษณ์ (ก่อนเรียน).....	109
ตาราง 20 ตัวอย่างและการวิเคราะห์ทักษะการแก้ปัญหาทางสะเต็ม ด้านการประเมินความเป็นไปได้ของวิธีการแก้ปัญหาจากแบบวัดและการสัมภาษณ์ (หลังเรียน) .....	110
ตาราง 21 การเปรียบเทียบทักษะการแก้ปัญหาทางสะเต็มก่อนและหลังเรียน.....	111
ตาราง 22 ผลการวิเคราะห์ความพึงพอใจของผู้เรียนที่มีต่อการเรียนรู้ด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาที่บูรณาการการสร้างข้อโต้แย้ง (6E+A) เพื่อส่งเสริมทักษะการแก้ปัญหาทางสะเต็ม .....	112

## สารบัญรูปร่าง

	หน้า
ภาพประกอบ 1 กรอบแนวคิดของการวิจัย .....	11
ภาพประกอบ 2 แบบแผนรองรับภายใน (Embedded Design) .....	86
ภาพประกอบ 3 แผนดำเนินการวิจัย .....	92
ภาพประกอบ 4 ผลการประเมินความสอดคล้องรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาที่ บูรณาการการสร้างข้อโต้แย้ง (6E+A) เพื่อส่งเสริมทักษะการแก้ปัญหาทางสะเต็ม (โดยผู้เชี่ยวชาญ).....	145
ภาพประกอบ 5 ผลการประเมินความสอดคล้องและความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้ แบบสะเต็มศึกษาที่บูรณาการการสร้างข้อโต้แย้ง (6E+A) เพื่อส่งเสริมทักษะการแก้ปัญหา .....	147
ภาพประกอบ 6 ผลการประเมินความสอดคล้องและความเหมาะสมของนิยามศัพท์ของทักษะการ แก้ปัญหาทางสะเต็ม (โดยผู้เชี่ยวชาญ) .....	155
ภาพประกอบ 7 ผลการประเมินความสอดคล้องและความเหมาะสมของเกณฑ์การให้คะแนน ประเมินกับตัวชี้วัดทักษะการแก้ปัญหาทางสะเต็ม (โดยผู้เชี่ยวชาญ).....	156
ภาพประกอบ 8 ผลการประเมินความสอดคล้องของข้อคำถามและตัวชี้วัดทักษะการแก้ปัญหาทาง สะเต็มในรูปแบบวัดทักษะการแก้ปัญหาทางสะเต็ม (โดยผู้เชี่ยวชาญ).....	159
ภาพประกอบ 9 ผลการประเมินความสอดคล้องของแบบสอบถามความพึงพอใจ(โดยผู้เชี่ยวชาญ) .....	161
ภาพประกอบ 10 ความเหมาะสมของแบบสอบถามความพึงพอใจ (โดยผู้เชี่ยวชาญ).....	164

## บทที่ 1

### บทนำ

#### ภูมิหลัง

สังคมโลกปัจจุบันเปลี่ยนแปลงไปอย่างรวดเร็ว การดำรงชีวิตหรือการทำงานมีการนำเทคโนโลยีเข้ามาช่วยในการพัฒนางานและการดำเนินชีวิตมากขึ้น หน่วยงานหรือองค์กรต่าง ๆ ต้องการบุคลากรที่มีความคิดสร้างสรรค์ มีความสามารถในการคิดวิเคราะห์ มีทักษะในการแก้ปัญหาซึ่งเป็นทักษะที่จำเป็นในศตวรรษที่ 21 โดยเฉพาะด้านทักษะการแก้ปัญหา ซึ่งเป็นกระบวนการทางปัญญา รวมถึงการรวบรวมข้อมูล วิเคราะห์และตรวจสอบสิ่งที่ได้รับจากการเรียนรู้ เชื่อมโยงความรู้และประสบการณ์กับสถานการณ์ปัญหา เพื่อให้เกิดการเสนอวิธีการแก้ปัญหาที่หลากหลาย ที่ช่วยให้สามารถจัดการกับปัญหา เชนิยสถานการณได้เหมาะสม (กิติมา ปัทมาวิไล & สุเทพ อ่วมเจริญ, 2559; นัสรินทร์ ปือชา, 2558; เบญญาภา คงมาลัย & ศรเนตร อารีโสภณพิเชษฐ, 2558; ศิริพร ครุชกาศ, อัจฉรา ไชยูปถัมภ์, & วัลลภา เทพหัสดิน ณ อยุธยา, 2558; อัมพล พาจรทิศ, มนตรี แย้มกลสิกร, & ทิพย์เกสร บุญอำไพ, 2559)

ซึ่งในปัจจุบันสะเต็มศึกษา (STEM Education) เป็นแนวทางการจัดการเรียนรู้ที่มีความสำคัญต่อการพัฒนาคนในการสร้างสรรค์นวัตกรรมและเทคโนโลยีที่จะช่วยนำพาประเทศให้มีความสามารถในการแข่งขันและยกระดับเศรษฐกิจสอดคล้องกับ นโยบายของรัฐบาลเกี่ยวกับการมุ่งสร้างกำลังคนด้านสะเต็ม เพื่อยกระดับประเทศเข้าสู่ประเทศไทย 4.0 ที่เน้นการพัฒนาประเทศด้วยนวัตกรรม ส่งเสริมเศรษฐกิจของประเทศไทยไปสู่ระดับรายได้สูงในอนาคต (Jones, 2017; Morrison, 2006; ธนาคารโลกภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงและแปซิฟิก, 2554; มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนดุสิต, พ.ศ.2556; ยงยุทธ แฉล้มวงษ์, 2560) ดังนั้นการกระตุ้นให้สังคมตระหนักถึงความสำคัญของการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาจะก่อให้เกิดกลไกในการพัฒนากำลังคนด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและนวัตกรรมให้แก่สังคม (คณะกรรมการการสื่อสารมวลชน การวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสารสนเทศ สถาบันบัญญัติแห่งชาติ, 2558) สะเต็มศึกษาเป็นแนวทางการจัดการเรียนรู้ที่มุ่งให้ผู้เรียนสามารถเชื่อมโยงความรู้จากชั้นเรียนสู่ชีวิตจริงและการทำงานได้ มีทักษะการปฏิบัติงาน ทักษะการคิดแก้ปัญหา ความคิดริเริ่มสร้างสรรค์และความสามารถในการสร้างนวัตกรรม (สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ, 2545) สอดคล้องกับทิศทางการพัฒนาโมเดลประเทศไทย 4.0 ว่าด้วยการเตรียมคนไทย ให้เป็นมนุษย์ที่สมบูรณ์ในศตวรรษที่ 21 ที่เปลี่ยนจากผู้ที่มีความรู้ ความสามารถและทักษะที่จำกัด เป็นผู้ที่มีความรู้และทักษะในระดับสูง มีความคิดสร้างสรรค์ มีความคิดในการสร้างสรรค์นวัตกรรม (กองบริหารงานวิจัยและประกัน

คุณภาพการศึกษา, 2559; โปยม จันทรน้อย, 2560) ซึ่งกรอบแนวทางการปฏิรูปการศึกษาจากร่างแผนการปฏิรูปการศึกษา พ.ศ.2558–2564 ได้กำหนดกรอบการปฏิรูปการศึกษาในประเด็นด้านการผลิตและพัฒนากำลังคนเพื่อเพิ่มศักยภาพการแข่งขัน และจากสรุปผลรายงานเกี่ยวกับข้อเสนอเชิงนโยบายสะเต็มศึกษา ว่าด้วยการสร้างกำลังคนที่มีคุณภาพด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์จะช่วยเพิ่มขีดความสามารถระดับสากล โดยให้นักศึกษาที่เรียนจบในระดับอุดมศึกษาเป็นแรงงานที่มีคุณภาพ มีความสามารถด้านการบูรณาการความรู้ ทักษะด้านเทคนิคและทักษะการคิดเชิงวิเคราะห์ที่จำเป็นโดยสามารถประยุกต์ใช้เทคโนโลยีที่มีอยู่ในปัจจุบันและสามารถมีส่วนร่วมในการสร้างสรรค์นวัตกรรมได้ (คณะกรรมการการสื่อสารมวลชน การวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสารสนเทศ สถาบันบัญญัติแห่งชาติ, 2558; คณะทำงานปฏิรูปด้านการศึกษาของที่ประชุมอธิการบดีแห่งประเทศไทย (ทปอ), มปป) ดังนั้น การจัดการเรียนรู้ในระดับอุดมศึกษาควรส่งเสริมผู้เรียนให้เชื่อมโยงความรู้ระหว่างศาสตร์ โดยมุ่งเน้นมุ่งเน้นให้ผู้เรียนพัฒนาทักษะการคิดวิเคราะห์และทักษะการแก้ปัญหาเป็นพื้นฐานให้ผู้เรียนสามารถจัดการแก้ไขปัญหาและการเผชิญสถานการณ์ได้อย่างเหมาะสม เห็นคุณค่าของการเรียนและสามารถนำองค์ความรู้มาใช้ในการแก้ปัญหาในชีวิตประจำวัน เพื่อพัฒนาศักยภาพการทำงานในอนาคตโดยใช้แนวทางสะเต็มศึกษา (Lou, Shih, Diez, & Tseng, 2011; เกียรติชัย พงษ์พานิชย์, 2560; ชุมชัย & คำเพ็ง, 2559; พรหทัย ตันต์จิตานนท์ & พีระ จุหน่ายสุวรรณ, 2556; สุพรรณิ ชาญประเสริฐ, 2558) ถึงแม้ว่าการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา จะส่งเสริมผู้เรียนนำความรู้ทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ที่ได้เรียนรู้ในชั้นเรียนประยุกต์ร่วมกับความรู้ทางเทคโนโลยีและความรู้ทางวิศวกรรม เพื่อหาวิธีการแก้ปัญหาหรือพัฒนาชิ้นงาน แต่พบว่าประเด็นปัญหาของการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาคือ ผู้เรียนไม่สามารถเชื่อมโยงระหว่างความรู้เดิมกับความรู้ใหม่ และขาดการบูรณาการความรู้ระหว่างศาสตร์ทางวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมและคณิตศาสตร์ในกระบวนการแก้ปัญหา ซึ่งพบว่า ผู้เรียนส่วนใหญ่มักนำเฉพาะแนวคิดทางวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์มาใช้เป็นข้อมูลในการแก้ปัญหา (Chiu & Linn, 2011; Johnson, Onwuegbuzie, & Onwuegbuzie, 2004; Silk & Schunn) ทำให้ได้วิธีแก้ปัญหาทางสะเต็มที่มีข้อจำกัด วิธีแก้ปัญหาไม่หลากหลายและไม่สามารถนำไปแก้ปัญหาได้อย่างสมบูรณ์ แสดงให้เห็นว่าผู้เรียนขาดทักษะการแก้ปัญหาทางสะเต็ม ซึ่งแนวทางที่ส่งเสริมความเข้าใจเกี่ยวกับการเชื่อมต่อระหว่างเนื้อหา และส่งเสริมผู้เรียนให้มีทักษะการแก้ปัญหาทางสะเต็มนั้นได้แก่กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมที่เน้นผู้เรียนเรียนรู้ผ่านกระบวนการคิดสร้างสรรค์ การลงมือปฏิบัติเพื่อแก้ปัญหาอย่างเป็นขั้นตอน สามารถคิดเพื่อสร้างองค์ความรู้ สืบค้นความรู้จาก

แหล่งต่าง ๆ มีการวิเคราะห์และตัดสินใจจากสถานการณ์ปัญหา คิดค้นหาวิธีการหรือแนวทางที่หลากหลายภายใต้กรอบเงื่อนไขของสถานการณ์ปัญหาที่พบเจอ และสามารถนำแนวทางหรือวิธีการนั้นมาใช้ในการแก้ปัญหา (Nyet Moi Siew, 2017; สิริวิภา กิจเกื้อกูล, 2558b; อภิสัทธี ธงไชย, 2559; อุมพร จารสมบัติ, 2557) โดยเปิดโอกาสผู้เรียนคิดเชื่อมโยงเนื้อหาที่เรียนกับชีวิตจริง แก้ปัญหาในสถานการณ์จริงโดยทำควบคู่กับการสอนเนื้อหาปกติ และสนับสนุนให้ผู้เรียนได้ร่วมกันทำงานกลุ่มเพื่อให้มีการพูดคุยอธิบายและแลกเปลี่ยนแนวคิดหรือคำตอบของปัญหาร่วมกัน ทำให้ผู้เรียนเกิดทักษะการแก้ปัญหา (Davis, 2003; Linn, Lee, Tinker, Husic, & Chiu, 2006; เกียรติชัย พงษ์พาณิชย์, 2560; เวชฤทธิ์ อังกนะภัทรรจ, 2551)

สำหรับการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษา มีรูปแบบการสอนหลายรูปแบบที่ครูไทยนิยมนำมาเป็นแนวทางการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษา ไม่ว่าจะเป็นรูปแบบการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน (Problem-based Learning) รูปแบบการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐาน (Project-based Learning) กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม (Engineering Design Process) การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้นตอน (5E) (Bybee, 2009; Lou et al., 2011; Morgan, Moon, & Barroso., 2013; ชญานนท์ คันทมาตย์ & มณฑา ชุ่มสุคนธ์, 2561; ดวงพร อิมแสงจันทร์, 2555)

และนอกจากนี้พบว่ารูปแบบการเรียนรู้แบบ 6E (The 6E Learning by Design) ก็เป็นอีกหนึ่งรูปแบบที่มีการนำมาใช้เป็นแนวทางในการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษา จากการศึกษา รูปแบบดังกล่าวพบว่าเป็นรูปแบบการเรียนรู้ที่พัฒนามาจากรูปแบบการเรียนรู้แบบ 5E (Burke, 2014) ซึ่งเป็นรูปแบบที่นักการศึกษาและครูไทยมีความคุ้นเคย เนื่องจากเป็นรูปแบบการเรียนรู้ที่แนะนำโดยสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2557) แต่ Burke ให้ความเห็นว่าการจัดการเรียนรู้แบบ 5E นั้นไม่สามารถเป็นแนวทางในการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาได้อย่างที่สมบูรณ์ เนื่องจากยังไม่สามารถแสดงให้เห็นการบูรณาการเทคโนโลยีและวิศวกรรมได้อย่างชัดเจน และไม่สามารถนำความรู้ไปแก้ปัญหาได้อย่างมีประสิทธิภาพ แต่รูปแบบการเรียนรู้แบบ 6E นั้น เป็นรูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่ให้ผู้เรียนได้เรียนรู้เกี่ยวกับหลักการ ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับเนื้อหา ก่อน จากนั้นผู้เรียนได้ออกแบบชิ้นงานหรือออกแบบวิธีแก้ปัญหา สร้างแบบจำลอง ปรับปรุง และประเมินผลงานในฐานะวิศวกรรมอย่างแท้จริง 5E (Burke, 2014) ซึ่งรูปแบบการเรียนรู้แบบ 6E นั้น มีจุดเด่นอยู่ที่ขั้นตอนการออกแบบเชิงวิศวกรรมที่เน้นการนำความรู้ทางวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์มาออกแบบวิธีแก้ปัญหาหรือสร้างชิ้นงาน ถึงแม้ว่าการจัดการเรียนเรียนรู้สะเต็มศึกษาจะส่งเสริมให้ผู้เรียนได้บูรณาการความรู้ระหว่างศาสตร์ได้ แต่พบว่ารูปแบบการจัดการเรียนรู้ดังกล่าวไม่ได้ระบุชัดเจนว่า

การสอนสะเต็มควรส่งเสริมให้มีการโต้แย้ง ซึ่งผู้สอนอาจไม่ได้จัดกิจกรรมที่เป็นการโต้แย้งหรือ ละเอียดไป ส่งผลให้ผู้เรียนไม่มีการวางแผน ไม่ทำการออกแบบ และไม่สามารถบูรณาการแนวคิด ทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยีและวิศวกรรมศาสตร์ได้ จึงส่งผลให้ผู้เรียนส่วนใหญ่ ออกแบบวิธีแก้ปัญหาไม่ถูกหรือบางครั้งเลือกวิธีแก้ปัญหาที่เหมาะสมที่สุดไม่ได้ ซึ่งเป็นจุดอ่อนของ การแก้ปัญหาของการเรียนสะเต็ม (M. C. Linn & B.-S. Eylon, 2011; Lou et al., 2011) ทั้งที่การ ส่งเสริมให้มีการโต้แย้งนั้นสามารถช่วยให้ผู้เรียนสามารถแก้ปัญหาได้

จากปัญหาดังกล่าว M. C. Linn and B. S. Eylon (2011) ได้เสนอแนวทางในการ ส่งเสริมผู้เรียนให้นำความรู้ต่าง ๆ ร่วมกันหาวิธีแก้ปัญหาที่เหมาะสมที่สุด นั่นคือ การสร้างข้อ โต้แย้ง (Argumentation) ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดของนักการศึกษา ที่ได้กล่าวว่า การสร้างข้อ โต้แย้งเป็นแนวทางการส่งเสริมทักษะการแก้ปัญหาและการบูรณาการความรู้ของผู้เรียน (Bell & Linn, 2000; Kim, Anthony, & Blades, 2012) และนอกจากนี้ สำนักงานคณะกรรมการวิจัย แห่งชาติ NRC (2013) กล่าวว่า การปฏิบัติการทางวิศวกรรมศาสตร์ควรสนับสนุนให้มีการโต้แย้ง ด้วยหลักฐาน (Engaging in Argument from Evidence) ซึ่งประกอบด้วย การนำหลักฐานหรือ ข้อมูลมาสร้างข้อโต้แย้งที่แสดงถึงวิธีการแก้ปัญหาที่เป็นไปได้ เปรียบเทียบความแตกต่าง ประเมิน ข้อโต้แย้งของบุคคลอื่นเพื่อช่วยให้ค้นพบวิธีการแก้ปัญหาที่เหมาะสมที่สุด และกำหนดหรือสร้าง วิธีการแก้ปัญหาเพื่อนำไปออกแบบเพื่อให้แก้ปัญหาได้ (Council, 2012; Janjua & Hussain, 2013; Linn et al., 2006; Tempich, Studer, Simperl, Luczak, & Pinto, 2007; จรรยา ดาสา, 2560; สิริินภา กิจเกื้อกูล, 2558a; อภิลิทธิ ธงไชย, 2559) นอกจากนี้ยังสอดคล้องกับแนวปฏิบัติ ทางวิทยาศาสตร์และวิศวกรรมจากมาตรฐานการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ยุคใหม่ของประเทศ สหรัฐอเมริกาที่ได้สนับสนุนแนวทางปฏิบัติด้านการส่งเสริมผู้เรียนมีส่วนร่วมในการโต้แย้งทาง วิทยาศาสตร์จากหลักฐานที่หามาได้ (Engaging in argument from evidence) โดยกล่าวว่า การศึกษาวิศวกรรมนั้นการให้เหตุผลและการโต้แย้งมีความจำเป็นในการกำหนดวิธีการแก้ปัญหา ที่เหมาะสมที่สุด และนำไปสู่การออกแบบวิธีการแก้ปัญหา ซึ่งเป็นแนวทางปฏิบัติที่แสดงให้เห็นว่า การสร้างข้อโต้แย้งเป็นเทคนิคสำคัญที่จะส่งเสริมทักษะการแก้ปัญหาทางสะเต็มได้ โดยผู้เรียน สามารถเชื่อมโยงความรู้เดิมกับความรู้ใหม่และบูรณาการแนวคิดทางสะเต็มนำไปสู่การหาวิธีการ แก้ปัญหาที่เหมาะสมได้ ซึ่งแนวปฏิบัติดังกล่าวสามารถส่งเสริมผู้เรียนทุกระดับการศึกษาให้ ความสามารถในการบูรณาการความรู้ทางสะเต็มและเกิดทักษะการแก้ปัญหาทางสะเต็มได้ (NRC, 2013)



ในระดับอุดมศึกษาการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมทักษะการแก้ปัญหาทางสะเต็มมีความสำคัญมากเพราะเป็นการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมผู้เรียนได้ฝึกแก้ปัญหา การทำงานเป็นทีม สามารถบูรณาการหรือเชื่อมโยงแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี คณิตศาสตร์ผ่านกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมที่เหมาะสมเพื่อสร้างสรรค์ผลงานหรือวิธีแก้ปัญหา เป็นแนวทางการจัดการเรียนรู้ที่เหมาะสมกับรายวิชาฟิสิกส์ เนื่องจากศาสตร์ต่าง ๆ ในเชิงวิทยาศาสตร์และวิศวกรรมศาสตร์ ล้วนใช้ความรู้ทางฟิสิกส์ช่วยในการวางแผน วิเคราะห์ แก้ปัญหาทั้งในภาครัฐและภาคอุตสาหกรรมตลอดจนการสร้างนวัตกรรมและเทคโนโลยีใหม่ๆ จากการศึกษาการจัดการเรียนรู้ในระดับอุดมศึกษาในปัจจุบัน พบว่า ส่วนใหญ่เป็นจัดการเรียนรู้ที่เน้นการสอนเนื้อหาแบบบรรยาย มุ่งเน้นการท่องจำสมการต่าง ๆ แก่โจทย์ปัญหามากกว่าส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดการพัฒนาทักษะทางปัญญาและความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ และมีผู้เรียนเป็นกลุ่มใหญ่ ไม่ได้เน้นการพัฒนาทักษะการแก้ปัญหา ส่งผลให้ผู้เรียนไม่สามารถประยุกต์แนวคิดเกี่ยวกับฟิสิกส์ร่วมกับแนวคิดอื่น ๆ ที่จำเป็นในการอธิบายเหตุการณ์ในชีวิตประจำวันได้ (ชุมชัย & คำเพ็ง, 2559; มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, 2559; สถาบันวิจัยเพื่อพัฒนาประเทศไทย, 2557; สมาคมฟิสิกส์ไทย, 2551; สุระ วุฒิพรหม & มานะ ชาติมন্ত্রী, 2558) ซึ่งทบวงมหาวิทยาลัย (2543: 10) ได้ระบุแนวทางการปฏิรูปการเรียนการสอนระดับอุดมศึกษา ในด้านผู้เรียนโดยเน้นผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง โดยกำหนดคุณลักษณะของบัณฑิตที่พึงประสงค์เพื่อนำไปสู่เป้าหมายการผลิตบัณฑิตที่ชัดเจนและมีคุณภาพ ปลูกฝังและพัฒนาทักษะด้านการคิดอย่างมีวิจารณญาณ การคิดวิเคราะห์ การแก้ปัญหา และพัฒนาทักษะในการคัดเลือกข้อมูลโดยการวิเคราะห์ สังเคราะห์ (NRC, 2013; สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ, 2545; สุภัชฉาน ศรีเยี่ยม, 2556)

จะเห็นได้ว่าการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษานั้นสอดคล้องกับแนวคิดดังกล่าว โดยเฉพาะด้านทักษะการแก้ปัญหาในช่วงระดับอุดมศึกษามีความจำเป็นอย่างยิ่ง ต่อการทำงานในระดับวิชาชีพ เนื่องจากเป็นพื้นฐานในการส่งเสริมผู้เรียนได้ฝึกแก้ปัญหา (Problem Solving) ฝึกการคิดเชิงระบบ (Systems Thinking) และการคิดวิเคราะห์ (Critical Thinking) มุ่งเน้นการทำงานเป็นทีม นำเอาองค์ความรู้โดยเฉพาะวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยีมาประยุกต์ใช้เพื่อสร้างสรรค์ผลงาน และเชื่อมโยงกับโลกความเป็นจริง (สุธีระ ประเสริฐสุวรรณ, 2558; อภิลิทธิ์ ธงไชย, 2556) สามารถจัดการแก้ไขปัญหา เชนิยสถานการณ์ได้อย่างเหมาะสม และเป็นนักจัดการความรู้ที่มีประสิทธิภาพในองค์กรต่าง ๆ ของสังคม (Jamaludin & Hung, 2017; Khalil & Osman, 2017; Phillips, McCallum, Clemmer, & Zachariah, 2016; เบญญาภา คงมาลัย & ศรเนตร อารีโสภณพิเชษฐ, 2558; อัจฉรา ไชยบุถัมภ์, 2550) ดังนั้น ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยจึงมี

ความสนใจที่จะพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ เพื่อส่งเสริมทักษะการแก้ปัญหาทางสะเต็มของ นักศึกษาระดับปริญญาตรี โดยนำรูปแบบการเรียนรู้สะเต็มแบบ 6E ของ Burke มาบูรณาการ ร่วมกับกระบวนการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์โดยใช้กระบวนการโต้แย้งของ Corey A. Mathis, Siverling, Glancy, and Moore (2017) เพื่อส่งเสริมผู้เรียนให้มีทักษะการแก้ปัญหาทางสะเต็ม สามารถสืบเสาะหาความรู้ และบูรณาการหรือเชื่อมโยงแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี ทัศนศาสตร์ ผ่านกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมเพื่อสร้างวิธีการแก้ปัญหาที่เหมาะสม และสามารถให้เหตุผลในการเลือกวิธีการแก้ปัญหาและกำหนดวิธีประเมินได้อย่างเหมาะสมและ สามารถประยุกต์ใช้เชื่อมโยงกับสถานการณ์หรือปรากฏการณ์บนโลกแห่งความจริงได้

### คำถามการวิจัย

1. รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาที่บูรณาการการสร้างข้อโต้แย้ง (6E+A) เพื่อส่งเสริมทักษะการแก้ปัญหาทางสะเต็มมีรูปแบบอย่างไร
2. รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาที่บูรณาการการสร้างข้อโต้แย้ง (6E+A) สามารถพัฒนาทักษะการแก้ปัญหาทางสะเต็มของผู้เรียนหรือไม่ อย่างไร
3. ความพึงพอใจของผู้เรียนต่อรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาที่บูรณาการ การสร้างข้อโต้แย้ง (6E+A) เพื่อส่งเสริมทักษะการแก้ปัญหาทางสะเต็ม เป็นอย่างไร

### ความมุ่งหมายของการวิจัย

1. เพื่อพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาที่บูรณาการการสร้างข้อโต้แย้ง (6E+A) เพื่อส่งเสริมทักษะการแก้ปัญหาทางสะเต็ม
2. เพื่อศึกษาผลของรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาที่บูรณาการการสร้างข้อโต้แย้ง (6E+A) เพื่อส่งเสริมทักษะการแก้ปัญหาทางสะเต็ม ที่มีต่อทักษะการแก้ปัญหาทางสะเต็ม และความก้าวหน้าด้านทักษะการแก้ปัญหาของผู้เรียน
3. เพื่อศึกษาผลจากการใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาที่บูรณาการ การสร้างข้อโต้แย้ง (6E+A) เพื่อส่งเสริมทักษะการแก้ปัญหาทางสะเต็ม ในด้านความพึงพอใจของ ผู้เรียนต่อรูปแบบการจัดการเรียนรู้

### ความสำคัญของการวิจัย

1. ได้รูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพ และสามารถนำไปใช้ในการส่งเสริมให้ ผู้เรียนเกิดทักษะการแก้ปัญหาทางสะเต็ม

2. เป็นแนวทางให้ครูผู้สอนสามารถนำผลการวิจัยไปเป็นแนวทางในการจัดการเรียนรู้ เพื่อส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดทักษะการแก้ปัญหาทางสะเต็มได้

3. เป็นแนวทางการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมทักษะการแก้ปัญหาทางสะเต็ม ที่สะท้อน ข้อเสนอเชิงนโยบายสะเต็มศึกษา ว่าด้วยการสร้างกำลังคนที่มีคุณภาพด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์จะช่วยเพิ่มขีดความสามารถระดับสากล

### ขอบเขตของการวิจัย

#### ประชากรและกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย

- ประชากร คือ นักศึกษาปริญญาตรีชั้นปีที่ 1-2 ที่ผ่านการเรียนรายวิชาฟิสิกส์ พื้นฐาน สังกัดมหาวิทยาลัยแห่งหนึ่งใน จ.ตรัง

- กลุ่มที่ใช้ศึกษา คือ นักศึกษาปริญญาตรีชั้นปีที่ 1-2 ของมหาวิทยาลัยแห่งหนึ่งใน จ.ตรัง ที่สมัครเข้าร่วมกิจกรรมเสริมหลักสูตรรายวิชาฟิสิกส์พื้นฐาน ในภาคการศึกษา ที่ 3 ปีการศึกษา 2561 โดยวิธีการเลือกแบบเจาะจง ดังนี้ เป็นนักศึกษาสาขาเทคโนโลยี คอมพิวเตอร์ ที่ผ่านการเรียนรายวิชาฟิสิกส์พื้นฐานมาในปีการศึกษา 1/2561 จำนวน 20 คน

#### ตัวแปรที่ศึกษา

1. ตัวแปรอิสระ (Independent Variable) คือ การใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบ สะเต็มศึกษาที่บูรณาการการสร้างข้อโต้แย้ง (6E+A) เพื่อส่งเสริมทักษะการแก้ปัญหาทางสะเต็ม

2. ตัวแปรตาม (Dependent Variable) คือ ผลของการเรียนรู้ของผู้เรียนในด้านต่าง ๆ ดังนี้

2.1 ทักษะการแก้ปัญหาทางสะเต็ม

2.3 ความก้าวหน้าด้านทักษะการแก้ปัญหาทางสะเต็ม

2.2 ความพึงพอใจของผู้เรียนต่อรูปแบบการจัดการเรียนรู้

#### ขอบเขตของเนื้อหา

เนื้อหาที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้ครั้งนี้ เป็นเนื้อหาส่วนหนึ่งจากรายวิชาฟิสิกส์พื้นฐาน (Fundamental Physics) ซึ่งผู้วิจัยเลือก คือ แรงและกฎการเคลื่อนที่ของนิวตันและงานและ พลังงาน

#### ระยะเวลาในการดำเนินการวิจัย

ระยะเวลาในการดำเนินการวิจัยใช้เวลา รวม 24 ชั่วโมง โดยทำการทดสอบก่อนเรียน 2 ชั่วโมง ดำเนินกิจกรรมการเรียนการสอน 20 ชั่วโมง และทดสอบหลังเรียน 2 ชั่วโมง

## นิยามศัพท์เฉพาะ (Definitions)

1. รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาที่บูรณาการการสร้างข้อโต้แย้ง (6E+A) เพื่อส่งเสริมทักษะการแก้ปัญหาทางสะเต็ม หมายถึง กระบวนการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา โดยมีจุดมุ่งหมายเพื่อส่งเสริมผู้เรียนให้มีความสามารถในการทำความเข้าใจประเด็นปัญหา โดยอาศัยความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี คณิตศาสตร์ ในการออกแบบวิธีการแก้ปัญหาที่หลากหลายผ่านกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม และร่วมกันโต้แย้งเพื่อประเมินทางเลือกให้ได้มาซึ่งวิธีการที่สามารถนำไปแก้ปัญหาที่ดีที่สุดหรือเหมาะสมที่สุด ประกอบด้วย 7 ขั้นตอน ดังนี้

1) ขั้นสร้างความสนใจและตรวจสอบความรู้เดิม (Engagement and Elicitation) เป็นการนำเข้าสู่บทเรียนด้วยการจัดกิจกรรมหรือให้สถานการณ์ที่น่าสนใจ เพื่อให้ผู้เรียนได้ทบทวนความรู้เดิม คิดเชื่อมโยงระหว่างความรู้ทางวิทยาศาสตร์ หรือเทคโนโลยี คณิตศาสตร์และวิศวกรรมศาสตร์

2) ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration) เป็นการให้ผู้เรียนทำความเข้าใจประเด็นปัญหา วางแผน เก็บรวบรวมข้อมูลสิ่งที่ต้องการเรียนรู้ เพื่อสร้างและพัฒนาแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้อง

3) ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation) เป็นขั้นที่ให้ผู้เรียนอธิบายแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ โดยเชื่อมโยงประสบการณ์ ความรู้เดิมและสิ่งที่เรียนรู้เข้าด้วยกัน เพื่อให้ได้ข้อสรุปที่ถูกต้อง

4) ขั้นการโต้แย้ง (Argumentation for the best solution) เป็นขั้นตอนที่ผู้สอนให้สถานการณ์ปัญหา เพื่อให้ผู้เรียนภายในกลุ่มร่วมกันกำหนดปัญหา (Problem) จากนั้นจึงออกแบบวิธีแก้ปัญหาที่ดีที่สุดซึ่งผู้เรียนแต่ละคนมีแนวคิดที่แตกต่างกัน และทำการโต้แย้งเพื่อให้ได้วิธีแก้ปัญหาที่เหมาะสมที่สุดโดยการสร้างข้อกล่าวอ้าง (Claims) ที่แสดงถึงแนวทางการแก้ปัญหา และนำผลการทดลอง หรือสมการทางคณิตศาสตร์ ที่ได้สำรวจค้นหามาเป็นหลักฐาน (Evidence) อ้างอิง เพื่อนำไปให้เหตุผล (Reasoning) สนับสนุนวิธีแก้ปัญหาที่ดีที่สุดที่กลุ่มเลือก

5) ขั้นการออกแบบและดำเนินการแก้ปัญหา (Execution) เป็นขั้นตอนที่ให้ผู้เรียนกำหนดลำดับขั้นตอนการออกแบบและดำเนินการแก้ปัญหา ตลอดจนการทดสอบและประเมินวิธีการแก้ปัญหา และนำเสนอแนวคิดวิธีแก้ปัญหากลุ่ม

6) ขั้นขยายความรู้ (Enrich) เป็นขั้นตอนที่ให้ผู้เรียนได้ยืนยันหรือเพิ่มเติมความรู้ความเข้าใจในแนวความคิดทางสะเต็ม นำวิธีการแก้ปัญหาที่ได้จากการเรียนรู้ไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวัน ใช้ประโยชน์หรือแก้ปัญหาในบริบทอื่น ๆ

7) **ขั้นประเมิน (Evaluation)** ในขั้นตอนนี้ผู้สอนกระตุ้นหรือส่งเสริมให้ผู้เรียนประเมิน ความรู้ความเข้าใจและความสามารถของตนเอง

2. **ทักษะการแก้ปัญหาทางสะเต็ม (STEM Problem solving skills)** หมายถึง ความสามารถในการสืบเสาะหาความรู้ และบูรณาการหรือเชื่อมโยงแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี คณิตศาสตร์ ผ่านกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมเพื่อสร้างวิธีการแก้ปัญหาที่เหมาะสม และสามารถให้เหตุผลในการเลือกวิธีการแก้ปัญหาและกำหนดวิธีประเมินได้อย่างเหมาะสม ประกอบด้วย 5 ตัวชี้วัด ดังนี้

1) การกำหนดประเด็นปัญหา หมายถึง การตั้งคำถามเพื่อกำหนดประเด็นปัญหา และมีความเข้าใจในบริบทของสถานการณ์ปัญหาที่กำหนด

2) การบูรณาการแนวคิดทางสะเต็ม หมายถึง การเชื่อมโยงแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี คณิตศาสตร์ ผ่านกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมที่เหมาะสมเพื่อสร้างวิธีการแก้ปัญหา

3) การสร้างข้อคิดเห็นหรือข้อโต้แย้ง หมายถึง การสร้างข้อกล่าวอ้าง จากข้อมูลหรือหลักฐานทางวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี คณิตศาสตร์หรือวิศวกรรมศาสตร์ให้มีความเชื่อมโยงกับประเด็นปัญหา และให้เหตุผลสนับสนุนเกี่ยวกับประเด็นปัญหา

4) การให้เหตุผลในการเลือกวิธีการแก้ปัญหา หมายถึง การให้เหตุผลที่เหมาะสมตามหลักวิชาการในการเลือกวิธีการแก้ปัญหาเหมาะสมกับเงื่อนไขและข้อจำกัดในการเลือกวิธีการแก้ปัญหา

5) การประเมินความเป็นไปได้ของวิธีการแก้ปัญหา หมายถึง การประเมินความเป็นไปได้ของวิธีการแก้ปัญหา ตามกรอบแนวคิดทางวิทยาศาสตร์หรือความเป็นไปได้ของเทคโนโลยีในปัจจุบัน โดยกำหนดวิธีประเมินได้อย่างเหมาะสม

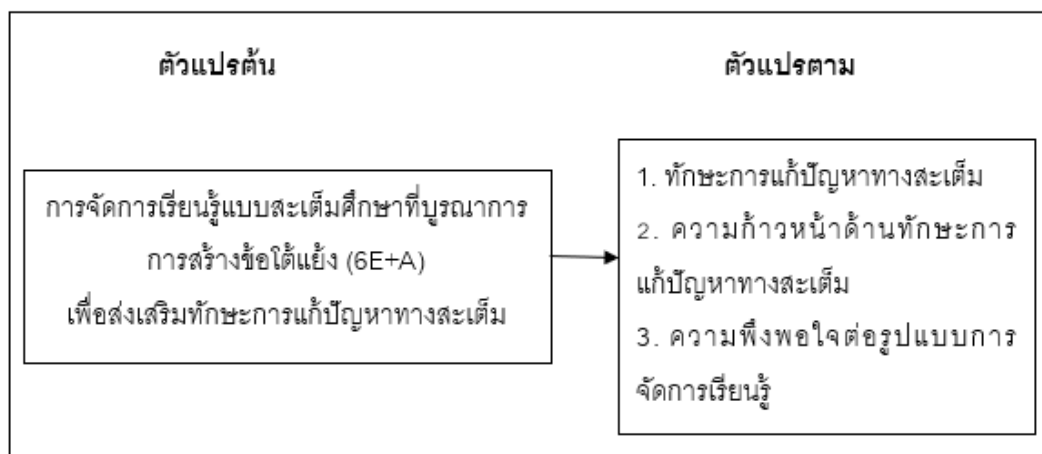
โดยใช้แบบวัดทักษะการแก้ปัญหาทางสะเต็มของผู้เรียน มีเป็นลักษณะแบบทดสอบชนิดคำถามปลายเปิด (open-ended questions) กำหนดสถานการณ์ที่สอดคล้องกับตัวชี้วัดทักษะการแก้ปัญหาทางสะเต็มที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น ประกอบด้วยข้อคำถามที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนกำหนดประเด็นปัญหา บูรณาการแนวคิดทางสะเต็ม สร้างข้อคิดเห็นหรือข้อโต้แย้ง ให้เหตุผลในการเลือกวิธีการแก้ปัญหา และประเมินความเป็นไปได้ของวิธีการแก้ปัญหา ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น

3. **ความพึงพอใจของผู้เรียนต่อรูปแบบการจัดการเรียนรู้** หมายถึง ความรู้สึกหรือทัศนคติของผู้เรียนที่มีต่อการจัดการเรียนรู้ด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาที่บูรณาการการสร้างข้อโต้แย้ง (6E+A) เพื่อส่งเสริมทักษะการแก้ปัญหาทางสะเต็ม ในด้านต่าง ๆ ได้แก่ ด้าน

เนื้อหา ด้านกิจกรรมการเรียนรู้ ด้านผู้สอน ด้านบรรยากาศการเรียนรู้ และด้านการวัดและประเมินผล ที่ได้จากแบบประเมินความพึงพอใจที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น ซึ่งเป็นแบบมาตราส่วนประเมินค่า (Rating Scale) 5 ระดับ ได้แก่ พึงพอใจมากที่สุด พึงพอใจมาก พึงพอใจปานกลาง พึงพอใจน้อย และพึงพอใจน้อยที่สุด จำนวน 30 ข้อ

### กรอบแนวคิดในการวิจัย

การวิจัยในครั้งนี้ ผู้วิจัยต้องการสร้างและพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาที่บูรณาการการสร้างข้อโต้แย้ง (6E+A) เพื่อส่งเสริมทักษะการแก้ปัญหาทางสะเต็ม ทั้งนี้รูปแบบการเรียนรู้ดังกล่าวสร้างและพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบ 6E (The 6E Learning by Design) ซึ่งเป็นการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา ที่มีความสอดคล้องกับองค์ประกอบการบูรณาการความรู้ อีกทั้งยังเป็นการจัดการเรียนรู้ตามทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ผ่านการเรียนรู้แบบสืบเสาะ แต่พบว่าในขั้นการออกแบบนั้นยังไม่มี ความชัดเจนในด้านการส่งเสริมให้ผู้เรียนกำหนดเกณฑ์ เพื่อเลือกวิธีการแก้ปัญหา ผู้วิจัยจึงได้ผนวกเทคนิคการสร้างข้อโต้แย้งเข้าไปในขั้นตอนดังกล่าว ทำให้ได้รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาที่บูรณาการการสร้างข้อโต้แย้ง (6E+A) เพื่อส่งเสริมทักษะการแก้ปัญหาทางสะเต็ม ซึ่งเป็นรูปแบบที่สามารถส่งเสริมผู้เรียนให้มีทักษะการแก้ปัญหาทางสะเต็มที่มีความสอดคล้องกับมาตรฐานสะเต็มศึกษาของ สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2558) มาตรฐานทักษะทางสะเต็มของสำนักงานการศึกษาแห่งรัฐแมริแลนด์ (Maryland State Department of Education Office of STEM Initiatives, 2012) และ McDonnell and Mullally (2016) ที่ได้กำหนดองค์ประกอบทักษะการแก้ปัญหาสำหรับการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็ม ทั้งนี้สามารถแสดงเป็นแผนภาพความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต้นและตัวแปรตามได้ ดังภาพประกอบ 1



ภาพประกอบ 1 กรอบแนวคิดของการวิจัย

#### สมมติฐานการวิจัย

1. ทักษะการแก้ปัญหาทางสะเต็มของผู้เรียนที่เรียนด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาที่บูรณาการการสร้างข้อโต้แย้ง (6E+A) เพื่อส่งเสริมทักษะการแก้ปัญหาทางสะเต็ม หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน
2. ความก้าวหน้าด้านทักษะการแก้ปัญหาทางสะเต็มของผู้เรียนที่เรียนด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาที่บูรณาการการสร้างข้อโต้แย้ง (6E+A) เพื่อส่งเสริมทักษะการแก้ปัญหาทางสะเต็ม หลังเรียนอยู่ในระดับปานกลาง
3. ความพึงพอใจผู้เรียนที่มีต่อรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาที่บูรณาการการสร้างข้อโต้แย้ง (6E+A) เพื่อส่งเสริมทักษะการแก้ปัญหาทางสะเต็ม มีค่าเฉลี่ยของระดับความพึงพอใจอยู่ในระดับมาก

## บทที่ 2

### เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ศึกษาหลักการ ทฤษฎี วิเคราะห์และสังเคราะห์เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ซึ่งขอเสนอตามหัวข้อดังต่อไปนี้

1. สะเต็มศึกษา (STEM Education)
  - 1.1 ความหมายสะเต็มศึกษา
  - 1.2 เป้าหมายของสะเต็มศึกษา
  - 1.3 หลักการและแนวทางการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษา
  - 1.4 องค์ประกอบของสะเต็มศึกษา
  - 1.5 รูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา
  - 1.6 การวัดและประเมินผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา
2. การโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์
  - 2.1 ความหมายของการโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์
  - 2.2 ความสำคัญของการโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์
  - 2.3 องค์ประกอบของการโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์
  - 2.4 วิธีการสอนและเทคนิคการจัดการเรียนรู้ที่ใช้การโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์
  - 2.5 การวัดและประเมินผลการโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์
3. รูปแบบการจัดการเรียนรู้
  - 3.1 ความหมายของรูปแบบการจัดการเรียนรู้
  - 3.2 องค์ประกอบของรูปแบบการจัดการเรียนรู้
  - 3.3 การพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้
4. รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาที่บูรณาการการสร้างข้อโต้แย้ง (6E+A)  
เพื่อส่งเสริมทักษะการแก้ปัญหาทางสะเต็ม
5. ทักษะการแก้ปัญหาทางสะเต็ม
  - 5.1 ความหมายของทักษะการแก้ปัญหาทางสะเต็ม
  - 5.2 องค์ประกอบทักษะการแก้ปัญหาทางสะเต็ม
  - 5.3 การวัดและประเมินผลทักษะการแก้ปัญหาทางสะเต็ม



## 6. ความพึงพอใจ

- 6.1 ความหมายของความพึงพอใจ
- 6.2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับความพึงพอใจ
- 6.3 การวัดและประเมินผลความพึงพอใจ

## 1. สะเต็มศึกษา (STEM Education)

### 1.1 ความหมายสะเต็มศึกษา

สะเต็มศึกษา (STEM Education) เป็นกรอบแนวคิดการจัดการเรียนรู้แบบสหวิทยาการที่เน้นการบูรณาเนื้อหาสาระความรู้ระหว่างศาสตร์ต่าง ๆ 4 สาขาวิชา คือ วิทยาศาสตร์ (Science: S) เทคโนโลยี (Technology: T) วิศวกรรมศาสตร์ (Engineering: E) และคณิตศาสตร์ (Mathematics: M) ให้มีความเชื่อมโยงซึ่งกัน โดยมุ่งเน้นนำความรู้ไปใช้แก้ปัญหาที่พบเห็นในชีวิตจริง ที่เป็นประโยชน์ต่อการดำรงชีวิตและการทำงานสิ่งต่าง ๆ ในโลกปัจจุบัน (Herschbach, 2011; Honey, Pearson, & Schweingruber, 2014; Lou, Tsai, Tseng, & Shih, 2014; Richard, Christina, & Vinesh, 2012; Rosicka, 2016; สุทธิธิดา จำรัส, 2560) เป็นการจัดการเรียนรู้ให้ผู้เรียนนำความรู้ทุกแขนงทั้งด้านความรู้ความเข้าใจ ทักษะทางวิทยาศาสตร์ ทักษะด้านตัวเลข กระบวนการทางเทคโนโลยี กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ทักษะการคิด ความสามารถในการปรับตัว การสื่อสารที่หลากหลาย ทักษะทางสังคม การแก้ปัญหา การคิดเชิงระบบ การจัดการตนเองหรือการพัฒนาตนเอง ซึ่งล้วนเป็นทักษะที่จำเป็นในศตวรรษที่ 21 (21<sup>st</sup> Century skills) มาใช้แก้ปัญหา ค้นคว้า สร้าง และพัฒนากระบวนการหรือผลผลิตใหม่ เพื่อให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ที่มีความหมาย (Herschbach, 2011; Richard et al., 2012; รัชพล ธนานุวงศ์, 2013; สนิธิ พลชัยยา, 2557) นอกจากนี้สะเต็มศึกษายังเป็นแนวทางการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะ ที่เน้นผู้เรียนศึกษาประเด็นปัญหาหรือตั้งคำถาม ค้นหาความรู้โดยการรวบรวมประจักษ์พยานหลักฐานที่เกี่ยวข้อง เปรียบเทียบแนวคิดต่าง ๆ แล้วสร้างคำอธิบาย เพื่อสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง นับเป็นกระบวนการเรียนรู้สำคัญที่เป็นช่องทางให้มีการบูรณาการความรู้ในศาสตร์อื่น ๆ นอกจากนี้เป็นการส่งเสริมผู้เรียนสร้างสรรค์ชิ้นงาน โดยร่วมกันคิดแก้ปัญหา ตัดสินใจ ออกแบบประดิษฐ์ชิ้นงานที่เกิดจากการประยุกต์ใช้ความรู้ ในขณะที่ผู้สอนนั้น ทำหน้าที่เป็นผู้อำนวยความสะดวก ตั้งคำถามให้เกิดความสนใจและเรียนรู้ว่าสิ่งที่เรียนนั้นเป็นสิ่งที่อยู่รอบตัวในชีวิตประจำวัน (Rosicka, 2016; กฤษลดา ชูสินคุณาวุฒิ, 2557; กิตติชัย สุธาสีโนบล, 2557; พรทิพย์ ศิริภักตราชัย, 2556; อุมพร จารสมบัติ, 2557) ซึ่งเป็นการจัดการเรียนรู้ที่สามารถจัดการสอนได้ทุกระดับชั้น ตั้งแต่อนุบาล ประถมศึกษา มัธยมศึกษาไปจนถึงอาชีวศึกษา อุดมศึกษา และรวมทั้งการศึกษา

ตลอดชีวิต (Sanders, 2012) โดยมีเป้าหมายที่จะส่งเสริมให้ผู้เรียนนำองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์และเทคโนโลยีมาแก้ปัญหาและพัฒนานวัตกรรม ผ่านกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม (Baran, Bilici, Mesutoglu, & Ocak, 2016; Rosicka, 2016; Sanders, 2012)

ดังนั้น สะเต็มศึกษา (STEM Education) หมายถึง กรอบแนวคิดการจัดการเรียนรู้ที่เน้นกระบวนการสืบเสาะ ส่งเสริมผู้เรียนสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง เน้นการบูรณาการความรู้วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์และเทคโนโลยี โดยผ่านกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ที่มุ่งให้ผู้เรียนเกิดความรู้ กระบวนการคิด ทักษะการแก้ปัญหา ทักษะการปฏิบัติงาน เพื่อนำความรู้ไปใช้แก้ปัญหาในชีวิตประจำวัน

## 1.2 เป้าหมายของสะเต็มศึกษา

ในการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษามีเป้าหมายหลักเพื่อพัฒนาผู้เรียนให้เป็นผู้รู้วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์และคณิตศาสตร์ (STEM literacy) ทำความเข้าใจแนวคิดหลักของศาสตร์ทั้งสี่มาบูรณาการให้เป็นรูปธรรมและนามธรรม รวมทั้งนำความรู้ ความเข้าใจทางสะเต็มไปใช้เพื่อออกแบบวิธีการแก้ปัญหาได้หรือในการดำเนินชีวิต (Asghar, Ellington, Rice, Johnson, & Johnson, 2012; Association, 2009; สิริินภา กิจเกื้อกูล, 2558b; สุทธิดา จำรัส, 2560) แนวคิดหลักของวิชาสะเต็มศึกษา เพื่อเป็นแนวทางในการจัดการเรียนรู้ มีรายละเอียด ดังนี้

1.2.1 วิทยาศาสตร์เป็นวิชาที่ว่าด้วยการศึกษาปรากฏการณ์ต่าง ๆ ในธรรมชาติ ทั้งยังเป็นเครื่องมือสำคัญที่ทำให้เราเข้าใจในธรรมชาติมากยิ่งขึ้น เป็นการรวบรวมข้อมูลจากการสังเกต และค้นคว้าจากปรากฏการณ์ธรรมชาติ มีทฤษฎีและกฎเพื่ออธิบายปรากฏการณ์ต่าง ๆ ทางธรรมชาติ (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2556; สำนักงานราชบัณฑิตยสภา, 2555) ผู้เรียนสามารถตั้งคำถามเกี่ยวกับปัญหา และมีทักษะในการปฏิบัติการเชิงวิทยาศาสตร์ ทักษะในการคิดที่เห็นเหตุเป็นผล สามารถค้นหาความรู้และแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบ สามารถตัดสินใจโดยใช้ข้อมูลที่หลากหลาย และมีประจักษ์พยานที่ตรวจสอบได้ รู้วิธีการในการหาคำตอบและสามารถหาคำตอบของปัญหาได้ สอดคล้องกับ ธวัช ชิตตระการ (2555) และ Rosicka (2016) ได้เพิ่มเติมเกี่ยวกับการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ได้แก่ 1) การระบุประเด็นทางวิทยาศาสตร์ ประกอบด้วย รู้ว่าประเด็นปัญหาหรือคำถามใด ตรวจสอบได้ด้วยวิทยาศาสตร์ บอกคำสำคัญสำหรับการค้นคว้าและรู้ลักษณะสำคัญของการตรวจสอบทางวิทยาศาสตร์ 2) การอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ ประกอบด้วย ใช้ความรู้วิทยาศาสตร์ สร้างคำอธิบายที่สมเหตุสมผลและสอดคล้องกับประจักษ์พยาน บรรยายหรือตีความปรากฏการณ์และพยากรณ์

การเปลี่ยนแปลงในเชิงวิทยาศาสตร์ 3) การใช้ประจักษ์พยานทางวิทยาศาสตร์ ประกอบด้วย ๓ ความหลักฐานประจักษ์พยาน หรือข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ ลงข้อสรุป หรือสื่อสารข้อสรุป แสดงให้เห็นว่าเข้าใจแนวคิดและหลักการทางวิทยาศาสตร์ด้วยการนำวิทยาศาสตร์ไปใช้ในสถานการณ์หรือบริบทต่าง ๆ และสะท้อนถึงการพัฒนาด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่มีนัยต่อสังคม

1.2.2 แนวคิดหลักของเทคโนโลยี เทคโนโลยีเป็นวิชาที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการทำงานเพื่อแก้ปัญหา ปรับปรุงหรือพัฒนาสิ่งต่าง ๆ หรือนวัตกรรมเพื่อตอบสนองความต้องการหรือเพิ่มความสามารถในการทำงานของมนุษย์ (สำนักวิชาการและมาตรฐานการศึกษา, 2551) การเรียนรู้เกี่ยวกับเทคโนโลยีมุ่งเน้นให้ผู้เรียนมีแนวคิดในการสรรค์สร้างสิ่งอำนวยความสะดวกและการทำงานของเทคโนโลยีที่ทันสมัย มีความสามารถในการเลือกใช้เทคโนโลยีที่เหมาะสม และสามารถแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นได้เมื่อเกิดข้อผิดพลาดในการใช้ และสามารถตัดสินใจใช้เทคโนโลยีด้วยเหตุผลและมีความรับผิดชอบต่อสังคม (Gagel, 1997) (International technology education association, 2007)

1.2.3 แนวคิดหลักของวิศวกรรมศาสตร์ วิศวกรรมศาสตร์เป็นวิชาที่เกี่ยวข้องกับการนำความรู้ทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มาประยุกต์ใช้ในการสร้างสรรค์หรือพัฒนานวัตกรรม ต่าง (พรทิพย์ ศิริภักทราชัย, 2556) ผู้เรียนมีความสามารถในการทำความเข้าใจเกี่ยวกับการพัฒนาหรือการได้มาของเทคโนโลยี โดยการประยุกต์ความรู้วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยีที่มีอยู่อย่างคุ้มค่า โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ศาสตร์ (Engineering Design Process) เพื่อสร้างเครื่องมือเครื่องใช้หรือวิธีการเพื่อพัฒนาคุณภาพชีวิต (Heywood, 1993; Rosicka, 2016)

1.2.4 แนวคิดหลักของคณิตศาสตร์ (Mathematics) คณิตศาสตร์เป็นวิชาว่าด้วยกระบวนการคิดทางคณิตศาสตร์ (Mathematical thinking) มีทฤษฎีชัดเจนในธรรมชาติของคณิตศาสตร์ มีการถ่ายทอดความคิดหรือความเข้าใจความคิดรวบยอดทางคณิตศาสตร์ได้ โดยใช้ภาษาคณิตศาสตร์ในการสื่อสาร (พรทิพย์ ศิริภักทราชัย, 2556) ผู้เรียนความสามารถในการวิเคราะห์ ให้เหตุผลและการประยุกต์แนวคิดทางวิทยาศาสตร์เพื่อสร้าง อธิบายและทำนายปรากฏการณ์ต่าง ๆ ภายใต้บริบทที่แตกต่างกัน รวมถึงตระหนักถึงบทบาทของคณิตศาสตร์และสามารถใช้คณิตศาสตร์ช่วยในการวินิจฉัยและการตัดสินใจที่ดี แนวคิดเกี่ยวกับการระบุปัญหา แก้ปัญหาและแปลความหมายของปัญหาทางคณิตศาสตร์ ในสถานการณ์ที่หลากหลายได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งเป็นความสามารถของบุคคลในการทำความเข้าใจบทบาทของคณิตศาสตร์ที่มีต่อกิจกรรมต่าง ๆ ในชีวิตประจำวัน เพื่อใช้ประกอบการตัดสินใจและนำคณิตศาสตร์ไปใช้สนองความ

ต้องการในฐานะของพลเมืองที่มีความห่วงใยและรับผิดชอบต่อสังคม (Asunda, 2016) นอกจากนี้ ธวัช ชิตตระการ (2555) ได้กล่าวว่า การเรียนรู้คณิตศาสตร์ ได้แก่ 1) การกำหนดปัญหาทางคณิตศาสตร์ ประกอบด้วย ระบุตัวแปรหรือประเด็นที่สำคัญจากสถานการณ์ในโลกจริง รับรู้ถึงโครงสร้างทางคณิตศาสตร์ในปัญหาหรือสถานการณ์ และทำปัญหาหรือสถานการณ์ให้อยู่ในรูปอย่างง่าย หรือแปลงโมเดลทางคณิตศาสตร์ 2) การนำกระบวนการทางคณิตศาสตร์ไปใช้ ประกอบด้วย เลือกลงและใช้กลยุทธ์ในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ใช้เครื่องมือทางคณิตศาสตร์ หาวีธีที่เหมาะสมในการแก้ปัญหา และประยุกต์ใช้ข้อเท็จจริง กฎ ขั้นตอนและโครงสร้างในการแก้ปัญหา 3) การแปลผลลัพธ์ทางคณิตศาสตร์ ประกอบด้วย นำผลที่ได้จากการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ไปใช้ในชีวิตจริง ประเมินความเหมาะสมของวิธีแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ในบริบทของความเป็นจริง และระบุและวิจารณ์ข้อจำกัดของรูปแบบที่ใช้ในการแก้ปัญหา

สำหรับเป้าหมายที่กล่าวมานั้น เป็นเพียงเป้าหมายกว้าง ๆ ของการจัดการเรียนรู้ของ สะเต็มศึกษา ส่วนเป้าหมายที่เฉพาะเจาะจงนั้น พบว่ามีหน่วยงานและนักการศึกษาได้สรุปเกี่ยวกับเป้าหมายด้านผู้เรียนและเป้าหมายของการจัดการเรียนรู้ที่ผ่านการเรียนรู้ด้วยรูปแบบสะเต็มศึกษาไว้ว่า ผู้เรียนควรมีลักษณะดังนี้ (Lantz, 2009; Morrison, 2006)

- 1) เป็นนักแก้ปัญหา โดยผู้เรียนสามารถตั้งคำถามและระบุปัญหา ออกแบบแนวทาง การรวบรวม จัดระบบข้อมูล ลงข้อสรุปและประยุกต์ใช้ความรู้ที่ได้ในสถานการณ์ใหม่
- 2) เป็นนักสร้างนวัตกรรม (Innovators) ในการประยุกต์ใช้หลักการทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์และเทคโนโลยีร่วมกับการออกแบบเชิงวิศวกรรมศาสตร์อย่างสร้างสรรค์
- 3) เป็นนักประดิษฐ์ รู้ถึงความต้องการของสังคมเพื่อเป็นพื้นฐานในการออกแบบ ตรวจสอบ ปรับปรุงและแก้ปัญหา โดยใช้กระบวนการทางวิศวกรรมศาสตร์อย่างสร้างสรรค์ เพื่อตอบสนองความต้องการที่แท้จริง
- 4) เป็นนักพึ่งพาตนเอง (Self-reliant) ที่สามารถนำความคิดริเริ่มและแรงจูงใจภายในมาใช้ในการสร้างและพัฒนาความเชื่อมั่นในตนเอง ให้สามารถทำงานได้ภายใต้กรอบเวลาที่กำหนด
- 5) เป็นนักคิดอย่างมีเหตุผล (Logical thinkers) สามารถประยุกต์กระบวนการคิดอย่างมีเหตุผลทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์และการออกแบบทางวิศวกรรมศาสตร์มาใช้ในการสร้างสรรค์นวัตกรรมและสิ่งประดิษฐ์ใหม่ ๆ
- 6) เป็นผู้รู้ด้านเทคโนโลยี (Technologically literate) เข้าใจและอธิบายธรรมชาติของเทคโนโลยี การพัฒนาทักษะที่จำเป็นและประยุกต์ใช้เทคโนโลยีได้อย่างเหมาะสม

- 7) เป็นผู้มีทักษะการคิดวิเคราะห์และสร้างนวัตกรรมใหม่ ๆ ที่ใช้วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยี และกระบวนการทางวิศวกรรมเป็นพื้นฐาน
- 8) เป็นผู้มีความเข้าใจและสนใจการประกอบอาชีพด้านสะเต็มมากขึ้น
- 9) เป็นผู้มีความเข้าใจสาระวิชา และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์มากขึ้น
- 10) ส่งเสริมการจัดการเรียนรู้ที่เชื่อมโยงกันระหว่างศาสตร์ทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยีและวิศวกรรมศาสตร์
- 11) สร้างกำลังคนด้านสะเต็มของประเทศไทย เพื่อเพิ่มศักยภาพทางเศรษฐกิจของชาติ

จะเห็นได้ว่า เป้าหมายในภาพรวมของสะเต็มศึกษา (STEM Education) นั้น คือมุ่งให้ผู้เรียนมีความรู้ ความเข้าใจถึงความสัมพันธ์ของวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ เพื่อให้ผู้เรียนสามารถนำความรู้เหล่านั้นไปประยุกต์ใช้ให้เกิดประโยชน์ สร้างสรรค์นวัตกรรมและสิ่งประดิษฐ์ใหม่ ๆ หรือใช้ในการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวัน ผ่านกระบวนการคิดอย่างสร้างสรรค์ มีเหตุมีผล มีระบบและเป็นลำดับขั้นตอน เพื่อเป็นกำลังคนด้านสะเต็มในการพัฒนาประเทศต่อไป

### 1.3 หลักการและแนวทางการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษา

เนื่องจากสะเต็มศึกษาเป็นการสอนที่เน้นการบูรณาการ ได้มีนักการศึกษาได้ให้ความหมายของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบบูรณาการ ว่าเป็นลักษณะการผสมผสานเนื้อหาวิชา หรือวิธีสอนเพื่อส่งผลให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ และมีความสามารถในการรวบรวมความคิด มโนทัศน์ ความรู้ ทักษะและมีประสบการณ์ในการแก้ปัญหาที่นำไปประยุกต์ใช้เพื่อให้เกิดประโยชน์ (Honey et al., 2014; รุ่งนภา เบญจมาตย์, 2551) ซึ่งสอดคล้องกับ Good and Kappa (1973) ที่ได้กล่าวว่า การบูรณาการเป็นการรวบรวมรายวิชาต่าง ๆ เข้าด้วยกัน แล้วนำมาแสดงออกในเชิงกิจกรรมหรือโครงการเดียวกัน ให้ผู้เรียนนำความรู้และประสบการณ์ไปใช้ในชีวิตประจำวันได้อย่างเหมาะสม (Good & Kappa, 1973; จุฬารัตน์ ต่อบัณฑิต, 2551; วิเศษ ชินวงศ์, 2544)

ทำให้เกิดความเชื่อมโยงสิ่งที่เป็นความรู้กับเหตุการณ์ หรือสิ่งต่าง ๆ เข้าด้วยกัน พร้อมทั้งจะนำไปประยุกต์ใช้เพื่อให้เกิดประโยชน์ ซึ่งมีผลทำให้เกิดความรู้ใหม่ที่สามารถนำไปปรับใช้ในชีวิตประจำวันได้ (ศารทูล อารีวรวิทย์กุล, 2554)

สำหรับมาตรฐานทักษะทางสะเต็มของสำนักงานการศึกษาแห่งรัฐแมริแลนด์ ประกอบด้วย 7 มาตรฐาน (Maryland State Department of Education Office of STEM

Initiatives, 2012) ดังนี้ 1) เรียนรู้และประยุกต์เนื้อหาทางสะเต็มได้ 2) บูรณาการเนื้อหาทางสะเต็มได้ 3) ตีความและนำเสนอข้อมูลทางสะเต็มได้ 4) มีส่วนร่วมในการสืบเสาะ 5) มีส่วนร่วมในการให้เหตุผล 6) ทำงานร่วมกันเป็นทีม 7) การประยุกต์ใช้เทคโนโลยี

การจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา เป็นการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการใน 4 สาขาวิชา หลักการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา เน้นให้ผู้เรียนได้นำความรู้มาแก้ปัญหาภายใต้เงื่อนไขต่าง ๆ และข้อจำกัดเพื่อออกแบบและสร้างสรรค์ให้เกิดการทำงานที่เหมาะสมที่สุด ซึ่งคล้ายกับวิธีการดำรงชีวิตหรือการทำงานจริง นอกจากนี้ยังเป็นกระบวนการเรียนรู้ที่เห็นการทำงานร่วมกันของศาสตร์ต่าง ๆ อย่างต่อเนื่อง จึงจำเป็นต้องเข้าใจวิทยาศาสตร์อย่างถ่องแท้ เข้าใจคณิตศาสตร์ที่เป็นตัวแทนวิทยาศาสตร์อย่างถูกต้อง เมื่อผนวกเข้ากับความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์จึงทำให้วิศวกรรมศาสตร์สร้างให้เกิดเป็นเทคโนโลยี (Sanders, 2012; สุธีระประเสริฐสุวรรณ, 2558)

หลักการเรียนรู้ของสะเต็มศึกษา ในหลายประเทศพยายามจะหารูปแบบที่เหมาะสมกับบริบทของประเทศตัวเอง ซึ่งไม่มีรูปแบบที่ตายตัว ดังที่ ฤทัย เพลงวัฒนา (2556: 20) และ Gerlach (2012: online) ได้เสนอผลการวิเคราะห์รูปแบบไว้ในภาพรวมเป็น 5 แนวทาง คือ

1) การเรียนแบบสอดคล้องกัน (Coordinate) หมายถึง การแยกสอนแต่ละรายวิชา แต่จะมีเนื้อหาที่สอดคล้องกัน เพื่อนำความรู้ไปเชื่อมโยงกัน เช่น ในช่วงชั้นหรือชั้นปีเดียวกัน เนื้อหาสาระของแต่ละวิชาที่ควรจะเชื่อมโยงกัน เพื่อให้ผู้เรียนมีความรู้ที่เพียงพอสำหรับทำความเข้าใจในรายวิชาอื่น ๆ โดยที่ผู้สอนของรายวิชานั้นไม่ต้องสอนเพิ่ม

2) การเรียนแบบเสริมกัน (Complement) หมายถึง การเรียนรู้ในหัวข้อหลักของรายวิชาหนึ่งจะมีการเสริมความรู้ในรายวิชาอื่นที่เกี่ยวข้อง

3) การเรียนรู้แบบสัมพันธ์กัน (Correlate) หมายถึง การเรียนรู้ที่แยกวิชา แต่มีหัวข้อในการเรียนรู้เดียวกัน โดยที่เนื้อหาสาระจะสอดคล้องกับธรรมชาติของวิชานั้น

4) การเรียนรู้โดยมีตัวเชื่อม (Connections) หมายถึง การเรียนรู้โดยใช้วิชาใดวิชาหนึ่งในการเชื่อมโยงวิชาอื่น แต่ส่วนใหญ่จะใช้วิชาเทคโนโลยีและวิศวกรรมเป็นตัวเชื่อม

5) การเรียนรู้แบบรวมกัน (Combine) หมายถึง การใช้ความรู้ของ 4 วิชา หรือแม้แต่วิชาอื่น ๆ ที่นอกเหนือจากสะเต็มมาบูรณาการร่วมกันเพื่อใช้ในการแก้ปัญหา โดยอาจตั้งเป็นวิชา หลักสูตร หรือบทเรียนใหม่

ดังนั้นการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา เป็นการสอนที่เน้นการบูรณาการเพื่อช่วยผู้เรียนสร้างความเชื่อมโยงระหว่างเนื้อหาวิชาทั้ง 4 กับชีวิตประจำวันและการประกอบอาชีพ

ทั้งนี้ ระดับการบูรณาการที่อาจเกิดขึ้นในชั้นเรียนสะเต็มศึกษาสามารถแบ่งได้เป็น 4 ระดับ (Vasquez, Comer, & Sneider, 2013; สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2558) (สสวท. 2558: 5-6; Vasquez; Sneider; & Comer. 2013: 73) ได้แก่

1) การบูรณาการภายในวิชา (Disciplinary Integration) เป็นการจัดการเรียนรู้ที่ผู้เรียนได้เรียนเนื้อหาและฝึกทักษะของแต่ละวิชาของสะเต็มแยกกัน การจัดการเรียนรู้แบบนี้คือการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยีที่เป็นอยู่ทั่วไป ที่ครูผู้สอนแต่ละวิชาต่างจัดการเรียนรู้ให้แก่ผู้เรียนตามรายวิชาของตนเอง

2) การบูรณาการแบบพหุวิทยาการ (Multidisciplinary Integration) เป็นการจัดการเรียนรู้ที่ผู้เรียนได้เรียนเนื้อหาและฝึกทักษะของวิชาของวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยี และวิศวกรรมศาสตร์แยกกัน แต่มีหัวข้อหลัก (theme) ที่ครูผู้สอนทุกวิชากำหนดร่วมกัน และมีการอ้างอิงถึงความเชื่อมโยงระหว่างวิชานั้น ๆ การจัดการเรียนรู้แบบนี้ช่วยให้ผู้เรียนเห็นความเชื่อมโยงของเนื้อหาในวิชาต่าง ๆ กับสิ่งที่อยู่รอบตัว

3) การบูรณาการแบบสหวิทยาการ (Interdisciplinary Integration) เป็นการจัดการเรียนรู้ที่ผู้เรียนได้เรียนเนื้อหาและฝึกทักษะอย่างน้อย 2 วิชาร่วมกันโดยกิจกรรมมีการเชื่อมโยงความสัมพันธ์ของทุกวิชา เพื่อให้ผู้เรียนได้เห็นความสอดคล้องกัน ในการจัดการเรียนรู้แบบนี้ ครูผู้สอนในวิชาที่เกี่ยวข้องต้องทำงานร่วมกันโดยพิจารณาเนื้อหาหรือตัวชี้วัดที่ตรงกันและออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ในรายวิชาของตนเองโดยให้เชื่อมโยงกับวิชาอื่นผ่านเนื้อหาหรือตัวชี้วัดนั้น

4) การบูรณาการแบบข้ามสาขาวิชา (Transdisciplinary Integration) เป็นการจัดการเรียนการสอนที่มีพื้นฐานมาจากทฤษฎีสรคณนิยม (constructivist theory) ซึ่งเป็นการพัฒนาการสร้างความรู้ของผู้เรียนให้มีผลสัมฤทธิ์ที่สูงขึ้น เช่นกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ การบูรณาการแบบข้ามสาขาวิชาเป็นการจัดการเรียนการสอนที่ช่วยผู้เรียนเชื่อมโยงความรู้และทักษะที่เรียนรู้จากวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยีและวิศวกรรมศาสตร์กับชีวิตจริง โดยผู้เรียนได้ประยุกต์ความรู้และทักษะเหล่านั้นในการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นจริงในชุมชนหรือสังคม และสร้างประสบการณ์การเรียนรู้ของตนเอง ครูผู้สอนจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามความสนใจหรือปัญหาของผู้เรียน โดยอาจกำหนดกรอบหรือหัวข้อหลัก (theme) ของปัญหากว้าง ๆ ให้ผู้เรียนระบุปัญหาที่เฉพาะเจาะจงและวิธีการแก้ปัญหาเอง ทั้งนี้ ในการกำหนดกรอบของปัญหาให้ผู้เรียนศึกษานั้น ครูต้องคำนึงถึงปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการเรียนรู้ของผู้เรียน 3 ปัจจัย ได้แก่ (1) ปัญหาหรือคำถามที่ผู้เรียนสนใจ (2) ตัวชี้วัดในวิชาต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง

และ(3) ความรู้เดิมของผู้เรียน ซึ่งการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน หรือโครงงานเป็นฐาน เป็นกลยุทธ์ในการจัดการเรียนรู้ (instructional strategies) ที่มีแนวทางใกล้เคียงกับแนวทางบูรณาการแบบนี้

นอกจากนี้ Heil; Pearson; & Burger (2013: online) ได้วิเคราะห์แนวทางการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาของสภาวิศวกรรมการแห่งชาติ (National Academy of Engineering: NAE) และคณะกรรมการสภาวิจัยแห่งชาติด้านการศึกษาวิทยาศาสตร์ (National Research Council's Board on Science Education: BOSE) ที่เกี่ยวกับการบูรณาการสะเต็มศึกษา (iSTEM) ในประเทศสหรัฐอเมริกา ซึ่งมีความสอดคล้องกับ แนวทางการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาของ สตีเวีย ลังการ์พินท์ (ออนไลน์); และ Vasquez Sneider และ Comer (2013: 18-19) สรุปได้ดังนี้

1) การจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการกลุ่มวิชาสะเต็มศึกษา 2 วิชาหรือมากกว่า 2 วิชาขึ้นไป สามารถบูรณาการแนวคิดหรือกระบวนการวิทยาศาสตร์หรือคณิตศาสตร์ร่วมกับแนวคิดหรือกระบวนการทางเทคโนโลยีหรือวิศวกรรม

2) แสดงให้เห็นความสัมพันธ์เชื่อมโยงเนื้อหาวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยีสู่โลกความจริง

3) มุ่งเน้นทักษะในศตวรรษที่ 21 กิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา พัฒนาทักษะแห่งศตวรรษที่ 21 ได้เป็นอย่างดี ยกตัวอย่างทักษะการเรียนรู้และสร้างนวัตกรรม (Learning and Innovation Skills) ที่ครอบคลุม 4C คือ Critical Thinking (การคิดเชิงวิพากษ์) Communication (การสื่อสาร) Collaboration (การทำงานร่วมกัน) และ Creativity (การคิดสร้างสรรค์)

4) มีความท้าทายผู้เรียน

5) มีการผสมผสานมากขึ้น

นอกจากนี้ Jolly (2016: online) ได้เสนอ ลักษณะที่ดีของบทเรียนสะเต็มเพื่อเป็นแนวทางในการออกแบบ และสร้างบทเรียนที่มีการใช้เทคโนโลยี เพื่อผู้เรียนได้เรียนรู้วิทยาศาสตร์ และคณิตศาสตร์ และวิชาอื่น ๆ ประกอบด้วย 6 ลักษณะ ดังนี้

1) ในบทเรียนสะเต็มมุ่งเน้นประเด็นปัญหาที่เกิดขึ้นจริงบนโลก เพื่อให้ผู้เรียนร่วมกันแก้ปัญหา

2) ในบทเรียนสะเต็มใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ในขั้นตอนการออกแบบเชิงวิศวกรรมเป็นกระบวนการที่จะนำผู้เรียนไปสู่การระบุปัญหา การค้นคว้าวิจัย พัฒนา



ความคิดที่หลากหลาย พัฒนาวิธีการแก้ปัญหาหรือการออกแบบ พัฒนาและสร้างต้นแบบ จากนั้นนำไปทดสอบ ประเมินผลและการปรับปรุง

3) ในบทเรียนสะเต็มให้ผู้เรียนลงมือสืบเสาะและเปิดกว้างในการค้นคว้า การเรียน สะเต็ม เป็นการเรียนรู้แบบปลายเปิด ภายใต้เงื่อนไขข้อจำกัด (โดยทั่วไปจำกัดเกี่ยวกับวัสดุที่มีอยู่) การทำงานของผู้เรียนคือความร่วมมือในการลงมือปฏิบัติ และการตัดสินใจเกี่ยวกับการแก้ปัญหาสิ่งที่สร้าง ผู้เรียนมีการสื่อสารเพื่อแบ่งปันความคิดและการออกแบบต้นแบบ โดยผู้เรียนควบคุมความคิดและออกแบบการตรวจสอบด้วยตนเอง

4) บทเรียนสะเต็มเกี่ยวข้องกับการทำงานอย่างมีประสิทธิภาพ ช่วยให้ผู้เรียนทำงานร่วมกัน

5) บทเรียนสะเต็มผู้เรียนได้เรียนรู้เนื้อหาทางวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์อย่างลึกซึ้ง ในบทเรียนสะเต็มควรเชื่อมต่อและบูรณาการเนื้อหาวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ ให้ผู้เรียนเห็นว่าวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ไม่ได้แยกวิชากัน แต่ทำงานร่วมกันในการแก้ปัญหา นอกจากนี้ผู้เรียนยังใช้เทคโนโลยีในทางที่เหมาะสมในการออกแบบผลิตภัณฑ์ของตนเอง

6) บทเรียนสะเต็ม คำตอบที่ถูกต้องสามารถมีหลากหลายและการปรับปรุงความผิดพลาดเป็นสิ่งจำเป็นในการเรียนรู้ สภาพแวดล้อมของสะเต็มคือ ความคิดสร้างสรรค์ในการแก้ปัญหา เมื่อการออกแบบและทดสอบมีความล้มเหลว สมาชิกในทีมต้องร่วมกันพยายามแก้ไขปัญหา การเรียนรู้จากสิ่งที่ผิดพลาดไปแล้วลองใหม่อีกครั้ง ถือเป็นขั้นตอนเชิงบวกในการค้นพบและการออกแบบการแก้ปัญหา

ดังนั้นหลักการและแนวทางการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษา ควรประกอบด้วย

1) จัดการเรียนรู้แบบบูรณาการใน 4 สาขาวิชา ได้แก่ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์และคณิตศาสตร์ โดยผ่านกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

2) มุ่งเน้นการบูรณาการความรู้ระหว่างศาสตร์ตั้งแต่ 2 วิชาขึ้นไป แสดงให้เห็นความสัมพันธ์เชื่อมโยงความรู้ และสามารถเชื่อมโยงแนวความคิดที่ได้กับบริบทรอบ ๆ ตัว

3) ระดับการบูรณาการที่อาจเกิดขึ้นในชั้นเรียนสะเต็มศึกษาสามารถแบ่งได้เป็น 4 ระดับ ได้แก่ การบูรณาการภายในวิชา การบูรณาการแบบพหุวิทยาการ การบูรณาการแบบสหวิทยาการ และการบูรณาการแบบข้ามสาขาวิชา

4) เน้นให้ผู้เรียนทำงานร่วมกัน มุ่งเน้นแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นจริงบนโลก โดยการกำหนดสถานการณ์ที่มีความท้าทายในการพัฒนาวิธีการแก้ปัญหา โดยเปิดโอกาสให้ผู้เรียนมีส่วนร่วม

ร่วมในการกำหนดประเด็นปัญหา นำความรู้มาแก้ปัญหาภายใต้เงื่อนไขและข้อจำกัดเพื่อออกแบบและสร้างสรรค์ให้เกิดการทำงานที่เหมาะสมที่สุด

5) มุ่งเน้นทักษะในศตวรรษที่ 21 ได้แก่ ทักษะการแก้ปัญหา ทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ทักษะการสื่อสาร ทักษะการทำงานร่วมกัน และทักษะการคิดสร้างสรรค์

#### 1.4 องค์ประกอบของสะเต็มศึกษา

การจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา เป็นการบูรณาการเนื้อหาและกระบวนการมีองค์ประกอบ 4 รายวิชา คือ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรม และคณิตศาสตร์เข้าด้วยกัน เป็นการบูรณาการทั้งสี่รายวิชาเข้าด้วยกันด้วยรูปแบบสหวิทยาการ โดยมุ่งให้ผู้เรียนแก้ปัญหาที่พบเห็นในชีวิตจริง สร้างเสริมประสบการณ์ ทักษะชีวิต ความคิดสร้างสรรค์และเตรียมความพร้อมให้กับผู้เรียนในการปฏิบัติงานที่ต้องใช้องค์ประกอบความรู้และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์และเทคโนโลยี รวมทั้งนำไปสู่การสร้างนวัตกรรมในอนาคต (Rosicka, 2016; สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2557) ดังนั้น เพื่อให้เกิดความเข้าใจที่ถูกต้องเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้ด้วยรูปแบบดังกล่าว จึงมีความจำเป็นที่จะต้องเข้าใจความหมาย กระบวนการและทักษะตลอดจนความสัมพันธ์ของแต่ละรายวิชา โดยมีรายละเอียดของแต่ละองค์ประกอบ ดังต่อไปนี้

คำว่า “STEM” จะมีความเกี่ยวข้องกับองค์ประกอบ 4 รายวิชา ดังนี้

(Council, 2012; Vasquez et al., 2013; กิตติชัย สุธาสีโนบล, 2557; จำรัส อินทลาภาพร, 2558; พรทิพย์ ศิริภทราชัย, 2556)

1) วิทยาศาสตร์ (Science: S) เป็นวิชาที่ว่าด้วยการศึกษาปรากฏการณ์ต่าง ๆ ในธรรมชาติ ซึ่งเป็นปรากฏการณ์ในจักรวาลที่สามารถสังเกตและวัดได้ วิชาวิทยาศาสตร์เป็นเครื่องมือที่ถูกใช้โดยนักวิทยาศาสตร์เพื่อทำความเข้าใจสิ่งที่เคยการเปลี่ยนแปลงโลกของธรรมชาติ กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งเป็นพื้นฐานที่สำคัญของการพัฒนาด้านเทคโนโลยี โดยอาศัยกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ด้วยกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ (Scientific inquiry)

2) เทคโนโลยี (Technology: T) เป็นวิชาที่ว่าด้วยกระบวนการการทำงานเพื่อแก้ปัญหา ปรับปรุงแก้ไข หรือพัฒนาสิ่งประดิษฐ์ต่าง ๆ ที่สร้างขึ้น เพื่อตอบสนองความต้องการหรือความจำเป็นของมนุษย์ (International technology education association, 2007) นอกจากนี้มนุษย์ยังใช้เทคโนโลยีเพื่อทำให้ชีวิตมนุษย์ดีขึ้นและปลอดภัยมากขึ้น โดยกระบวนการแก้ปัญหาหรือการทำงานทางเทคโนโลยีนั้น ที่เรียกว่ากระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

(Engineering Design) หรือกระบวนการออกแบบ (Design Process) ซึ่งเป็นกระบวนการแก้ปัญหาอย่างเป็นขั้นตอนคล้ายกับกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์

3) วิศวกรรมศาสตร์ (Engineering: E) เป็นวิชาที่เกี่ยวกับการจัดการ การวางแผนการออกแบบ การสร้างสรรค์และพัฒนานวัตกรรมหรือสร้างสิ่งต่าง ๆ เพื่อสร้างประโยชน์ในทางเศรษฐกิจและอำนวยความสะดวกของมนุษย์ โดยอาศัยความรู้ทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์และเทคโนโลยีที่ได้รับจากการศึกษา และจากประสบการณ์หรือการฝึกปฏิบัติ ซึ่งความรู้ทางวิศวกรรมศาสตร์นั้นเป็นจุดเด่นสำคัญของสะเต็มศึกษา เนื่องจากเป็นศาสตร์ที่ช่วยให้ผู้เรียนเรียนรู้ผ่านกระบวนการเรียนรู้ทางวิศวกรรมศาสตร์บนฐานของการออกแบบ (Design-based learning) เน้นการแก้ปัญหาเพื่อพัฒนาและสร้างสรรค์ชิ้นงาน ดังนั้นวิชาวิศวกรรมในสะเต็มศึกษาใช้ข้อความแทนว่า “กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม” (Engineering Design Process) ซึ่งหมายถึงวิธีการทางวิทยาศาสตร์ที่วิศวกรใช้ในการสร้างสรรค์ผลงาน เพื่อตอบสนองความต้องการของมนุษย์ (Katehi, Pearson, & Feder, 2009; รัชพล ธนานุวงศ์, 2013) กล่าวคือในขณะที่ผู้เรียนทำกิจกรรมเพื่อพัฒนาความรู้ ความเข้าใจและฝึกทักษะทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์และเทคโนโลยี ผู้เรียนต้องมีโอกาสนำความรู้มาออกแบบวิธีการหรือกระบวนการเพื่อตอบสนองความต้องการหรือแก้ปัญหาที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวัน เพื่อให้ได้เทคโนโลยีซึ่งเป็นผลผลิตจากกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

4) คณิตศาสตร์ (Mathematics: M) เป็นวิชาที่เกี่ยวกับกระบวนการคิด คณิตศาสตร์ (Mathematical Thinking) เน้นการมองหารูปแบบและความสัมพันธ์ของสิ่งต่าง ๆ ซึ่งอาจเป็นตัวเลข รูปทรงเรขาคณิตหรือชุดของสมการต่าง ๆ โดยใช้ทักษะด้านการคำนวณเป็นพื้นฐานและการพิสูจน์ หน่วยงานที่รับผิดชอบในการกำหนดมาตรฐานนี้ คือ สภาครูและมาตรฐานคณิตศาสตร์แห่งชาติ (National Council of Teachers of Mathematics (NCTM), 1989) รวมถึงการใช้ภาษาคณิตศาสตร์ คือสามารถถ่ายทอดความคิดหรือความเข้าใจความคิดรวบยอด (Concept) โดยใช้ภาษาทางคณิตศาสตร์ในการสื่อสารได้

ดังนั้น สะเต็มศึกษา (STEM Education) จึงเป็นรูปแบบการเรียนรู้แบบสหวิทยาการเป็นลักษณะของการบูรณาการการเรียนรู้ 4 วิชาหลัก ได้แก่ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี คณิตศาสตร์ และวิศวกรรมศาสตร์เข้าด้วยกัน โดยการผนวกกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมศาสตร์ เพื่อให้ผู้เรียนได้เรียนรู้เนื้อหาเชิงลึกและนำเอาแนวคิดสำคัญของทั้ง 4 วิชามาประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหาในชีวิตประจำวันและเชื่อมโยงสู่บริบทต่าง ๆ ได้

## 1.5 รูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา

การจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา เป็นแนวทางการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ (inquiry approach) เพื่อให้ผู้เรียนได้เกิดการบูรณาการความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี คณิตศาสตร์ ผสมกับกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม โดยมีเป้าหมายที่จะส่งเสริมให้ผู้เรียนนำองค์ความรู้ต่าง ๆ มาบูรณาการ โดยการคิด การตั้งคำถาม การกำหนดปัญหา การลงมือปฏิบัติ เพื่อแก้ปัญหาหรือพัฒนานวัตกรรม ซึ่งมีนักการศึกษาได้พัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา ในรูปแบบต่าง ๆ ผู้วิจัยขอนำเสนอรูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มที่มีนักศึกษานิยมนำมาใช้ในการจัดการเรียนรู้ 4 รูปแบบ โดยมีขั้นตอนและกระบวนการสอน ดังนี้

### 1.5.1 รูปแบบการเรียนรู้แบบสืบเสาะแบบ 5E

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2544: 79-80) ได้นำวิธีการสอนแบบสืบเสาะแบบ 5E มาใช้ในการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา ประกอบด้วย 5 ขั้นตอน ดังนี้

1) ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement) เป็นการนำเข้าสู่บทเรียนหรือเรื่องที่สนใจ ซึ่งอาจเกิดขึ้นเองจากความสงสัยหรือความสนใจของตัวผู้เรียนเอง หรือเกิดจากการอภิปรายในกลุ่ม เรื่องที่น่าสนใจมาจากเหตุการณ์ที่กำลังเกิดขึ้นอยู่ในช่วงเวลานั้น หรือเป็นเรื่องที่เชื่อมโยงกับความรู้เดิมที่เพิ่งเรียนรู้มา เป็นตัวกระตุ้นให้ผู้เรียนสร้างคำถาม กำหนดประเด็นที่จะศึกษา ในกรณีที่ยังไม่มีประเด็นใดน่าสนใจ ครูอาจจัดกิจกรรมหรือสถานการณ์เพื่อกระตุ้นหรือท้าทายให้ผู้เรียนตื่นตัว สงสัย อยากรู้ อยากเห็น หรือขัดแย้ง เพื่อนำไปสู่การแก้ปัญหา การศึกษาค้นคว้า หรือการทดลอง แต่ไม่ควรบังคับให้ผู้เรียนยอมรับประเด็นหรือปัญหาที่ครูกำลังสนใจเป็นเรื่องที่จะศึกษา ทำได้หลายแบบ เช่น การสาธิต การทดลอง การนำเสนอข้อมูล การเล่าเรื่อง/เหตุการณ์ ให้ค้นคว้า/อ่านเรื่อง อภิปราย/พูดคุย สนทนา เกม สื่อ วัสดุอุปกรณ์ สร้างสถานการณ์/ปัญหาที่น่าสนใจ

2) ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration) เมื่อทำความเข้าใจในประเด็นหรือคำถามที่สนใจอย่างถ่องแท้แล้วให้มีการวางแผนกำหนดแนวทางในการสำรวจตรวจสอบ ตั้งสมมติฐาน กำหนดทางเลือกที่เป็นไปได้ ลงมือปฏิบัติเพื่อรวบรวมข้อมูล ข้อเสนอหรือปรากฏการณ์ต่าง ๆ วิธีการตรวจสอบทำได้หลายวิธี เช่น ทำการทดลอง ทำกิจกรรมภาคสนาม การศึกษาหาข้อมูลจากเอกสารอ้างอิงหรือแหล่งข้อมูลต่าง ๆ เพื่อให้ได้ข้อมูลอย่างเพียงพอที่จะนำไปใช้ในขั้นต่อไป

3) **ชั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation)** เมื่อได้ข้อมูลเพียงพอต่อการสำรวจตรวจสอบแล้ว จึงนำข้อมูลที่ได้อธิบายวิเคราะห์ แปลผล สรุปและอภิปราย พร้อมนำเสนอผลงานในรูปแบบต่าง ๆ ซึ่งอาจเป็นการบรรยายสรุป วาดรูป สร้างตาราง เขียนแผนผัง ฯลฯ การค้นพบในขั้นนี้เป็นไปได้หลายทาง เช่น สนับสนุนสมมติฐานที่ตั้งไว้ หรือโต้แย้งกับสมมติฐานที่ตั้งไว้ หรือไม่เกี่ยวข้องกับประเด็นที่กำหนดไว้ โดยมีการอ้างอิงความรู้ประกอบการให้สมเหตุผล ผลการลงข้อสรุปถูกต้อง แต่ผลที่ได้จะอยู่ในรูปแบบใดก็สามารถสร้างความรู้และช่วยให้เกิดการเรียนรู้ได้

4) **ชั้นขยายความรู้ (Elaborate)** เป็นการนำความรู้ที่สร้างขึ้นไปเชื่อมโยงกับความรู้เดิม หรือแนวคิดที่ได้ค้นคว้าเพิ่มเติมหรือนำแบบจำลองหรือข้อสรุปที่ได้ไปใช้อธิบายสถานการณ์ หรือเหตุการณ์ต่าง ๆ ได้ ซึ่งจะช่วยเชื่อมโยงกับเรื่องราวต่าง ๆ ทำให้เกิดความรู้กว้างขวางขึ้น

5) **ชั้นประเมิน (Evaluation)** เป็นการประเมินการเรียนรู้ด้วยกระบวนการต่าง ๆ ว่าผู้เรียนมีความรู้อะไรบ้าง อย่างไร มากน้อยเพียงใด จากนั้นจึงนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในเรื่องอื่น ๆ การนำความรู้และแบบจำลองไปใช้อธิบายหรือประยุกต์ใช้กับเหตุการณ์หรือเรื่องอื่น ๆ จะนำไปสู่ข้อโต้แย้งหรือข้อจำกัดซึ่งก่อให้เกิดเป็นประเด็นหรือคำถาม หรือปัญหาที่จะต้องสำรวจตรวจสอบต่อไป ทำให้เกิดกระบวนการที่ต่อเนื่องไปเรื่อย ๆ

### 1.5.2 กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม (Engineer design Process)

Morgan et al. (2013) ได้นำเสนอว่ากระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมเหมาะสมในการจัดการเรียนการสอนสะเต็ม เนื่องจากกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เป็นการประยุกต์แนวคิดวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี เพื่อแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบ และทำให้ผู้เรียนเข้าใจวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์และเทคโนโลยีได้อย่างลึกซึ้ง ประกอบด้วย 7 ขั้นตอน ดังนี้

1) **การกำหนดปัญหาหรือความท้าทาย (Identify Problem and Constraints)** เป็นขั้นตอนทำความเข้าใจในสิ่งที่ปัญหาในชีวิตประจำวัน กำหนดปัญหาหรือความท้าทาย ทำความเข้าใจและอธิบายวัตถุประสงค์การออกแบบการทำงานอย่างกระชับ และจำเป็นต้องหาวิธีการหรือสร้างสิ่งประดิษฐ์ เพื่อแก้ไขปัญหาดังกล่าว

2) **การสำรวจแนวคิดเพื่อแก้ปัญหา (Research)** เป็นการรวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหา สร้างและวิเคราะห์การออกแบบแนวความคิดเพื่อการแก้ปัญหา ผู้เรียนจะต้องเข้าใจและประเมินความเป็นไปได้ลักษณะของข้อมูลและแนวคิด ก่อนจะนำไปใช้ในการสร้างชิ้นงาน

3) การวางแผนการพัฒนาวิธีการแก้ปัญหา (Ideate) ผู้เรียนระดมสมองร่วมกันสร้างวิธีการแก้ปัญหา และกำหนดขั้นตอนในการทำงาน วางแผนวิธีการแก้ปัญหา

4) ทดสอบและประเมินแนวคิด (Analyze Ideas) หลังจากร่วมกันออกแบบวิธีการแก้ปัญหา ผู้เรียนจำเป็นต้องนำหลักการของคณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมาใช้เพื่อปรับปรุงและพัฒนาเพิ่มเติม ใช้ทำนายลักษณะความแตกต่างในการแก้ปัญหา วิเคราะห์ในบริบทของเกณฑ์และเงื่อนไข เพื่อที่จะกำหนดทางเลือกที่หลากหลาย

5) การสร้างต้นแบบ (Build) การสร้างแบบจำลองหรือหรือพัฒนาต้นแบบ (prototype) เพื่อใช้ในการทดสอบแนวคิดที่ใช้ในการแก้ปัญหา

6) การทดสอบและปรับปรุงแก้ไข (Test and Refine) ทดสอบและประเมินประสิทธิภาพของต้นแบบภายใต้เงื่อนไข เพื่อแก้ปัญหาโดยผลที่ได้อาจถูกนำมาใช้ในการปรับปรุงและพัฒนาผลลัพธ์ให้มีประสิทธิภาพในการแก้ปัญหามากขึ้น

7) การนำเสนอและสะท้อนความคิด (Communicate and Reflect) การออกแบบเชิงวิศวกรรม ต้องการให้เกิดประสิทธิภาพด้านการสื่อสาร โดยหลังการพัฒนา ปรับปรุง ทดสอบ ผู้แก้ปัญหาต้องนำเสนอผลลัพธ์ โดยออกแบบวิธีการนำเสนอข้อมูลที่เข้าใจง่ายและน่าสนใจ

### 1.5.3 การใช้ปัญหาเป็นฐาน (Problem-Based Learning)

Lou et al. (2011) ได้ศึกษาผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานในการบูรณาการความรู้ทางสะเต็ม และนอกจากนี้ใช้ STEM internet platform ที่พัฒนาขึ้นเพื่อให้สมาชิกในกลุ่มร่วมกันอภิปรายและแบ่งปันความรู้ ข้อมูล เพื่อนำความรู้ทางสะเต็มไปใช้แก้ปัญหา เพื่อออกแบบและประดิษฐ์รถเข็นพลังงานแสงอาทิตย์ เพื่อดูข้อมูลทางทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยี และวิศวกรรมศาสตร์ที่เกิดจากการตอบโต้ของนักเรียนออนไลน์ ในการบูรณาการความรู้ทางสะเต็มของผู้เรียนหญิงชั้นมัธยมศึกษาในประเทศไทยได้หันในการร่วมกันหาวิธีการแก้ปัญหาแข่งขันประดิษฐ์รถเข็นพลังงานแสงอาทิตย์ ประกอบด้วย 6 ขั้นตอน (Lou et al., 2011) ดังนี้

1) ขั้นยืนยันปัญหา (Confirm Problem) มีการถามผู้เรียนเพื่อยืนยันและอธิบายผ่านการอภิปรายคำถามสำคัญ ที่เกี่ยวกับวัสดุอุปกรณ์

2) ขั้นการทำความเข้าใจปัญหา (Clarify Problem) หรือการระบุปัญหา ขึ้นอยู่กับองค์ประกอบของปัญหาและการอธิบายวิธีการแก้ปัญหาในขั้นตอนแรก ให้ผู้เรียนมีการ

แก้ปัญหาเหล่านั้นผ่านการอภิปรายเพื่อที่จะระบุความรู้เกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรม และคณิตศาสตร์

3) ขั้นการวางแผน (Planning) ประกอบด้วย แนวทางในการวางแผน ประกอบด้วยกรอบการทำงานและหน้าที่ของชิ้นงาน และการพิจารณาขั้นตอนการประดิษฐ์และปัญหาอุปสรรคที่เกิดขึ้น

4) ขั้นการทดลอง (Contingency Plan) มีคำถามให้ผู้เรียนอธิบาย แผนการทดลองและขั้นตอนที่พวกเขาจะใช้ในการแก้ปัญหาในแต่ละขั้น

5) ขั้นการปรับปรุงแผน (Realize Planning) นำมาซึ่งการสรุปรูปแบบ ตอนต้น ตามที่ได้วางแผนการทดลอง และต้องมีการแนะนำรายละเอียดและอธิบายลักษณะของ โมเดล หลังจากเสร็จสิ้นตามแผนการทดลอง และจำเป็นต้องมีการแนะนำรายละเอียดของรูปแบบ

6) ขั้นประเมินผล (Assessment) รูปแบบตอนต้นเสร็จสมบูรณ์ นำไปสู่ ขั้นตอนการทดสอบและการปรับปรุงแก้ไข พร้อมอธิบายถึงขั้นตอนและสิ่งที่ผู้เรียนได้เรียนรู้จากการทดสอบและการปรับปรุงแก้ไข

จากผลการศึกษาความสามารถของนักเรียนในการบูรณาการความรู้ โดยการนำ รูปแบบการใช้ปัญหาเป็นฐานไปใช้ พบว่า ความสามารถในการนำความรู้ทางวิทยาศาสตร์และ ทางคณิตศาสตร์อยู่ในระดับสูง แต่ความรู้ทางเทคโนโลยีและวิศวกรรมศาสตร์นั้นยังมีน้อย เนื่องจากขาดเทคนิคการประกอบชิ้นส่วน และดูจากการอภิปรายพบว่านักเรียนใช้พื้นที่ของ STEM Platform ในส่วนของความรู้ทางเทคโนโลยีและวิศวกรรมศาสตร์มีการพูดคุยอภิปรายมากกว่าด้าน ทางวิทยาศาสตร์และทางคณิตศาสตร์

#### 1.5.4 การเรียนรู้โดยการออกแบบ 6E (The 6E Learning by Design)

Burke (2014: 14-15) ได้นำรูปแบบการจัดการเรียนรู้สี่สัปดาห์แบบ 5E ของ Bybee (1997: 176) มาปรับปรุง พัฒนาเป็นรูปแบบการเรียนรู้แบบ 6E เพื่อส่งเสริมผู้เรียนในการ เรียนรู้แบบสี่สัปดาห์ เน้นผู้เรียนเป็นศูนย์กลางในการออกแบบและสร้างชิ้นงาน ตามแนวทางการ จัดการเรียนรู้ สะเต็มศึกษา รูปแบบดังกล่าวมีความพิเศษในเพิ่มขั้นตอน “eNGINEER” เรียกว่า ขั้นการออกแบบเชิงวิศวกรรม ซึ่งเป็นขั้นตอนที่มุ่งเน้นผู้เรียนได้มีการออกแบบวิธีการแก้ปัญหาหรือ สร้างชิ้นงานในฐานะนักวิศวกรอย่างแท้จริง (Burke, 2014) Love และ Deck (2015: 33-40) ได้นำ รูปแบบดังกล่าวมาสร้างแผนการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษา เพื่อให้ครูผู้สอนนำแผนการจัดการ เรียนรู้ดังกล่าวไปใช้สอนนักเรียน เรื่องแรงและการเคลื่อนที่ โดยกำหนดสถานการณ์ให้นักเรียน สมมติบทบาทเป็นนักสมุทรศาสตร์ มีหน้าที่ในการออกแบบแผงป้องกันคลื่นน้ำหรือ คลื่นสึนามิ

เพื่อป้องกันความเสียหายที่มีผลต่อสิ่งแวดล้อมหรือสิ่งมีชีวิตในทะเลบนชายฝั่งและมหาสมุทร โดยการออกแบบเชิงวิศวกรรม รูปแบบดังกล่าวช่วยให้ผู้สอนด้านวิทยาศาสตร์ ด้านเทคโนโลยี และ วิศวกรรมศาสตร์สอนข้ามแนวคิดหรือเป็นการบูรณาการข้ามสาขาวิชาได้ และพบว่ารูปแบบ 6E เน้นการเชื่อมโยงระหว่างแนวคิดวิทยาศาสตร์กับวิศวกรรมศาสตร์ได้อย่างชัดเจน ประกอบด้วย 6 ขั้นตอน (Love & Deck, 2015) ดังนี้

1) ขั้นกระตุ้นความสนใจ (Engage) เป็นขั้นกระตุ้นความสนใจของผู้เรียน นำเข้าสู่บทเรียนด้วยการจัดกิจกรรมหรือให้สถานการณ์ที่น่าสนใจอาจมาจากเหตุการณ์ที่กำลังเกิดขึ้น หรือเป็นเรื่องที่เชื่อมโยงกับความรู้เดิมที่เรียนมาแล้วเพื่อประเมินความรู้ความเข้าใจก่อนเรียน และทบทวนความรู้เดิม

2) ขั้นสำรวจและค้นหา (Explore) เป็นขั้นตอนให้ผู้เรียนทำความเข้าใจในประเด็นหรือคำถามที่สนใจ ร่วมกันสร้างและพัฒนาแนวความคิดทางวิทยาศาสตร์ โดยให้เวลาและโอกาสแก่ผู้เรียนในการทำกิจกรรมวางแผนกำหนดแนวทางการสำรวจตรวจสอบ ค้นหาสิ่งที่ผู้เรียนต้องการเรียนรู้ตามความคิดเห็นผู้เรียนแต่ละคน ร่วมกันอภิปรายในกลุ่มและในชั้นเรียน เน้นการทำงานเป็นทีม โดยครูทำหน้าที่คอยอำนวยความสะดวกให้แนวทางแก่ผู้เรียน

3) ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explain) เป็นขั้นตอนให้ผู้เรียนมีโอกาสนในการอธิบายแนวความคิดจากการสำรวจและค้นหา ตรวจสอบสิ่งที่ได้เรียนรู้ ปรับปรุงและจัดลำดับ เชื่อมต่อความคิด

4) ขั้นการออกแบบเชิงวิศวกรรม (Engineer) เป็นขั้นตอนให้ผู้เรียนพัฒนาความรู้ความเข้าใจเชิงลึกเกี่ยวกับประเด็นปัญหา โดยการใช้นวัตกรรม การปฏิบัติและทัศนคติ ไปประยุกต์ใช้เพื่อออกแบบวิธีการแก้ปัญหา สร้าง ประเมินและปรับปรุง องค์ประกอบสำคัญในขั้นตอนนี้ คือ การออกแบบที่เพิ่มการบูรณาการความรู้คณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์ และวิชาอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง ประกอบกับการลงมือปฏิบัติตามแนวทางการออกแบบเชิงวิศวกรรม (Katehi et al., 2009)

5) ขั้นขยายความรู้ (Enrich) เป็นขั้นตอนให้ผู้เรียนมีโอกาสนในการค้นคว้าข้อมูลเชิงลึกยิ่งขึ้น ในสิ่งที่พวกเขาได้เรียนรู้และเพื่อถ่ายโอนแนวความคิดไปสู่ปัญหาที่ซับซ้อนยิ่งขึ้น หรือเปิดโอกาสให้ผู้เรียนนำวิธีการแก้ปัญหาที่ได้จากการเรียนรู้ไปประยุกต์ใช้ใน ชีวิตประจำวัน ใช้ประโยชน์หรือแก้ปัญหาในบริบทอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง หรือสถานการณ์ใหม่ที่ครูเตรียมไว้



6) **ขั้นประเมิน (Evaluate)** เป็นขั้นตอนที่ทั้งครูและผู้เรียนร่วมกัน ตรวจสอบวิธีการเรียนรู้และความเข้าใจที่เกิดขึ้นจากการเรียนรู้ ที่แสดงให้เห็นถึงความสามารถในการบูรณาการความรู้ทางสะเต็มและการประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหา

จากการศึกษารูปแบบการเรียนรู้โดยการออกแบบ 6E พบว่า เป็นรูปแบบที่ส่งเสริมผู้เรียนในการบูรณาการความรู้ทางสะเต็มได้ดีในระดับหนึ่ง ทั้งนี้ผู้วิจัยพบว่าในขั้นการออกแบบเชิงวิศวกรรมนั้นยังไม่ได้ส่งเสริมให้ผู้เรียนสร้างเกณฑ์เพื่อแสดงถึงการได้มาซึ่งวิธีการแก้ปัญหา

แต่จากการศึกษาปัญหาการใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้ทั้ง 4 รูปแบบที่กล่าวมาข้างถึงแม้ว่าแต่ละรูปแบบการจัดการเรียนรู้ล้วนเป็นรูปแบบที่ส่งเสริมการเรียนรู้สะเต็มศึกษา แต่พบว่าการจัดการเรียนรู้แต่ละรูปแบบยังพบปัญหาอยู่บ้าง เช่น ในจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานพบว่า ผู้เรียนส่วนใหญ่มีความสามารถด้านการบูรณาการทางวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ได้ แต่ยังขาดการบูรณาการด้านเทคโนโลยีและวิศวกรรมศาสตร์ (Lou et al., 2014) รูปแบบการเรียนรู้โดยการออกแบบ 6E (The 6E Learning by Design) พบว่าในขั้นการออกแบบเชิงวิศวกรรม ขาดการแสดงถึงขั้นการจำแนกความคิดของผู้เรียน (Distinguish Ideas) เพื่อแสดงถึงการได้มาซึ่งวิธีการแก้ปัญหา

ดังนั้นการวิจัยนี้ ผู้วิจัยเลือกนำรูปแบบการเรียนรู้โดยการออกแบบ 6E (The 6E Learning by Design) ของ Burk (2014: 14-20) มาพัฒนาเพื่อส่งเสริมผู้เรียนให้ทักษะการแก้ปัญหาทางสะเต็ม เนื่องจากรูปแบบดังกล่าวเป็นการจัดการเรียนรู้ที่เน้นการบูรณาการความรู้ระหว่างวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี คณิตศาสตร์ผนวกกับกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม สำหรับจุดเด่นของรูปแบบการเรียนรู้โดยการออกแบบ 6E เป็นการเพิ่ม “e” เรียกว่า Engineer ซึ่งในขั้นตอนนี้ผู้เรียนได้มีการออกแบบในฐานะนักวิศวกรอย่างแท้จริง สามารถสร้างความเชื่อมโยงระหว่างเทคโนโลยีและวิศวกรรมได้ (Burke, 2014)

แต่จากปัญหาที่พบในการจัดการเรียนรู้ดังกล่าวไว้ข้างต้น ผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้โดยการออกแบบ 6E ที่ผนวกการสร้างข้อโต้แย้ง ที่มุ่งเน้นผู้เรียนบูรณาการแนวคิดทางสะเต็มได้ และร่วมกันหาวิธีการแก้ปัญหาผ่านการโต้แย้งเพื่อให้ได้วิธีการแก้ปัญหาที่เหมาะสมหรือนำไปสู่การสร้างหรือพัฒนาขึ้นได้ ซึ่งสอดคล้องกับแนวปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์และวิศวกรรม และการปฏิบัติการทางวิศวกรรมศาสตร์ (National Research Council, 2013) ที่สนับสนุนให้มีการโต้แย้งด้วยหลักฐาน (Engaging in Argument from Evidence) ให้เหตุผลและข้อโต้แย้ง มีการวิพากษ์วิจารณ์ผลงาน เปรียบเทียบความแตกต่าง หาหลักฐานจากการทดสอบ สร้างข้อโต้แย้งที่เป็นไปได้ ประเมินข้อโต้แย้งของบุคคลอื่น และสุดท้าย

นำข้อมูลที่ได้มาปรับปรุง เพื่อช่วยให้ค้นพบวิธีการแก้ปัญหาที่ดีที่สุด (National Research Council, 2013; Tempich et al., 2007; สิริินภา กิจเกื้อกูล, 2558b)

### 1.6 การวัดและประเมินผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา

ในการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา ผู้สอนเป็นผู้มีบทบาทสำคัญในการเป็นผู้อำนวยความสะดวกและโค้ชของผู้เรียน โดยสร้างสถานการณ์ที่เป็นปัญหาที่ท้าทายความคิดของผู้เรียน และให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการแก้ปัญหา ดังนั้น เพื่อให้การจัดการเรียนรู้ดังกล่าวมีประสิทธิภาพมากที่สุด นอกจากผู้สอนจะต้องมีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาแล้ว ผู้สอนควรวัดและประเมินผลผู้เรียนว่ามีความรู้ความเข้าใจ มีทักษะและเจตคติต่อการจัดการเรียนรู้ดังกล่าวอย่างไร ในการวัดและประเมินผลตามแนวสะเต็มศึกษา ผู้สอนควรใช้วิธีการวัดและประเมินผลที่หลากหลายทั้งก่อนเรียนและหลังเรียน ได้แก่ 1) การสังเกตพฤติกรรมการทำงานของผู้เรียน 2) การสัมภาษณ์ 3) การแสดงผลงาน 4) การบันทึกของผู้เรียน 5) การรายงานตนเอง 6) การประเมินผลภาคปฏิบัติ 7) การประเมินความสามารถ 8) การใช้แฟ้มสะสมผลงาน 9) การทดสอบ 10) การสอบถามระหว่างเรียน โดยการใช้คำถาม การประเมินตนเอง การประเมินจากเพื่อน และการบันทึกข้อมูลงานที่ทำเสร็จตามเป้าหมายที่กำหนดส่วนการประเมินหลังเรียน ผู้สอนสามารถประเมินโครงงานที่ผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติ

ซึ่งในการวัดและประเมินผลตามแนวสะเต็มศึกษา สามารถทำได้ 2 วิธี คือ 1) ในกรณีที่ผู้สอนใช้วิธีการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (Inquiry-based Learning) ในการสอนวิทยาศาสตร์ ผู้สอนสามารถประเมินผู้เรียนดังนี้ คือ 1.1) การตั้งคำถามในแบบทดสอบ 1.2) การปฏิบัติการทำงานทดลอง 1.3) การรายงานผลการทดลอง 1.4) การศึกษาตัวแปรที่ใช้ในการทดลอง 2) ในกรณีที่ผู้สอนใช้วิธีการจัดการเรียนรู้โดยการออกแบบเชิงวิศวกรรม (Engineering Design) ผู้สอนสามารถประเมินกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมของผู้เรียน ดังนี้ 2.1) การระดมความคิด 2.2) การพัฒนาโมเดลต้นแบบ และ 2.3) การทำงานเป็นทีม (จรัส อินทลาภาพร, มารุต พัฒนาผล, วิชัย วงษ์ใหญ่, & ศรัสมร พุ่มสะอาด, 2558)

นอกจากนี้แนวทางที่ได้รับการยอมรับว่าสามารถนำมาใช้วัดผลประเมินผลการเรียนรู้แบบการบูรณาการสะเต็มได้อย่างมีประสิทธิภาพดี มี 6 แนวทางด้วยกัน (McTighe; & O'Conner. 2005: 10-17) ดังนี้

1) ใช้การประเมินเพื่อสรุปผลการเรียนรู้ (Summative assessment) เป็นกรอบในการสร้างแนวทางการจัดการเรียนรู้ให้กับผู้เรียน

- 2) แจ้งให้ผู้เรียนทราบถึงเกณฑ์การให้คะแนน และตัวอย่างของผลการเรียนรู้ที่เป็นต้นแบบของความสำเร็จ
- 3) มีการประเมินผู้เรียนก่อนเรียน
- 4) มีการเสนอให้ผู้เรียนเลือกว่าจะถูกประเมินอย่างไร
- 5) มีการให้ผลสะท้อนการเรียนรู้บ่อย ๆ ในช่วงเวลาที่เหมาะสม
- 6) เปิดโอกาสให้ผู้เรียนประเมินตนเอง และตั้งเป้าหมายการเรียนรู้ด้วยตนเอง

การจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา เป็นการจัดกิจกรรมเน้นให้ผู้เรียนทำงานร่วมกันเป็นกลุ่ม มีการแลกเปลี่ยนเรียนรู้และให้ข้อมูลย้อนกลับแก่ผู้เรียน เพื่อตรวจสอบความรู้ ความเข้าใจของผู้เรียน ส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ที่มีความหมาย ได้เรียนรู้เกี่ยวกับสาระ สะเต็ม ให้มีทักษะการคิดขั้นสูง การแก้ปัญหา การคิดอย่างมีวิจารณญาณ และการตัดสินใจ รวมทั้งสร้างองค์ความรู้ใหม่ ซึ่งเก็บไว้ในความทรงจำได้ยาวนานและสามารถนำความรู้ที่ได้จากการค้นพบไปประยุกต์ใช้ในสถานการณ์ต่าง ๆ ได้ (Glazewski & Ertmer, 2010; Rosicka, 2016; ทิศนา ขแมมณี, 2555) จะเห็นได้ว่า การจัดการเรียนรู้ดังกล่าวส่งเสริมให้ผู้เรียนสามารถเชื่อมโยงแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี คณิตศาสตร์ และกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ซึ่งส่งผลให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ที่มีความหมาย สามารถถ่ายโอนความรู้ได้ การเรียนรู้เกิดขึ้นเมื่อผู้เรียนได้เชื่อมโยงสิ่งที่เรียนรู้ใหม่หรือข้อมูลใหม่กับความรู้เดิมที่ผู้เรียนมีอยู่

นอกจากนี้การวัดและประเมินผลตามแนวสะเต็มศึกษา เน้นการวัดและประเมินในสภาพจริงและที่ผู้เรียนแสดงออกขณะทำกิจกรรมเพื่อการเรียนรู้ ซึ่งสามารถสะท้อนถึงความรู้ ความคิด เจตคติทางวิทยาศาสตร์ และความสามารถที่แท้จริงของผู้เรียน ซึ่งเป็นประโยชน์ในการ รับทราบพัฒนาการความก้าวหน้าในการเรียนรู้ และความสามารถของผู้เรียนว่าอยู่ในระดับใด มี จุดเด่นที่ควรส่งเสริมให้ผู้เรียนได้พัฒนาเต็มศักยภาพ และมีจุดอ่อนใดที่ควรจะได้รับการแก้ไข รวมทั้งผู้สอนจะได้ข้อมูลที่เป็นแนวทางในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้และปรับปรุงการจัดการเรียนรู้ ให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2557)

1) การประเมินจากสภาพจริง (Authentic assessment) คือการประเมิน ความสามารถที่แท้จริงของผู้เรียน จากการแสดงออก การกระทำหรือผลงานเพื่อสร้างความรู้ด้วยตนเอง ในขณะที่ผู้เรียนแสดงออกในการปฏิบัติกิจกรรมหรือสร้างชิ้นงาน สามารถสะท้อนให้เห็นถึง กระบวนการคิดระดับสูง กระบวนการทำงานและความสามารถในการแก้ปัญหาหรือการแสวงหา ความรู้

2) การประเมินผลด้านความสามารถ (Performance assessment) เป็นการประเมินจากการแสดงออกโดยตรงจากการทำงานต่าง ๆ จากสถานการณ์ที่กำหนดให้ ซึ่งเป็นของจริงหรือใกล้เคียงกับสภาพจริง และเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้แก้ปัญหาจากสถานการณ์จริงหรือปฏิบัติงานได้จริง โดยประเมินจากกระบวนการทำงาน กระบวนการคิด โดยเฉพาะการใช้ทักษะการคิดขั้นสูงในการสร้างสรรค์ผลงานที่ได้ ลักษณะการประเมินผลด้านความสามารถ สรุปได้ดังนี้

2.1) การมอบหมายงานที่มีความสัมพันธ์กับหลักสูตร เนื้อหา และสามารถนำไปใช้ในชีวิตประจำวันได้ เปิดโอกาสให้นักเรียนวิเคราะห์ห้องค์ประกอบงาน กระบวนการทำงาน และแนวทางในการพัฒนาชิ้นงาน ครูและนักเรียนอภิปรายร่วมกันเพื่อหาหรือเรื่องข้อตกลงในการปฏิบัติงาน วางแผนการดำเนินการร่วมกัน เพื่อสะดวกในการดำเนินกิจกรรมและการติดตามประเมินผล

2.2) การกำหนดตัวอย่างงาน อาจให้นักเรียนศึกษาแล้วปฏิบัติตามขั้นตอนหรือร่วมกันพัฒนาขั้นตอนการทำงานให้ดีกว่าเดิม

2.3) การสร้างสถานการณ์ที่มีความสัมพันธ์สอดคล้องกับชีวิตประจำวันให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติโดยใช้ทักษะการคิดขั้นสูงในการแก้ปัญหา

2.4) การทดสอบโดยใช้แบบทดสอบข้อเขียน อาจมีความจำเป็นน้อยลง แต่ยังคงต้องใช้แบบทดสอบข้อเขียนในการวัดระดับความรู้หรือทักษะกระบวนการต่าง ๆ โดยมุ่งเน้นในการวัดประเมินด้านความเข้าใจ การนำความรู้ทางวิทยาศาสตร์ไปประยุกต์ใช้ และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ มากกว่าวัดประเมินด้านความรู้ความจำหรือพฤติกรรมต่าง ๆ และเป็นแบบทดสอบที่วัดจากการจำลองสถานการณ์ที่เกี่ยวข้องในชีวิตประจำวัน

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2558: 20-22) ให้ความสำคัญต่อการแสดงออกที่แท้จริงของผู้เรียนขณะทำกิจกรรม ซึ่งมีแนวทางไปสู่ความสำเร็จของงานหรือวิธีการหาคำตอบหลายแนวทาง จึงไม่สามารถตรวจหรือให้คะแนนได้อย่างชัดเจน ดังนั้นการประเมินตามสภาพจริงต้องมีแนวทางทำให้คะแนนอย่างชัดเจน ซึ่งแนวทางการประเมินที่มีมาตรฐาน เรียกว่า rubric ซึ่งโดยทั่วไปมี 2 แบบ คือ

1) การประเมินเป็นภาพรวม (holistic score) เป็นการประเมินภาพรวมของงานจะไม่เก็บเป็นคะแนน แม้ว่าจะใช้การให้คะแนนในการประเมินก็ต้องให้ความหมายของภาพรวมให้ได้

2) การประเมินแบบแยกองค์ประกอบ (analytic score) จะมีการวิเคราะห์ว่าผลงานของผู้เรียนสามารถประเมินอะไรได้บ้าง แต่ละประเด็นผู้เรียนมีความสามารถอยู่ในระดับใด

นอกจากนี้ Jolly (2016: online) ได้เสนอว่า เมื่อครูวางแผนและออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา ครูต้องรู้ว่าในการดำเนินกิจกรรมการเรียนรู้นั้นครูต้องประเมินอะไรและประเมินอย่างไร โดยอาจใช้แนวปฏิบัติในการวัดและประเมินผลกิจกรรมสะเต็มดังนี้

1. ระบุเป้าหมายของแผนการจัดการเรียนรู้ให้ชัดเจน ครูต้องกำหนดเป้าหมายว่าต้องการให้นักเรียนได้พัฒนาด้านใด ซึ่งการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษานั้นอย่างน้อยนักเรียนควรได้รับการพัฒนาดังนี้

- 1.1 ทักษะการแก้ปัญหาสถานการณ์ที่สอดคล้องกับการดำรงชีวิตประจำวัน
- 1.2 องค์ความรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ให้เหมาะสมกับวัย
- 1.3 การใช้กระบวนการทางวิศวกรรมศาสตร์เป็นแนวทางในการคิดแก้ปัญหา
- 1.4 สร้างสรรค์และทดลองใช้ชิ้นงานเป็นเทคโนโลยีในการแก้ปัญหา

2. วัดความรู้ทางวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ ประเมินว่านักเรียนสามารถนำความรู้ทางวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์มาใช้ในกิจกรรมสะเต็มเพื่อแก้ปัญหาได้หรือไม่ โดยพิจารณาทั้งก่อนเรียนและหลังเรียน โดยอาจใช้คำถามสรุปผลการเรียน แล้วให้นักเรียนตอบแบบสั้นอย่างรวดเร็ว เพื่อทดสอบว่านักเรียนสามารถนำผนวกความรู้ทางวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาได้ถูกต้องและสามารถเชื่อมโยงความรู้สู่บทเรียนต่อไปได้ และความสำเร็จของการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาอาจสะท้อนให้เห็นได้จากการประเมินผลปลายภาคเรียนหรือการทำแบบทดสอบ

3. ประเมินกระบวนการทำงานร่วมกัน โดยก่อนที่จะเริ่มต้นกิจกรรมการเรียนรู้ ครูอาจจะใช้เวลาสั้น ๆ ในการประเมินการทำงานร่วมกันของกลุ่มหรือรายบุคคล โดยใช้คำถาม เช่น พฤติกรรมอะไรที่ทำให้กลุ่มเกิดทีมที่ดีในการทำกิจกรรมครั้งที่ผ่านมา สมาชิกในกลุ่มมีความรู้สึกที่ดีและยอมรับกันและกันหรือไม่ พฤติกรรมใดที่สมาชิกในกลุ่มต้องปรับปรุงให้ดีขึ้นในการทำกิจกรรมครั้งนี้ เมื่อเริ่มดำเนินกิจกรรม ครูควรจับบทบาทของสมาชิกในกลุ่มเพื่อให้เกิดการทำงานที่มีประสิทธิภาพสูงสุด และนักเรียนควรประเมินพฤติกรรมการทำงานร่วมกันของกลุ่มเป็นประจำสม่ำเสมอ

4. การประเมินทักษะสะเต็ม (STEM skills) การจัดการกิจกรรมสะเต็มศึกษาร่างมาพัฒนาทักษะต่าง ๆ สามารถประเมินได้จากความสามารถในการคิดวิธีการแก้ปัญหาที่หลากหลาย การสร้างชิ้นงานเพื่อแก้ปัญหา การออกแบบและทดลองใช้ชิ้นงานเพื่อช่วยแก้ปัญหา ผลการทดลองใช้ชิ้นงานหรือแนวคิดในการแก้ปัญหา การปรับปรุงหรือพัฒนาชิ้นงาน และนำเสนอนวัตกรรม

5. การวัดเจตคติและความเชื่อมั่นในการเรียนรู้วิชาสะเต็มศึกษา การพัฒนาเจตคติต่อวิชาสะเต็มศึกษาเป็นเป้าหมายหลักในการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาเพื่อให้ผู้เรียนเป็นแรงงานด้านสะเต็ม ในการพัฒนาประเทศในอนาคต สังเกตได้จากจินตนาการ ในการสร้างชิ้นงาน การยอมรับในความล้มเหลวและใช้ความล้มเหลวเป็นโอกาสในการแก้ไขปรับปรุงชิ้นงาน การแสดงความคิดเห็นและใช้ความคิดสร้างสรรค์เพื่อแก้ปัญหา มีความกระตือรือร้นในการเรียนรู้และกล้าซักถามเมื่อสงสัยมากขึ้น และการถ่ายโอนการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาไปประยุกต์ใช้กับงานอื่น

ในงานวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้พัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาที่บูรณาการการสร้างข้อโต้แย้ง (6E+A) เพื่อส่งเสริมทักษะการแก้ปัญหาทางสะเต็ม ซึ่งในการวัดและประเมินผลทักษะการแก้ปัญหาทางสะเต็มนั้น เป็นการประเมินผลด้านความสามารถในการสืบเสาะหาความรู้ และบูรณาการหรือเชื่อมโยงแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี คณิตศาสตร์ ผ่านกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมเพื่อสร้างวิธีการแก้ปัญหาที่เหมาะสม และสามารถให้เหตุผลในการเลือกวิธีการแก้ปัญหาและกำหนดวิธีประเมินได้อย่างเหมาะสม เป็นการประเมินระหว่างเรียนและหลังเรียน เพื่อตรวจสอบว่าผู้เรียนมีทักษะการแก้ปัญหาทางสะเต็มอยู่ในระดับใด ตามองค์ประกอบและตัวชี้วัดของทักษะการแก้ปัญหาทางสะเต็มที่ผู้วิจัยได้พัฒนาขึ้น ซึ่งเป็นการประเมินจากสภาพจริงหรือประเมินผลด้านความสามารถ

## 2. การโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์

### 2.1 ความหมายของการโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์

การโต้แย้ง การอภิปรายโต้แย้ง การโต้เถียง หรือการถกเถียง ภาษาอังกฤษใช้คำว่า Argumentation หมายถึง กระบวนการในการสร้างข้อโต้แย้ง ส่วนคำว่า ข้อโต้แย้ง ข้อโต้เถียง หรือข้อถกเถียง ภาษาอังกฤษใช้คำว่า Argument หมายถึง ข้อความที่สร้างขึ้นมาเพื่อแสดงเหตุผลสำหรับข้อกล่าวอ้างหรือการอธิบาย (Cavagnetto & Hand, 2012; Lin & Mintzes, 2010; J. Osborne, Erduran, & Simon, 2004; Sampson & Blanchard, 2012) นิยามความหมาย การโต้แย้งและข้อโต้แย้ง แบ่งได้เป็น 2 ลักษณะ ได้แก่ ความหมายในรูปแบบของกระบวนการสร้างข้อโต้แย้ง และความหมายในรูปแบบของข้อโต้แย้ง ดังนี้

การโต้แย้งเป็นกระบวนการทางสังคมที่สำคัญในการพิสูจน์ความจริงเพื่อทำให้ผู้อื่นมั่นใจ เชื่อถือและนำมาซึ่งการยอมรับความจริงหรือองค์ความรู้ที่นักวิทยาศาสตร์ได้ค้นพบ โดยอาศัยการร่วมกันพิจารณาใคร่ครวญอย่างมีเหตุมีผลและวิพากษ์วิจารณ์จากหลายหลายมุมมอง เพื่อหาทางขจัดข้อผิดพลาดขององค์ความรู้ที่เกิดขึ้น (เอกภูมิ จันทรขันธ์, 2559) นอกจากนี้ Collier

(1991) กล่าวว่า การโต้แย้งเป็นการสื่อสารระหว่างบุคคลที่มีการรับรู้ความเข้าใจที่แตกต่างกันและต่างฝ่ายต่างพยายามทำการคัดค้านแนวคิดของอีกฝ่าย ซึ่งสอดคล้องกับ Ruben and Stewart (1998) ที่มีแนวคิดเกี่ยวกับการโต้แย้งว่า เมื่อกลุ่มคนมีความคิดเห็นที่แตกต่างกันจะนำไปสู่การต่อสู้ทางความคิดของกลุ่มคนเหล่านั้น ส่วนข้อโต้แย้ง คือสิ่งต่าง ๆ ที่ผู้เรียนสร้างขึ้นมาเพื่อใช้ในการสื่อสารและยืนยันข้อกล่าวอ้างด้วยการพิสูจน์ให้เห็นจากเหตุผลและข้อเท็จจริงหรือลงข้อสรุปที่ได้รับการสนับสนุนจากเหตุผล โดยผ่านกระบวนการทำงานกลุ่มในการเสนอ วิจารณ์และประเมินแนวคิด

สำหรับความหมายของการโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ หมายถึง การที่บุคคลหรือกลุ่มบุคคลพยายามสร้างข้อโต้แย้ง ผ่านการถกเถียงเพื่อที่จะสร้าง สนับสนุน คัดค้าน หรือปรับปรุงข้อกล่าวอ้างทางวิทยาศาสตร์ (Scientific claim) นำไปสู่การยืนยันความถูกต้องและการลงข้อสรุปที่น่าเชื่อถือ และได้รับการยอมรับในแวดวงวิทยาศาสตร์บนพื้นฐานของข้อมูลและพยานหลักฐานเชิงประจักษ์ที่ได้จากการศึกษาค้นคว้างานวิจัยที่เกี่ยวข้อง หรือการลงมือทำการทดลองด้วยตนเอง ร่วมกับการให้เหตุผลเพื่อเชื่อมโยงข้อมูลและพยานหลักฐานเข้าด้วยกัน (Cavagnetto & Hand, 2012; Sampson & Blanchard, 2012; Smyrniou, Petropoulou, & Sotiriou, 2015)

จะเห็นได้ว่า การที่จะสร้างข้อโต้แย้งได้นั้น ต้องอาศัยกระบวนการ 2 ประการที่สำคัญ คือ การศึกษา ค้นคว้า ทดลอง เพื่อให้ได้มาซึ่งองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ และการวิพากษ์วิจารณ์ข้อโต้แย้งของนักวิทยาศาสตร์ รวมถึงสาธารณชนทั่วไปเพื่อให้องค์ความรู้ที่ค้นพบมีความถูกต้อง และได้รับการยอมรับ (เอกภูมิ จันทรวงศ์, 2559)

ดังนั้น การโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ หมายถึง การที่บุคคลหรือกลุ่มบุคคลพยายามสร้าง สนับสนุน คัดค้านหรือปรับปรุงข้อกล่าวอ้าง จากการใช้หลักฐานที่รวบรวมจากข้อมูลในรูปแบบต่าง ๆ โดยใช้เหตุผลในการอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างหลักฐานกับข้อกล่าวอ้างนั้น และนำไปสู่การลงข้อสรุปแนวความคิดหรือวิธีการแก้ปัญหาพร้อมกัน

## 2.2 ความสำคัญและแนวทางของการโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์

การโต้แย้งเป็นเทคนิคที่จำเป็นในการแก้ปัญหาที่หลากหลาย มีบทบาทสำคัญในการสร้างทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์และการสร้างคำอธิบาย ในขณะที่นักวิทยาศาสตร์ใช้ข้อโต้แย้งเพื่อเชื่อมโยงและนำข้อกล่าวอ้างมาเปรียบเทียบเพื่อทำการรับรองหรือยืนยัน (Kim et al., 2012; Smyrniou et al., 2015) การศึกษาประสิทธิภาพของกระบวนการโต้แย้ง ที่ส่งเสริมผู้เรียนสร้างสรรค์ทางเลือกที่หลากหลายและสร้างองค์ความรู้ รวมถึงปัจจัยที่มีผลต่อการเรียนสะเต็ม แนวทางการโต้แย้งในสะเต็มศึกษาเป็นแนวทางกระบวนการเรียนการสอน มีเป้าหมายในการเรียนรู้ คือ

ให้ผู้เรียนได้ทำการตรวจสอบประเด็นปัญหาที่เกิดขึ้นในปัจจุบัน และการมีส่วนร่วมในโต้แย้ง การอภิปรายร่วมกัน สามารถสร้างความคิดของแต่ละคนและส่งเสริมการเรียนรู้แนวคิดวิทยาศาสตร์ให้ข้อโต้แย้งของผู้เรียนเป็นหลักฐานเพื่อส่งเสริมศักยภาพในการสร้างความรู้ความเข้าใจใหม่ ๆ และการแบ่งปันมุมมองที่หลากหลาย นอกจากนี้ ได้เลือกแบบสอบถามเป็นเครื่องมือในการวิจัยเพื่อศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อวิธีการเรียนรู้ในด้านเจตคติของผู้เรียนต่อการเรียนสะเต็ม (Smyrniou et al., 2015) สำหรับกิจกรรมการเรียนรู้ไม่เพียงแต่กระตุ้นผู้เรียนให้ได้รับความรู้ใหม่เท่านั้น แต่ยังเป็นส่งเสริมการบูรณาการระหว่างความรู้ใหม่กับความรู้เดิมด้วยเช่นกัน การโต้แย้งและการวิเคราะห์ วิจัยเป็นทักษะที่มีความจำเป็นในสังคมวิทยาศาสตร์ เพื่อการนำไปสู่การสร้างความรู้ใหม่ และส่งเสริมการให้เหตุผล การโต้แย้งเป็นเทคนิคการศึกษาในชั้นเรียนวิทยาศาสตร์พบว่า มีความเกี่ยวข้องกับการได้มาซึ่งความรู้ทางวิทยาศาสตร์และส่งเสริมทักษะขั้นสูง เกี่ยวข้องกับการได้มาซึ่งทักษะการแก้ปัญหา การให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ ความสามารถในการสื่อสารและการคิดวิเคราะห์ ในบริบทและกิจกรรมที่แท้จริงไม่เพียงแต่กระตุ้นผู้เรียนให้ได้รับความรู้ใหม่ แต่ยังให้มุมมองสำหรับการรวมความรู้ใหม่กับความรู้ที่มีอยู่ เป็นโอกาสที่จะนำความรู้ที่ได้มาใหม่ (Smyrniou et al., 2015)

การโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ คือความพยายามในการสร้างคำอธิบาย การให้เหตุผล ความถูกต้องและความน่าเชื่อถือให้กับข้อกล่าวอ้างจากหลักฐานได้จากการตรวจสอบ สะท้อนให้เห็นถึงธรรมชาติและการมีส่วนร่วมของประชาคมวิทยาศาสตร์และสังคมในการได้มาซึ่งองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เมื่อผู้เรียนได้รับการจัดการเรียนการสอนที่ส่งเสริมการอภิปรายโต้แย้ง ผู้เรียนจะมีพัฒนาการที่สำคัญในทักษะการคิดขั้นสูง การตั้งคำถาม การอภิปรายโต้แย้ง และการคิดอย่างเป็นระบบ ทักษะการสื่อสาร ส่งเสริมการมีส่วนร่วมในการเรียนรู้ของผู้เรียน พัฒนาความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ทำให้เกิดการเรียนรู้ที่มีความหมาย ส่งเสริมการบูรณาการความรู้ในวิชาต่าง ๆ (Bell & Linn, 2000; Lin & Mintzes, 2010; Corey A Mathis, Siverling, Glancy, & Moore, 2015; ญัฐพัชญ์ เสริมสุข, ศศิเทพ ปิติพรเทพิน, & อุตัยวรรณ โกวิทวที, 2558; เอกภูมิ จันทพันธ์, 2559)

แนวคิดของนักการศึกษาที่นำการโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์เข้าไปสู่การเรียนการสอนวิทยาศาสตร์เพื่อสนับสนุนการบูรณาการความรู้ นั้น เนื่องจากเชื่อว่า การศึกษาเป็นเรื่องที่ซับซ้อนและเกี่ยวข้องกับการเรียนรู้ในหลายมิติ ไม่เพียงแต่มุ่งเน้นในเนื้อหาเท่านั้น แต่ยังให้ความสำคัญกับการแลกเปลี่ยนความคิดที่แตกต่างกันของสมาชิกภายในกลุ่ม ทำให้ผู้เรียนมองเห็นความแตกต่างระหว่างบุคคลจากการทำงานร่วมกัน มีการสำรวจเปรียบเทียบและสะท้อนแนวความคิด ซึ่งเป็น



แนวทางการส่งเสริมการ บูรณาการความรู้ (Bell & Linn, 2000; Davis, 2000; Kim et al., 2012; Lin & Mintzes, 2010; Corey A Mathis et al., 2015; ฌ็องส์ พูตู เสริมสุข et al., 2558; เอกภูมิ จันทรวงศ์, 2559) จะเห็นว่า การโต้แย้งนั้นฝึกให้ผู้เรียนได้ใช้ทักษะการคิดที่หลากหลาย มองปรากฏการณ์ต่าง ๆ ในหลายมุมมอง ใช้ความสามารถในการสืบเสาะหาข้อมูลหรือหลักฐานเชิงประจักษ์ที่สามารถตรวจสอบได้ สามารถประเมินความน่าเชื่อถือของข้อมูลหรือหลักฐาน จนผู้เรียนสามารถตัดสินใจได้ด้วยตนเอง

ในการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาเป็นการบูรณาการความรู้ทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์และเทคโนโลยี โดยผ่านกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ซึ่งกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมมีความสอดคล้องกันมากกับกระบวนการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ (สิรินภา กิจเกื้อกูล, 2558a; อภิสทิธิ ธงไชย, 2559) แต่สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (NRC, 2013) ได้พยายามจำแนกความแตกต่างระหว่างแนวปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์และวิศวกรรมศาสตร์ ไว้ดังนี้

- 1) การตั้งคำถามและการนิยามปัญหา (Asking Questions and Defining Problems)
- 2) การพัฒนาและใช้แบบจำลอง (Developing and Using Models)
- 3) การวางแผนและดำเนินการสำรวจตรวจสอบ (Planning and Carrying Out Investigations)
- 4) การวิเคราะห์และแปลความหมายข้อมูล (Analyzing and Interpreting Data)
- 5) การใช้คณิตศาสตร์และการคิดคำนวณ (Using Mathematics and Computational Thinking)
- 6) การสร้างคำอธิบายและการออกแบบการแก้ปัญหา (Constructing Explanations and Designing Solutions)
- 7) การสนับสนุนให้มีการโต้แย้งด้วยหลักฐาน (Engaging in Argument from Evidence)
- 8) การเก็บรวบรวม การประเมิน และการสื่อสารข้อมูล (Obtaining, Evaluating, and Communication Information)

จากการพิจารณาแนวปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์และวิศวกรรมจะเห็นได้ว่าแนวปฏิบัติทั้งสองนั้นมีความสอดคล้องกันมาก โดยวิทยาศาสตร์และวิศวกรรมศาสตร์ในสะเต็มนั้น เน้นกระบวนการที่ให้ผู้เรียนได้ตรวจสอบประเด็นปัญหาที่หลากหลาย โดยนำทั้งวิธีการทาง

วิทยาศาสตร์และกระบวนการทางวิศวกรรมมาประกอบการจัดการเรียนรู้ โดยผู้เรียนได้ตั้งคำถาม ทดสอบแนวคิดและลงข้อสรุปด้วยตนเอง (Carmody, 2016) แต่จากการศึกษาพบว่า มีจุดต่างอยู่ 2 ส่วนสำคัญคือ แนวปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์เริ่มต้นด้วยการตั้งคำถามเกี่ยวกับปรากฏการณ์ที่ตนเองสนใจ มุ่งสร้างคำอธิบายปรากฏการณ์ที่ได้ตั้งคำถามไว้ ในขณะที่แนวปฏิบัติทางวิศวกรรมศาสตร์เริ่มต้นด้วยการกำหนดปัญหาที่เกิดขึ้นและต้องการแก้ไข มุ่งคิดออกแบบหาวิธีการแก้ปัญหาและสร้างชิ้นงานเพื่อแก้ปัญหา นักวิชาการเชื่อว่า วิศวกรรมเกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหาไม่ได้เน้นเฉพาะการสร้างชิ้นงานเท่านั้น ดังนั้นการเรียนรู้สะเต็มเน้นเกี่ยวข้องกับทักษะการแก้ปัญหา

เมื่อพิจารณาแนวปฏิบัติในการสนับสนุนให้มีการโต้แย้งด้วยหลักฐาน (Engaging in Argument from Evidence) พบว่า แนวปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์นั้น ทำได้โดยการสร้างสถานการณ์การเรียนรู้ เพื่อทำให้เกิดประเด็นการโต้แย้ง ฝึกให้ผู้เรียนได้ใช้ทักษะการคิดขั้นสูง มองปรากฏการณ์ต่าง ๆ ในหลากหลายมุมมอง รู้จักการตั้งคำถาม และใช้ความสามารถในการสืบเสาะหาข้อมูลหรือหลักฐานเชิงประจักษ์ที่สามารถตรวจสอบได้ ประเมินค่าความน่าเชื่อถือของข้อมูลหรือหลักฐานและนำไปสู่การลงข้อสรุปที่ถูกต้องและเป็นที่ยอมรับร่วมกัน ส่วนแนวปฏิบัติทางวิศวกรรมศาสตร์นั้น ทำได้โดยการใช้รูปแบบ (Model) หรือสร้างสถานการณ์การเรียนรู้ ฝึกให้ผู้เรียนกำหนดปัญหา วิเคราะห์เกณฑ์บ่งชี้ความสำเร็จของการแก้ปัญหา รวมทั้งข้อจำกัดของปัญหา เพื่อช่วยให้ค้นพบวิธีการแก้ปัญหาที่ดีที่สุด ซึ่งต้องอาศัยฐานความรู้ทางวิทยาศาสตร์ โดยร่วมมือกันตลอดกระบวนการออกแบบ มีการวิพากษ์วิจารณ์ผลงาน เปรียบเทียบความแตกต่างหาหลักฐานจากการทดสอบ ประเมินข้อโต้แย้งของบุคคลอื่น และสุดท้ายนำข้อมูลที่ได้มาปรับปรุงสิ่งที่ออกแบบเพื่อให้สามารถใช้แก้ปัญหา (Corey A. Mathis et al., 2017; สิริวิภา กิจเกื้อกูล, 2558a; อภิสิทธิ์ รัชไชย, 2559)

จากกรอบการทำงานสำหรับแนวปฏิบัติ ที่เน้นการมีส่วนร่วมในการโต้แย้งจากหลักฐาน ทั้งนักวิทยาศาสตร์และวิศวกรสร้างข้อโต้แย้งด้วยหลักฐาน แต่ให้เหตุผลต่างกัน สำหรับแนวปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์ ใช้การโต้แย้งใช้เพื่อสร้างและสนับสนุนข้อกล่าวอ้างเกี่ยวกับปรากฏการณ์ธรรมชาติ สำหรับแนวปฏิบัติทางวิศวกรรม การโต้แย้งใช้เพื่อสร้างวิธีการแก้ปัญหาที่เหมาะสม ในการออกแบบเชิงวิศวกรรมนั้นคำนึงถึงหลักการทางวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ นอกจากนี้ยังต้องพิจารณาเกณฑ์การออกแบบ และข้อจำกัด จะเห็นได้ว่า การมีส่วนร่วมในการโต้แย้งจากหลักฐานเป็นแนวปฏิบัติที่สำคัญทางวิทยาศาสตร์และวิศวกรรม (Corey A Mathis et

al., 2015; Corey A. Mathis et al., 2017; National Research Council, 2012; Tempich et al., 2007)

### 2.3 องค์ประกอบของการโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์

องค์ประกอบของการโต้แย้งที่เน้นแบบแผนการโต้แย้งของทูลมิน (TAP) ยังเป็นที่ยอมรับในวงการวิทยาศาสตร์ศึกษาอย่างมาก ซึ่งประกอบด้วย ข้อกล่าวอ้าง (Claims: C) ข้อมูล (Data: D) คำรับรอง (Warrants: W) คำสนับสนุน (Backing: B) ข้อคัดค้าน (Rebuttals: R) และ คุณ สมบัติ (Qualifiers: Q) (Dawson & Venville, 2010; Macagno & Konstantinidou, 2012; Sampson & Clark, 2008) ซึ่งแต่ละองค์ประกอบของข้อโต้แย้งมีลักษณะ ดังต่อไปนี้

1) ข้อกล่าวอ้าง (Claims) หมายถึง ประโยคสรุปที่ได้มาจากการสื่อสารหรือ การอนุมานจากข้อเท็จจริง อยู่ในรูปของข้อสรุป ข้อเสนอ หรือคำยืนยัน (Brown, Timms, Nagashima, & Wilson, 2008; Dawson & Venville, 2010; McNeill & Krajcik, 2007; Sampson & Clark, 2008)

2) ข้อมูล (Data) หมายถึง สิ่งต่าง ๆ ที่เป็นประจักษ์พยานซึ่งได้จากการวัด การสังเกตหรือสำรวจค้นหา โดยอาจอยู่ในรูปข้อมูลทางสถิติ เหตุการณ์ประวัติศาสตร์ ข้อพิจารณาเปรียบเทียบจากผู้รู้ที่จะใช้เป็นหลักฐานในการสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง (Brown et al., 2008; Dawson & Venville, 2010; McNeill & Krajcik, 2007; Sampson & Clark, 2008)

3) คำรับรอง (Warrants) หมายถึง คำอธิบายเพื่อแสดงเหตุผลในการประเมินข้อมูลหรือหลักฐาน เพื่อให้หลักฐานนั้นเป็นที่ยอมรับว่าจำเป็นและเพียงพอที่จะนำไปสู่การนำไปใช้เป็นข้ออ้างต่อไป (Brown et al., 2008; Dawson & Venville, 2010; McNeill & Krajcik, 2007; Sampson & Clark, 2008)

4) คำสนับสนุน (Backing) หมายถึง ข้อตกลงพื้นฐานที่ใช้ในการสนับสนุนคำรับรองหรือเรียกว่า การตรวจพิสูจน์ (Verification) (Brown et al., 2008; Dawson & Venville, 2010; McNeill & Krajcik, 2007; Sampson & Clark, 2008)

5) ข้อคัดค้าน (Rebuttals) หมายถึง เป็นเงื่อนไขที่เกิดขึ้นเมื่อตรวจพบว่ามีเงื่อนไขที่ไม่ตรงกับข้อกล่าวอ้าง ซึ่ง Dawson and Venville (2010) กล่าวว่า การคัดค้านคล้ายกับกระบวนการที่เกิดขึ้นในการโต้แย้งที่เรียกว่าการแย้งกลับ (Counterargument) มีจุดประสงค์เพื่อแย้งทฤษฎีหรือแนวคิดนั้น แต่การแย้งข้อกล่าวอ้าง (Counter-claim) มีจุดประสงค์เพื่อแย้งเจ้าของทฤษฎีหรือแนวคิดนั้น (Dawson & Venville, 2010; Sampson & Clark, 2008)

6) คุณสมบัติ (Qualifiers) หมายถึง เงื่อนไขที่ใช้ในการแสดงหลักฐานเพื่อนำไปใช้พิสูจน์ข้อกล่าวอ้างว่าเป็นจริง

นอกจากนี้ มีนักการศึกษา ได้กำหนดองค์ประกอบของการสร้างข้อโต้แย้งไว้หลายแบบ โดยได้นำองค์ประกอบของการโต้แย้งของทูลมิน (Toulmin's argument pattern: TAP) มาปรับใช้ในรูปแบบต่าง ๆ ดังนี้

Bell; & Linn (2000: 797-802) ได้ศึกษา การประเมินการสร้างข้อโต้แย้งของนักเรียน ที่แสดงถึงโครงสร้างคำอธิบาย (Conclusion) ได้มาจากการนำข้อมูลหรือหลักฐาน (Evidence) และข้อตกลงพื้นฐาน (Backing) มาสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง เพื่อเขียนอธิบายแสดงเหตุผล (Warrant) ในประเด็นการโต้แย้ง

Kim et al. (2012) ได้ทำการศึกษา นำการโต้แย้งเพื่อเป็นเครื่องมือเพื่อทำความเข้าใจในการบูรณาการความรู้ที่ซับซ้อน โดยนำประเด็นทางวิทยาศาสตร์และทางสังคมมาใช้ในการเรียนการสอน ให้ผู้เรียนนำองค์ประกอบการโต้แย้งของทูลมินเป็นแนวทางเพื่อร่วมกันอภิปรายประกอบด้วย 1) ข้อกล่าวอ้าง (Claim) 2) หลักฐาน (Evidence) และ 3) การสร้างคำอธิบายหรือการชี้แจง (Explanation or Justify)

J. F. Osborne and Patterson (2011) ได้สรุปองค์ประกอบการโต้แย้งเพื่อสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ โดยมีองค์ประกอบ 3 ประการ (Berland & Reiser, 2008; McNeill & Krajcik, 2007; J. F. Osborne & Patterson, 2011; สันติชัย อนุวรชัย, 2557) ดังนี้

1) ข้อกล่าวอ้าง (Claims) คือ ข้อยืนยันหรือคำตอบของปรากฏการณ์ที่ศึกษา ซึ่งอยู่ในรูปของข้อสรุป โดยข้อสรุปนี้เป็นการอธิบายสิ่งที่เกิดขึ้นหรือสิ่งที่เกิดเป็นสาเหตุ

2) หลักฐาน (Evidences) คือ ข้อมูลเชิงวิทยาศาสตร์ที่เก็บรวบรวมเพื่อนำไปสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง โดยหลักฐานอาจอยู่ในลักษณะของข้อมูลเชิงปริมาณหรือข้อมูลเชิงคุณภาพ

3) การให้เหตุผล (Reasoning) คือ ข้อความที่แสดงความเชื่อมโยงระหว่างข้อกล่าวอ้างกับหลักฐาน โดยอยู่บนพื้นฐานของทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ซึ่งในกระบวนการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา ได้มีนักการศึกษา นำองค์ประกอบการสร้างข้อโต้แย้งมาใช้เพื่อส่งเสริมผู้เรียน และจากองค์ประกอบการสร้างข้อโต้แย้งของนักการศึกษาที่กล่าวมา ผู้วิจัยเลือกองค์ประกอบการโต้แย้ง ดังนี้ 1) ข้อกล่าวอ้าง (Claims) 2) หลักฐาน (Evidences) และ การให้เหตุผล (Reasoning) มาใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ซึ่งจะปรากฏในขั้นตอนการออกแบบเชิงวิศวกรรมผวนการสร้างข้อโต้แย้ง ซึ่งเป็นขั้นตอนที่ 4 ของรูปแบบการ

เรียนรู้แบบ 6E+A ที่ผนวกการสร้างข้อโต้แย้งเพื่อส่งเสริมทักษะการแก้ปัญหาทางสะเต็ม เพื่อให้ผู้เรียนร่วมกันวางแผนแนวทางในการแก้ปัญหา โดยองค์ประกอบการโต้แย้งทั้ง 3 องค์ประกอบ มีความสัมพันธ์กันคือ เมื่อสร้างข้อกล่าวอ้างแล้ว จำเป็นต้องหาหลักฐานมาสนับสนุนข้อกล่าวอ้างนั้น แล้วนำมาเขียนให้เหตุผลแสดงถึงความเชื่อมโยงระหว่างข้อกล่าวอ้างและหลักฐานที่มาสนับสนุนเพื่อแสดงวิธีการแก้ไขปัญหา

#### 2.4 วิธีการสอนและเทคนิคการจัดการเรียนรู้ที่ใช้ในการโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์

สำหรับวิธีสอนและเทคนิคการจัดการเรียนรู้โดยกระบวนการโต้แย้ง เป็นลักษณะการอภิปรายร่วมกันทำได้หลายวิธี เช่น การสนทนาระหว่างกลุ่ม การโต้แย้งโดยใช้สัญลักษณ์ การโต้แย้งจากเรื่องที่รู้ (จากประสบการณ์ หรือจากการวิจัยและความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ) โดยผู้เรียนอธิบายตัวอย่างและเรื่องราวที่ได้รับรู้, การปฏิบัติ และประสบการณ์เกี่ยวกับประเด็นต่าง ๆ โดยการแบ่งปันและอ้างหลักฐานที่ได้รวบรวมหรือจากความรู้เดิม ผู้เรียนพยายามโต้แย้งหรือคัดค้านในบางเรื่อง ทำให้ได้ข้อมูลที่หลากหลายเพื่อนำไปบูรณาการในมิติของความรู้ (Kim et al., 2012) การโต้แย้งเป็นตัวขับเคลื่อนการบูรณาการความรู้ เป็นเครื่องมือที่ทำให้เข้าใจความซับซ้อนของกระบวนการให้เหตุผลของผู้เรียน หลังประเมินการให้เหตุผล ขั้นต่อมาคือการบูรณาการความรู้ ซึ่งเป็นขั้นบูรณาการแนวคิดที่หลากหลายให้เป็นหนึ่งเดียวและสมบูรณ์ เพื่อสนับสนุนกระบวนการตัดสินใจซึ่งถือได้ว่าการสร้างข้อโต้แย้งนั้นเป็นเครื่องมือของการบูรณาการความรู้ (Janjua & Hussain, 2013; Kim et al., 2012; Corey A Mathis et al., 2015; Tempich et al., 2007) โดยมีนักการศึกษาได้เสนอวิธีการสอนและเทคนิคการจัดการเรียนรู้ที่ใช้ในการโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ ดังนี้

Hand and Choi (2010) ได้นำเทคนิคการเขียนทางวิทยาศาสตร์ (Science Writing Heuristic: SWH) ซึ่งเป็นเทคนิคหนึ่งที่สามารถใช้ในการจัดการเรียนรู้โดยใช้กลยุทธ์การเขียนร่วมกับการเรียนรู้ด้วยกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ การจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคนี้ให้ความสำคัญกับการอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ (Scientific argumentation) เป็นการส่งเสริมการเขียนตัวแทนทางความคิดได้เป็นอย่างดี (Choi, 2010, May; เตชิต เรื่องธรรม, 2559) สำหรับวิธีการเขียนทางวิทยาศาสตร์ (SWH) ใช้องค์ประกอบการโต้แย้ง ซึ่งประกอบด้วย คำถาม (question) ข้อกล่าวอ้าง (claim) หลักฐาน (evidence) และการสะท้อน (reflection) โดยเขียนอธิบายแนวคิดที่ได้จากการทดลอง

Corey A Mathis et al. (2015) ได้จัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์โดยใช้กระบวนการโต้แย้ง โดยผู้สอนจัดการเรียนรู้โดยให้ผู้เรียนลงมือปฏิบัติตามกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

ใช้องค์ประกอบการโต้แย้ง ประกอบด้วย 1) ข้อกล่าวอ้าง (Claims) คือ แนวคิดในการออกแบบวิธีการแก้ปัญหา 2) หลักฐาน (E=evidence) คือแนวคิดทางวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ที่นำมาใช้เป็นหลักฐานประกอบเพื่อออกแบบวิธีแก้ปัญหา และ 3) การให้เหตุผล (R=reasoning) คือ การให้เหตุผลสนับสนุนถึงวิธีการแก้ปัญหา โดยกิจกรรมการเรียนรู้แบบบูรณาการทางสะเต็มส่งเสริมให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมดังนี้ ทำความเข้าใจปัญหา รวบรวมข้อมูล หรือแนวคิดทางวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์เพื่อไปสนับสนุนการออกแบบทางวิศวกรรมศาสตร์ โดยมีส่วนร่วมในการสร้างข้อโต้แย้งที่แสดงให้เห็นถึงวิธีการแก้ปัญหา ร่วมกันโต้แย้งโดยมีการให้เหตุผลสนับสนุนเพื่อเลือกวิธีการแก้ปัญหาที่เหมาะสม จากการศึกษาพบว่า การจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาโดยใช้องค์ประกอบของการโต้แย้งในบริบทของวิศวกรรมศาสตร์ส่งเสริมให้ผู้เรียนสามารถออกแบบหรือสร้างวิธีการแก้ปัญหาได้ (Corey A Mathis et al., 2015)

Llewellyn and Rajesh (2011) ได้จัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์เพื่อส่งเสริมทักษะการสร้างข้อโต้แย้ง โดยใช้เทคนิคการบันทึกการสร้างข้อโต้แย้ง (Question-Claim-Evidence-Explanation: QCEE) ซึ่งในการเรียนการสอนเริ่มต้นจากผู้สอนนำเสนอประเด็นที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวัน แต่ขาดความชัดเจน จากนั้นให้ผู้เรียนร่วมกันตั้งคำถามที่สามารถเป็นไปได้ (Question) โดยใช้ความรู้เดิมที่มีอยู่ทำความเข้าใจกับสถานการณ์เพื่อสร้างข้อกล่าวอ้าง (Claim) ที่แสดงถึงสาเหตุหรือแนวโน้มของวิธีการเพื่อตอบคำถามหรือแก้ปัญหาและร่วมกันหาหลักฐาน (Evidence) มาสนับสนุนข้อกล่าวอ้างนั้น แล้วเชื่อมโยงไปสู่การสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ (Explanation) ด้วยการเขียนลงในแบบบันทึกการสร้างข้อโต้แย้ง (Question-Claim-Evidence-Explanation: QCEE) การจัดการเรียนรู้ดังกล่าว มีขั้นตอนดังนี้ (Llewellyn & Rajesh, 2011)

ขั้นตอนที่ 1 นำเข้าสู่บทเรียน ด้วยการร่วมกันอภิปรายเพื่อสร้างความสนใจและอยากรู้ ด้วยการตั้งคำถาม (Question) และข้อกล่าวอ้าง (Claim)

ขั้นตอนที่ 2 วางแผน ทดลอง และสืบค้นเพื่อหาข้อมูลและนำข้อมูลไปวิเคราะห์เพื่อใช้เป็นหลักฐาน

ขั้นตอนที่ 3 นำข้อมูลตั้งแต่ขั้นเริ่มต้นของการเรียนมาเติมในแบบบันทึก QCEE (Question-Claim-Evidence-Explanation)

ขั้นตอนที่ 4 อภิปรายภายในกลุ่มเพื่อเตรียมนำเสนอที่ใช้การโต้แย้ง

ขั้นตอนที่ 5 นำเสนอสิ่งที่ทำการศึกษาโดยใช้ข้อมูลจากแบบบันทึก QCEE ตลอดจนชี้ให้เห็นถึงจุดแข็ง และข้อจำกัดที่ค้นพบ

ซึ่งในงานวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยอ้างอิงองค์ประกอบการสร้างข้อโต้แย้งประกอบด้วย 1) ข้อกล่าวอ้าง (Claims) 2) หลักฐาน (Evidence) และ 3) การให้เหตุผล (Reasoning) (Llewellyn & Rajesh, 2011; Corey A Mathis et al., 2015; Corey A. Mathis et al., 2017) โดยทั้ง 3 องค์ประกอบ จะปรากฏในขั้นการโต้แย้ง (Argumentation for the best solution) ซึ่งเป็นขั้นตอนที่มุ่งให้ผู้เรียนร่วมกันกำหนดประเด็นปัญหา (Problem) สร้างข้อกล่าวอ้าง (Claims) ซึ่งเป็นข้อความแสดงถึงวิธีการการแก้ปัญหา แล้วทำการสืบค้นข้อมูลที่เกี่ยวข้องทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยีและวิศวกรรมศาสตร์เพื่อนำไปเป็นหลักฐาน (Evidence) และเขียนให้เหตุผล (Reasoning) แสดงให้เห็นถึงวิธีการแก้ปัญหาที่ได้จากการนำหลักฐานมาสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง

## 2.5 การวัดและประเมินผลการโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์

การวัดและประเมินผลการโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์นั้น สามารถประเมินได้จากผลงาน (Product of scientific argumentation) ซึ่งอยู่ในรูปการแสดงทางวาจา (Oral argumentation) หรือการเขียนเป็นลายลักษณ์อักษร (Written argumentation) และกระบวนการเรียนรู้ร่วมกันในการโต้แย้ง (Collaborative scientific argumentation) มีนักการศึกษาได้กำหนดเกณฑ์ในการวิเคราะห์ความซับซ้อนของการโต้แย้ง

Dawson and Venville (2010) ได้วิเคราะห์คุณภาพของการให้เหตุผลอย่างไม่เป็นทางการ ที่ใช้ในระหว่างการสร้างข้อโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ โดยใช้ TAP ในการประเมินโครงสร้างของการโต้แย้งจากการเขียนตอบคำถามเป็นรายบุคคล นอกจากนี้การใช้รูปแบบการเขียนทางวิทยาศาสตร์ (SWH) ยังสามารถส่งเสริมการโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ได้โดยการบันทึกผลการทำการทดลองและสืบเสาะหาความรู้ไปด้วยนั้น การสร้างความสัมพันธ์ระหว่างคำถาม ข้อกล่าวอ้างและการสะท้อนคิดเพื่อสร้างการเรียนรู้ที่มีความหมาย โดยผ่านทั้งกระบวนการเจรจา ในระหว่างทำการทดลองและกระบวนการเขียนรายงาน ซึ่ง Hand and Choi (2010) ได้พัฒนาการประเมินการโต้แย้งในภาพรวม ดังนี้

- 1) ผู้เรียนสามารถพัฒนาข้อโต้แย้งที่ดีได้อย่างไร
- 2) มีการเชื่อมโยงระหว่างข้อมูลจาก SWH ไปยังแหล่งอื่นหรือไม่
- 3) คำถาม ข้อกล่าวอ้างและการสะท้อนคิด เข้ากันได้ดีหรือไม่

ดังนั้นจึงสรุปได้ว่า การวัดและการประเมินผลการโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์นั้น สามารถวัดและประเมินได้จาก 2 มิติ โดยใช้วิธีและเกณฑ์ในการประเมิน ดังนี้

- 1) ประเมินจากผลงาน ซึ่งวัดจากการเขียนหรือการพูด โดยเครื่องมือที่ใช้วัดมีได้หลากหลายรูปแบบ เช่น แบบบันทึกการทดลอง แบบรายงานการโต้แย้ง แบบบันทึกความเรียง

สำหรับการเขียน และการบันทึกภาพเคลื่อนไหว การนำเสนอการโต้แย้งภายในกลุ่มหรือหน้าชั้นเรียน ส่วนเกณฑ์ที่ใช้ในการตัดสินหรือระดับคุณภาพนั้น ผู้สอนสามารถใช้รูปแบบ TAP หรือเกณฑ์ของ J. Osborne et al. (2004) หรือเกณฑ์อื่น ๆ ตามความเหมาะสม

2) ประเมินจากกระบวนการ ซึ่งวัดจากการทำงานร่วมกันเป็นกลุ่ม ทำให้เกิดการแบ่งหน้าที่หรือร่วมกันอภิปรายเพื่อหาคำตอบ โดยการใช้แบบสังเกตชั้นเรียนดูเหตุการณ์ในชั้นเรียน ระหว่างทำการเรียนการสอน หรือระหว่างที่ผู้เรียนสนทนา อภิปรายกันภายในกลุ่ม แล้วนำวิเคราะห์ลักษณะการทำงานเป็นกลุ่ม ส่วนเกณฑ์ที่ใช้ในการตัดสินระดับคุณภาพนั้น สามารถใช้แบบจำลองการโต้แย้งของทูลมิน (TAP) หรือ เกณฑ์ของ J. Osborne et al. (2004) หรือเกณฑ์อื่น ๆ ตามความเหมาะสม

ซึ่งในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยไม่ได้การวัดและประเมินการโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ แต่เป็นการนำเทคนิคการสร้างข้อโต้แย้ง และองค์ประกอบการสร้างข้อโต้แย้ง ซึ่งประกอบด้วย ข้อกล่าวอ้าง (Claim) หลักฐาน (Evidence) และการให้เหตุผล (Reasoning) มาใช้ เพื่อส่งเสริมผู้เรียนร่วมกันโต้แย้งเพื่อค้นหาและลงข้อสรุปของวิธีการแก้ปัญหาที่เหมาะสมที่สุด ซึ่งถือได้ว่าการสร้างข้อโต้แย้งนั้นเป็นเครื่องมือของการบูรณาการความรู้ (Janjua & Hussain, 2013; Kim et al., 2012)

### 3. รูปแบบการจัดการเรียนรู้

รูปแบบการจัดการเรียนรู้จะช่วยให้ผู้เรียนบรรลุจุดประสงค์การสอนที่กำหนดไว้ได้ โดยรูปแบบการจัดการเรียนรู้ กำหนดกิจกรรมการเรียนรู้อย่างมีลำดับขั้นตอน โดยมีผู้สอนเป็นผู้อำนวยความสะดวกในการเรียนรู้ เพื่อให้ผู้เรียนเกิดพฤติกรรมตามความมุ่งหมายของรูปแบบการนั้น ๆ (อาภรณ์ ใจเที่ยง, 2537) ในการพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ในครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เพื่อใช้ในการพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมการบูรณาการความรู้ ดังนี้

#### 3.1 ความหมายของรูปแบบการจัดการเรียนรู้

จากการศึกษาเกี่ยวกับรูปแบบการจัดการเรียนรู้ มีนักการศึกษาได้ให้ความหมายของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ ไว้ว่าหมายถึง การจัดลักษณะกิจกรรมการเรียนการสอน การจัดสภาพแวดล้อมและประสบการณ์ต่าง ๆ ของการเรียนหรือได้ลงมือปฏิบัติเป็นแบบแผนชัดเจน มีลักษณะเป็นรูปธรรม ตามหลักการหรือทฤษฎี เพื่อให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้อย่างมีประสิทธิภาพและเกิดการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ (Bruce R Joyce & Weil, 2000; Richard 1997; ทิศนา แคมมณี, 2554)



นอกจากนี้ รูปแบบการจัดการเรียนรู้ยังเป็นแบบแผนเชิงปฏิบัติการเพื่อใช้ในการจัดการเรียนการสอนที่จัดทำขึ้นโดยผ่านขั้นตอนการดำเนินการออกแบบและพัฒนาอย่างเป็นระบบโดยใช้หลักปรัชญา หลักการ แนวคิดทางทฤษฎีหรือความเชื่อต่าง ๆ เป็นพื้นฐาน มีการจัดกระบวนการหรือขั้นตอนในการเรียนการสอนอย่างชัดเจน และมีความเชื่อมโยงสัมพันธ์กัน โดยอาศัยวิธีสอนและเทคนิคการสอนต่าง ๆ เข้ามาช่วยทำให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ได้โดยง่าย และบรรลุจุดมุ่งหมายที่กำหนดไว้ (บุญเลี้ยง ทุมทอง, 2556; อังสุรีย์ พันธุ์แก้ว, 2558)

กล่าวโดยสรุป รูปแบบการจัดการเรียนรู้ หมายถึง ลักษณะการจัดการเรียนรู้ที่เป็นแบบแผนอย่างเป็นระบบโดยนำหลักปรัชญา หลักการและแนวคิดทางทฤษฎีประกอบรวมกันเป็นกระบวนการหรือขั้นตอนที่ชัดเจน โดยอาศัยวิธีการ เทคนิคการสอนที่จะช่วยให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้และเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้

### 3.2 องค์ประกอบของรูปแบบการจัดการเรียนรู้

หลักการสำคัญสำหรับการพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้จำเป็นต้องศึกษาเกี่ยวกับองค์ประกอบของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ ซึ่งนักการศึกษาหลายท่านอธิบายและแบ่งองค์ประกอบของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่แตกต่างกันออกไป ได้แก่

Bruce R Joyce and Weil (2000) ได้กำหนดองค์ประกอบของรูปแบบการจัดการเรียนรู้เป็น 5 องค์ประกอบ คือ

- 1). หลักการของการจัดการเรียนรู้ คือ การกล่าวถึงความเชื่อและแนวคิดของทฤษฎีที่รองรับการจัดการเรียนรู้ หลักการของการจัดการเรียนรู้เป็นตัวชี้้นำกำหนดจุดประสงค์ เนื้อหา กิจกรรมและขั้นตอนการดำเนินการในการจัดการเรียนรู้
- 2) วัตถุประสงค์ของการจัดการเรียนรู้ เป็นส่วนที่ระบุถึงความคาดหวังที่ต้องการให้เกิดจากการใช้การจัดการเรียนรู้
- 3) เนื้อหา เป็นส่วนที่ระบุถึงเนื้อหาและกิจกรรมต่าง ๆ ที่จะใช้ในการจัดการเรียนรู้ เพื่อให้บรรลุถึงวัตถุประสงค์ของการจัดการเรียนรู้
- 4) กิจกรรมและขั้นตอนการดำเนินการ เป็นส่วนที่ระบุถึงวิธีการปฏิบัติในขั้นตอนหนึ่ง ๆ เมื่อนำรูปแบบไปใช้
- 5) การวัดและประเมินผล เป็นส่วนหนึ่งของการประเมินประสิทธิผลของการจัดการเรียนรู้

Arends (1997: 7) ได้แบ่งองค์ประกอบของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ออกเป็น 4 องค์ประกอบ คือ

- 1) หลักการตามทฤษฎีที่ใช้เป็นแนวคิดพื้นฐานของรูปแบบการจัดการเรียนรู้
  - 2) วัตถุประสงค์ของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ ต้องอธิบายถึงสิ่งที่ต้องการพัฒนาให้กับผู้เรียน
  - 3) ขั้นตอนและรายละเอียดของกระบวนการจัดการเรียนรู้ต้องเป็นระบบชัดเจน
  - 4) การวัดผลและประเมินผลรูปแบบการจัดการเรียนรู้ และแนวทางการวัดผลและประเมินผลของการเรียนการสอนต้องเป็นไปตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้และมีความยืดหยุ่น
- ทิสนา แคมมณี (2553: 222) ได้แบ่งองค์ประกอบของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ ออกเป็น 4 องค์ประกอบ คือ

- 1) ปรัชญา ทฤษฎี หลักการ แนวคิด หรือความเชื่อที่เป็นพื้นฐานหรือหลักการของรูปแบบนั้น
- 2) การบรรยายและอธิบายลักษณะของการจัดการเรียนรู้ที่สอดคล้องกับหลักการที่ยึดถือ
- 3) การจัดระบบ โดยมีการจัดองค์ประกอบและความสัมพันธ์ขององค์ประกอบของระบบให้สามารถนำไปสู่เป้าหมาย
- 4) การอธิบายเกี่ยวกับวิธีการจัดการเรียนรู้และเทคนิคการจัดการเรียนรู้ต่าง ๆ อันจะช่วยให้กระบวนการเรียนรู้นั้น ๆ เกิดประสิทธิภาพสูงสุด

บุญเลี้ยง หุมทอง (2556: 60) ได้ศึกษารูปแบบการสอนโดยทั่วไป พบว่ามีองค์ประกอบร่วมที่สำคัญในการพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ ประกอบด้วย

- 1) หลักการของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ เป็นส่วนที่กล่าวถึงความเชื่อและแนวคิด ทฤษฎีที่เป็นพื้นฐานของการออกแบบและพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ ซึ่งจะเป็นการกำหนดจุดประสงค์ เนื้อหา กิจกรรมและขั้นตอนการดำเนินงานของรูปแบบการสอน
- 2) จุดประสงค์ของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ เป็นส่วนที่ระบุถึงความคาดหวังหรือสิ่งที่ต้องการให้เกิดขึ้นจากการใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้
- 3) กระบวนการจัดการเรียนรู้ เป็นส่วนที่ระบุถึงขั้นตอน วิธีการและกิจกรรมต่าง ๆ ที่จะใช้ในการเรียนการสอนเพื่อให้บรรลุจุดประสงค์ของรูปแบบการจัดการเรียนรู้
- 4) การวัดและประเมินผล เป็นส่วนของการประเมินผลการเรียนรู้ตามวัตถุประสงค์ของรูปแบบการจัดการเรียนรู้

ตาราง 1 สรุปองค์ประกอบของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ของนักการศึกษา

องค์ประกอบ ของรูปแบบ	Joyce; & Weil (2000)	Arends (1997: 7)	บุญเลี้ยง ทุมทอง (2556: 60)	ทิตินา แชมมณี (2553: 222)	องค์ประกอบ ของรูปแบบ (ผู้วิจัย)
1. ทฤษฎี/ หลักการ/แนวคิด	✓	✓	✓	✓	✓
2. วัตถุประสงค์	✓	✓	✓	✓	✓
3. สิ่งแวดล้อม ในการจัดการ เรียนรู้		✓			
4. เนื้อหา	✓				
5. กิจกรรม และขั้นตอนการ ดำเนินการ	✓	✓	✓	✓	✓
6. การวัดและ ประเมินผล	✓		✓	✓	✓

จากตาราง 1 เมื่อพิจารณาองค์ประกอบของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามที่นักวิชาการได้นำเสนอที่กล่าวมาข้างต้น ผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์และสังเคราะห์องค์ประกอบของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ได้ดังตาราง เพื่อให้ได้องค์ประกอบในการพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ในครั้งนี้ ซึ่งประกอบด้วย 4 องค์ประกอบ คือ 1) หลักการของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ 2) จุดมุ่งหมายของการจัดการเรียนรู้ 3) กระบวนการจัดการเรียนรู้ และ 4) การวัดและประเมินผล

### 3.3 การพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้

จากการศึกษาแนวคิดในเรื่องเกี่ยวกับการพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้เป็นกระบวนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ซึ่งมีองค์ประกอบที่คล้ายคลึงและแตกต่างกันไป ดังนี้

Bruce R. Joyce and Weil (1996) ได้สรุปขั้นตอนการดำเนินการพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ ดังนี้

- 1) กำหนดหลักการและทฤษฎีรองรับที่ใช้ในการพัฒนารูปแบบการจัดการ

## เรียนรู้

2) ก่อนนำรูปแบบที่พัฒนาได้ไปเผยแพร่ ต้องทำการวิจัยตรวจสอบคุณภาพ และนำข้อมูล ข้อค้นพบที่ได้มาปรับปรุงแก้ไขรูปแบบการจัดการเรียนรู้

3) การพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ไปใช้ตรงจุดมุ่งหมายหลัก จะทำให้เกิดผลลัพธ์สูงสุด แต่สามารถนำรูปแบบนั้นไปประยุกต์ใช้ในสถานการณ์อื่น ๆ ได้ ถ้าพิจารณาเห็นว่าเหมาะสมแต่ก็อาจทำให้ผลสำเร็จลดน้อยลง

4) การพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้จะมีจุดมุ่งหมายหลักที่ถือเป็นหลักในการพิจารณาเลือกรูปแบบการจัดการเรียนรู้มาใช้ คือ ต้องเลือกใช้ให้ตรงจุดมุ่งหมายจึงจะเกิดผลลัพธ์ที่ดีที่สุด ถ้านำไปใช้ไม่ตรงจุดมุ่งหมายจะทำให้ได้ผลน้อยลง

บุญเลี้ยง ทุมทอง (2556: 60-61) ได้สรุปขั้นตอนสำคัญในการพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ ดังนี้

1) ศึกษาข้อมูลพื้นฐาน เป็นการศึกษาแนวคิด ทฤษฎีและข้อค้นพบจากการวิจัยที่เกี่ยวข้องตลอดจนการศึกษาค้นคว้าข้อมูลเกี่ยวกับสภาพปัจจุบันหรือปัญหาจากเอกสารผลการวิจัยต่าง ๆ หรือการสังเกต การสอบถามผู้ที่เกี่ยวข้อง

2) กำหนดหลักการ เป้าหมายและองค์ประกอบอื่น ๆ ของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ให้สอดคล้องกับข้อมูลพื้นฐานและสัมพันธ์กันอย่างเป็นระบบระเบียบ การกำหนดเป้าหมายของรูปแบบการจัดการเรียนรู้จะช่วยให้ผู้สอนสามารถเลือกรูปแบบการสอนไปใช้ให้ตรงกับจุดมุ่งหมายของการสอนเพื่อให้การจัดการเรียนการสอนมีประสิทธิภาพและบรรลุผลสูงสุด

3) การกำหนดแนวทางในการนำรูปแบบการจัดการเรียนรู้ไปใช้ ประกอบด้วยรายละเอียดเกี่ยวกับวิธีการและเงื่อนไขต่าง ๆ

4) การประเมินผลรูปแบบการจัดการเรียนรู้ เป็นการทดสอบความมีประสิทธิภาพของรูปแบบการสอนที่สร้างขึ้น โดยทั่วไปผู้ประเมินรูปแบบการสอนใช้วิธีการต่อไปนี้

4.1) ประเมินความเป็นไปได้ในเชิงทฤษฎี โดยผู้เชี่ยวชาญ ซึ่งจะประเมินความสอดคล้องภายในระหว่างองค์ประกอบต่าง ๆ

4.2) ประเมินความเป็นไปได้ในเชิงปฏิบัติการ โดยการนำรูปแบบการสอนที่พัฒนาขึ้นทดลองใช้ในสถานการณ์จริง ในลักษณะของการวิจัยเชิงทดลองหรือกึ่งทดลอง

5) การปรับปรุงรูปแบบการจัดการเรียนรู้ แบ่งออกเป็น 2 ระยะดังนี้

5.1) ระยะก่อนนำรูปแบบการสอนไปทดลองใช้ การปรับปรุงรูปแบบการสอนในระยะนี้ใช้ผลจากการประเมินความเป็นไปได้ในเชิงทฤษฎีเป็นข้อมูลในการปรับปรุง

5.2) ภายหลังจากนำรูปแบบการสอนไปทดลองใช้ การปรับปรุงรูปแบบการสอน ในระยะนี้อาศัยข้อมูลจากการทดลองใช้เป็นตัวชี้้นำในการปรับปรุง และอาจจะมีการนำรูปแบบ การสอนไปทดลองใช้และปรับปรุงซ้ำ จนกว่าจะได้เป็นที่น่าพอใจ

จันทรเพ็ญ เชื้อพานิช (2549: 24) ได้สรุปขั้นตอนการพัฒนาแบบการจัดการ เรียนรู้มีขั้นตอนการดำเนินการ ดังนี้

- 1) กำหนดแนวคิดหรือทฤษฎีที่นำมาใช้ในการพัฒนาแบบการจัดการเรียนรู้
  - 2) เขียนหลักการของรูปแบบของการจัดการเรียนรู้ที่สังเคราะห์ได้จากแนวคิด ทฤษฎี
  - 3) กำหนดวัตถุประสงค์ในลักษณะของเป้าหมายที่ต้องการให้เกิดขึ้นกับผู้เรียน ซึ่งอยู่ในหลักการของรูปแบบการจัดการเรียนรู้
  - 4) กำหนดขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ที่มีจำนวนขั้นตอนและเทคนิค และวิธีการ การจัดการเรียนรู้ที่แตกต่างกันไป
  - 5) กำหนดกิจกรรมการเรียนรู้หลัก ๆ ในแต่ละขั้นตอนของกระบวนการจัดการ เรียนรู้
  - 6) กำหนดวิธีวัดและประเมินผล รวมทั้งเครื่องมือในการวัดและประเมินผล
- จากการศึกษาพบว่า การพัฒนาแบบการจัดการเรียนรู้ที่ได้กล่าวมาข้างต้นมี ขั้นตอนการดำเนินการที่คล้ายคลึงกัน จึงสามารถสรุปได้ว่า การพัฒนาแบบการจัดการเรียนรู้ จะต้องมีความคิด ทฤษฎี หรือหลักการ มีกระบวนการหรือขั้นตอนและเทคนิคหรือวิธีการที่จะช่วยให้ การจัดการเรียนการสอนด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้ดังกล่าวบรรลุวัตถุประสงค์ที่กำหนด และมี ประสิทธิภาพในการจัดกิจกรรมการจัดการเรียนการสอนต่อไป

#### 4. รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาที่บูรณาการการสร้างข้อโต้แย้ง (6E+A) เพื่อส่งเสริมทักษะการแก้ปัญหาทางสะเต็ม

การจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษามีหลายรูปแบบ ซึ่งบริบทของสะเต็มศึกษามุ่ง ส่งเสริมผู้เรียนบูรณาการความรู้ระหว่างศาสตร์โดยผ่านกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม จาก การศึกษา พบว่า รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบ 6E (The 6E Learning by Design) เป็นรูปแบบ การจัดการเรียนรู้ที่พัฒนามาจากรูปแบบการจัดการเรียนรู้สี่เสาแบบ 5E ของ Bybee (1997: 176) สำหรับรูปแบบการจัดการเรียนรู้สี่เสาแบบ 5E นั้น เป็นรูปแบบที่ครูไทยมีความคุ้นเคยและ นำมาใช้จัดการเรียนการสอนสะเต็มศึกษาในปัจจุบันอย่างกว้างขวาง สำหรับรูปแบบการจัดการ เรียนรู้แบบ 6E นั้นมีความพิเศษโดยเพิ่มขั้นตอน “eNGINEER” เรียกว่า ขั้นตอนการออกแบบเชิง

วิศวกรรม ซึ่งเป็นขั้นตอนที่มุ่งเน้นผู้เรียนได้ออกแบบวิธีการแก้ปัญหาหรือสร้างชิ้นงานในฐานะนักวิศวกรอย่างแท้จริง (Burke, 2014) จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง พบว่า รูปแบบการจัดการเรียนรู้ส่วนใหญ่ส่งเสริมผู้เรียนให้มีความสามารถในการเชื่อมโยงความรู้ระหว่างวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ได้ดี แต่พบว่าการทำกิจกรรมของผู้เรียนนั้นยังละเลยการร่วมมือกันวางแผน ไม่ทำการออกแบบ และไม่สามารถบูรณาการแนวคิดทวิวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยี และวิศวกรรมศาสตร์ จึงส่งผลให้ผู้เรียนส่วนใหญ่ออกแบบวิธีแก้ปัญหาไม่ถูก หรือบางครั้งเลือกวิธีแก้ปัญหาที่เหมาะสมที่สุดไม่ได้ ซึ่งเป็นจุดอ่อนของการแก้ปัญหาของการเรียนสะเต็ม (M. C. Linn & B.-S. Eylon, 2011; Lou et al., 2011) ซึ่ง M. C. Linn and B. S. Eylon (2011) ได้เสนอว่า การโต้แย้ง (Argumentation) เป็นแนวทางที่ช่วยส่งเสริมผู้เรียนให้นำความรู้ต่าง ๆ ร่วมกันหาวิธีแก้ปัญหาที่เหมาะสมที่สุด ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดของนักการศึกษาอีกหลายท่าน ที่ได้ให้ความเห็นว่า การสร้างข้อโต้แย้งเป็นแนวทางการส่งเสริมทักษะการแก้ปัญหาและการบูรณาการความรู้ของผู้เรียน (Bell & Linn, 2000; Kim et al., 2012; Llewellyn & Rajesh, 2011; Corey A. Mathis et al., 2017) และนอกจากนี้ สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (NRC, 2013) และมาตรฐานการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ยุคใหม่ ของประเทศสหรัฐอเมริกา ได้กล่าวว่า การปฏิบัติการทางวิศวกรรมศาสตร์ควรสนับสนุนให้มีการโต้แย้งด้วยหลักฐาน ซึ่งประกอบด้วย การนำหลักฐานหรือข้อมูลมาสร้างข้อโต้แย้งที่แสดงถึงวิธีการแก้ปัญหาที่เป็นไปได้ เปรียบเทียบความแตกต่าง ประเมินข้อโต้แย้งของบุคคลอื่นเพื่อช่วยให้ค้นพบวิธีการแก้ปัญหาที่เหมาะสมที่สุด และกำหนดหรือสร้างวิธีการแก้ปัญหาเพื่อนำไปออกแบบเพื่อให้แก้ปัญหาได้ (Janjua & Hussain, 2013; M. C. Linn & B.-S. Eylon, 2011; Corey A Mathis et al., 2015; National Research Council, 2012; Tempich et al., 2007; จรรยา ดาสา, 2560; สิริินภา กิจเกื้อกูล, 2558a; อภิสทิธิ์ ธงไชย, 2559) ดังนั้นการสร้างข้อโต้แย้งเป็นเทคนิคสำคัญที่ส่งเสริมทักษะการแก้ปัญหาทางสะเต็มได้

และในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้นำรูปแบบการเรียนรู้แบบ 6E ของ Burke (2014) ซึ่งประกอบด้วย 6 ขั้นตอน ประกอบด้วย 1) ขั้นกระตุ้นความสนใจ (Engage) 2) ขั้นสำรวจและค้นหา (Explore) 3) ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explain) 4) ขั้นการออกแบบเชิงวิศวกรรม (Engineer) 5) ขั้นขยายความรู้ (Enrich) และ 6) ขั้นประเมิน (Evaluate) มาบูรณาการร่วมกับการจัดการเรียนรู้จัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์โดยใช้กระบวนการโต้แย้งของ Corey A. Mathis et al. (2017) โดยดำเนินการจัดการเรียนรู้ ดังนี้ ส่งเสริมผู้เรียนทำความเข้าใจปัญหา รวบรวมข้อมูลหรือแนวคิดทางวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์เพื่อไปสนับสนุนการออกแบบทางวิศวกรรมศาสตร์ โดยมีส่วนร่วมใน

การสร้างข้อโต้แย้งที่แสดงให้เห็นถึงวิธีการแก้ปัญหา และร่วมกันโต้แย้งโดยให้เหตุผลสนับสนุนเพื่อเลือกวิธีการแก้ปัญหาที่เหมาะสม ดังตาราง 2

ตาราง 2 การสังเคราะห์ขั้นตอนการเรียนรู้รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาที่บูรณาการการสร้างข้อโต้แย้ง (6E+A) เพื่อส่งเสริมทักษะการแก้ปัญหาทางสะเต็ม

รูปแบบการเรียนรู้แบบ 6E (Burke, 2014)	กระบวนการจัดการเรียนรู้จัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์โดยใช้กระบวนการโต้แย้ง (Corey A. Mathis et al., 2017)	รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาที่บูรณาการการสร้างข้อโต้แย้ง(6E+A) เพื่อส่งเสริมทักษะการแก้ปัญหาทางสะเต็ม (ผู้วิจัย)
ขั้นกระตุ้นความสนใจ (Engage)		ขั้นสร้างความสนใจและตรวจสอบความรู้เดิม (Engagement and Elicitation)
ขั้นสำรวจและค้นหา (Explore)		ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration)
ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explain)		ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation)
ขั้นการออกแบบเชิงวิศวกรรม (Engineer) ประกอบด้วย การใช้แนวคิดไปประยุกต์ใช้เพื่อออกแบบวิธีการแก้ปัญหา สร้าง ประเมินและปรับปรุง	ทำความเข้าใจปัญหา - รวบรวมข้อมูล - แนวคิดที่จำเป็น สร้างข้อโต้แย้ง - ที่แสดงให้เห็นวิธีการแก้ปัญหา ร่วมกันโต้แย้งเพื่อเลือก - วิธีการแก้ปัญหาที่เหมาะสม	ขั้นการโต้แย้ง (Argumentation for the best solution)
		ขั้นการออกแบบและดำเนินการแก้ปัญหา (Execution)
ขั้นขยายความรู้ (Enrich)		ขั้นขยายความรู้ (Enrich)
ขั้นประเมิน (Evaluate)		ขั้นประเมิน (Evaluation)

จากตาราง 2 การสังเคราะห์รูปแบบการเรียนรู้แบบ 6E ของ Burke (2014: 14-15) ร่วมกับกระบวนการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์โดยใช้กระบวนการโต้แย้งของ Corey A. Mathis et al. (2017) ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยเน้นพัฒนาขั้นการออกแบบเชิงวิศวกรรมโดยบูรณาการร่วมกับกระบวนการโต้แย้ง ตามความเห็นของนักการศึกษาที่ให้ความเห็นว่า กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมศาสตร์ควรมีการส่งเสริมการโต้แย้งเข้าไปเพื่อส่งเสริมผู้เรียนให้มีความสามารถในการแก้ปัญหา (Janjua & Hussain, 2013; M. C. Linn & B.-S. Eylon, 2011; Corey A Mathis et al., 2015; Corey A. Mathis et al., 2017; National Research Council, 2012; NRC, 2013; Tempich et al., 2007; จรรยา ดาสา, 2560; สิริินภา กิจเกื้อกูล, 2558a; อภิสิทธิ์ ธงไชย, 2559)

นอกจากนี้ผู้วิจัยได้นำองค์ประกอบการโต้แย้งทางวิศวกรรมของ Corey A. Mathis et al. (2017) ประกอบด้วย 1) ข้อกล่าวอ้าง (Claims) คือ แนวคิดในการออกแบบวิธีการแก้ปัญหา 2) หลักฐาน (evidence) คือ แนวคิดทางวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ที่นำมาใช้เป็นหลักฐานประกอบเพื่อออกแบบวิธีแก้ปัญหา และ 3) การให้เหตุผล (reasoning) คือการให้เหตุผลสนับสนุนถึงวิธีการแก้ปัญหา และองค์ประกอบการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ของ Llewellyn and Rajesh (2011) ประกอบด้วย 1) การตั้งคำถามที่สามารถเป็นไปได้ (Question) 2) การสร้างข้อกล่าวอ้าง (Claim) ที่แสดงถึงสาเหตุหรือแนวโน้มของวิธีการเพื่อตอบคำถามหรือแก้ปัญหา 3) หลักฐาน (Evidence) ที่นำมาสนับสนุนข้อกล่าวอ้างนั้น 4) การสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ (Explanation) มาปรับใช้ในการจัดการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมทักษะการแก้ปัญหาทางสะเต็มของผู้เรียน ซึ่งประกอบด้วย 1) กำหนดปัญหา (Problem) 2) สร้างข้อกล่าวอ้าง (Claims) ที่แสดงถึงแนวทางการแก้ปัญหา 3) หลักฐาน (Evidence) หมายถึง ผลการทดลอง หรือสมการทางคณิตศาสตร์ ที่ได้สำรวจค้นหา และ 4) การให้เหตุผล (Reasoning) สนับสนุนวิธีแก้ปัญหา

ซึ่งจากการสังเคราะห์ดังกล่าว ผู้วิจัยได้สรุปเป็น 2 ขั้นตอนนั่นคือ ขั้นตอนโต้แย้ง (Argumentation for the best solution) ซึ่งเป็นขั้นตอนที่ให้ผู้เรียนทำการโต้แย้งเพื่อให้ได้วิธีแก้ปัญหาที่เหมาะสมที่สุด โดยผู้เรียนภายในกลุ่มร่วมกันกำหนดปัญหา (Problem) จากสถานการณ์ที่กำหนด และสร้างข้อกล่าวอ้าง (Claims) ที่แสดงถึงแนวทางการแก้ปัญหา โดยนำผลการทดลอง หรือสมการทางคณิตศาสตร์ที่ได้สำรวจค้นหา หรือข้อมูลจากประสบการณ์ รวมถึงเงื่อนไขและข้อจำกัดที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์ที่ผู้สอนกำหนดนำไปใช้เป็นหลักฐาน (Evidence) อ้างอิง เพื่อนำไปการให้เหตุผล (Reasoning) สนับสนุนวิธีแก้ปัญหา ซึ่งอาจจะมีหลายแนวทาง ผู้เรียนทำการโต้แย้งเพื่อเลือกวิธีการที่เหมาะสมที่สุด และขั้นการออกแบบและดำเนินการแก้ปัญหา (Execution) เป็นขั้นที่ให้ผู้เรียนกำหนดลำดับขั้นตอนของการออกแบบและ



ดำเนินการแก้ปัญหา โดยประยุกต์ใช้ข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้อง เพื่อสร้างชิ้นงานหรือพัฒนาวิธีการที่เหมาะสมเพื่อใช้ในการแก้ปัญหา จากนั้นทำการทดสอบและประเมินการใช้งานของชิ้นงานหรือวิธีการแก้ปัญหา และนำเสนอแนวคิดและขั้นตอนการแก้ปัญหามาของแต่ละกลุ่ม

ดังนั้นรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาที่บูรณาการการสร้างข้อโต้แย้ง (6E+A) เพื่อส่งเสริมทักษะการแก้ปัญหาทางสะเต็ม ที่ผู้วิจัยได้พัฒนาในครั้งนี้ จึงประกอบด้วย 7 ขั้นตอน ดังนี้

1) ขั้นสร้างความสนใจและตรวจสอบความรู้เดิม (Engagement and Elicitation) เป็นขั้นกระตุ้นความสนใจของผู้เรียน นำเข้าสู่บทเรียนด้วยการจัดกิจกรรมหรือให้สถานการณ์ที่น่าสนใจอาจมาจากเหตุการณ์ที่กำลังเกิดขึ้น หรือเป็นเรื่องที่เชื่อมโยงกับความรู้เดิมที่เรียนมาแล้ว เพื่อประเมินความรู้ความเข้าใจก่อนเรียน และทบทวนความรู้เดิม ซึ่งทำให้ผู้เรียนเริ่มคิดเชื่อมโยงระหว่างความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี คณิตศาสตร์และวิศวกรรมศาสตร์ ในขั้นนี้ผู้สอนควรตระหนักถึงพื้นฐานความรู้และประสบการณ์ที่หลากหลายของผู้เรียนเพื่อนำไปสู่บริบทการเรียนรู้

2) ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration) เป็นขั้นตอนให้ผู้เรียนทำความเข้าใจในประเด็นปัญหาหรือคำถาม โดยอาจทำกิจกรรม หรือการทดลอง เพื่อเก็บรวบรวมข้อมูล สิ่งที่ต้องการเรียนรู้ หรืออาจเป็นแนวความคิดที่ยังไม่ถูกต้องและยังไม่สมบูรณ์ เพื่อสร้างและสรุปเป็นแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้อง เพื่อให้ได้มาซึ่งข้อมูลอย่างเพียงพอที่จะใช้ในขั้นถัดไป

3) ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation) เป็นขั้นตอนที่ให้ผู้เรียนอธิบายแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ที่ได้จากการสำรวจและค้นหา โดยสามารถเชื่อมโยงประสบการณ์ ความรู้เดิม และสิ่งที่เรียนรู้เข้าด้วยกัน เพื่อให้ได้ข้อสรุปที่ถูกต้องร่วมกันในการเชื่อมโยงสิ่งที่เรียนรู้

4) ขั้นการโต้แย้ง (Argumentation for the best solution) เป็นขั้นตอนที่ผู้สอนให้สถานการณ์ปัญหา เพื่อให้ผู้เรียนภายในกลุ่มร่วมกันกำหนดปัญหา (Problem) จากสถานการณ์ที่กำหนด และสร้างข้อกล่าวอ้าง (Claims) ที่แสดงถึงแนวทางการแก้ปัญหา โดยนำผลการทดลอง หรือสมการทางคณิตศาสตร์ที่ได้สำรวจค้นหา หรือข้อมูลจากประสบการณ์ รวมถึงเงื่อนไขและข้อจำกัดที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์ที่ผู้สอนกำหนดนำไปใช้เป็นหลักฐาน (Evidence) อ้างอิง เพื่อนำไปทำให้เหตุผล (Reasoning) สนับสนุนวิธีแก้ปัญหา ซึ่งอาจจะมีหลายแนวทาง ผู้เรียนทำการโต้แย้งเพื่อเลือกวิธีการที่เหมาะสมที่สุดเพื่อนำไปออกแบบในขั้นการออกแบบและดำเนินการแก้ปัญหา (Execution)

5) ขั้นการออกแบบและดำเนินการแก้ปัญหา (Execution) เป็นขั้นที่ให้ผู้เรียนกำหนดลำดับขั้นตอนของการออกแบบและดำเนินการแก้ปัญหาที่ได้ลงข้อสรุปร่วมกันจากขั้นที่ 4 โดย

ประยุกต์ใช้ข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้อง เพื่อสร้างชิ้นงานหรือพัฒนาวิธีการที่เหมาะสมเพื่อใช้ในการแก้ปัญหา จากนั้นทำการทดสอบและประเมินการใช้งานของชิ้นงานหรือวิธีการแก้ปัญหา และนำเสนอแนวคิดและขั้นตอนการแก้ปัญหาของแต่ละกลุ่ม

6) ขั้นขยายความรู้ (Enrich) เป็นขั้นตอนที่ให้ผู้เรียนได้ยืนยันและขยายหรือเพิ่มเติมความรู้ความเข้าใจในแนวความคิดทางสะเต็มศึกษาให้กว้างขวางและลึกซึ้งยิ่งขึ้น หรือเปิดโอกาสให้ผู้เรียนนำวิธีการแก้ปัญหาที่ได้จากการเรียนรู้ไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวัน ใช้ประโยชน์หรือแก้ปัญหาในบริบทอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง

7) ขั้นประเมิน (Evaluation) ในขั้นตอนนี้ผู้เรียนจะได้รับข้อมูลย้อนกลับเกี่ยวกับการอธิบายความรู้ความเข้าใจของตนเองระหว่างการเรียนการสอน ผู้สอนต้องกระตุ้นหรือส่งเสริมให้ผู้เรียนประเมินความรู้ความเข้าใจและความสามารถของตนเอง และเปิดโอกาสให้ผู้สอนได้ประเมินความรู้ความเข้าใจและพัฒนาทักษะของผู้เรียนด้วย

ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาที่บูรณาการการสร้างข้อโต้แย้ง (6E+A) นั้น สามารถสรุปบทบาทของผู้สอนและผู้เรียน ได้ดังนี้

ตาราง 3 บทบาทผู้สอนและบทบาทผู้เรียนในขั้นตอนการเรียนรู้ของรูปแบบการจัดการเรียนรู้

ขั้นตอน	กิจกรรมการเรียนรู้	บทบาทผู้สอน	บทบาทผู้เรียน
1. ขั้นสร้างความสนใจและตรวจสอบความรู้อเดิม (Engagement and Elicitation)	- นำเสนอสถานการณ์ประเด็นปัญหาที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวัน ด้วยภาพข่าว หรือวิดีโอที่จัดกิจกรรมหรือนำสนใจ หรือเป็นเรื่องที่เกี่ยวข้องกับความรู้เดิมที่เรียนมาแล้ว	- ผู้สอนนำเข้าสู่บทเรียนโดยการนำสถานการณ์หรือประเด็นปัญหาที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวัน ใช้คำถามกระตุ้น เพื่อ ประเมินความรู้ความเข้าใจก่อนเรียน และ ทบทวนความรู้เดิม	- ผู้เรียนร่วมกันตอบคำถามและอภิปรายต่อสถานการณ์หรือประเด็นปัญหา
2. ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration)	- สร้างข้อมูล/หลักฐานผ่านการทำกิจกรรม หรือการทดลอง และสืบค้นข้อมูล ความรู้หรือแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้อง	- ผู้สอนจัดเตรียมแหล่งเรียนรู้ อาทิเช่น กิจกรรมการทดลอง หนังสือ ใบความรู้ อินเทอร์เน็ต หรือให้ความรู้แก่ผู้เรียนเพื่ออำนวยความสะดวกในการสืบค้นข้อมูลของผู้เรียน	- ผู้เรียนทำความเข้าใจในคำถามหรือประเด็นปัญหา - ผู้เรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันทำกิจกรรมหรือการทดลองเพื่อเก็บรวบรวมข้อมูลที่จำเป็น

ตาราง 3 (ต่อ)

ขั้นตอน	กิจกรรมการเรียนรู้	บทบาทผู้สอน	บทบาทผู้เรียน
3. ชั้นอธิบาย และลงข้อสรุป (Explanation)	- การลงข้อสรุปแนวคิดทาง วิทยาศาสตร์ที่ต้องร่วมกัน	- ผู้สอนเปิดโอกาสให้ผู้เรียน อธิบายแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ - ผู้สอนอธิบายเนื้อหาบางส่วนที่ มีความซับซ้อนและแสดงตัวอย่าง การคำนวณโจทย์ปัญหาจากใบ ความรู้ ใบงานและอธิบายความ เชื่อมโยงกับสถานการณ์ใน ชีวิตประจำวัน	- ผู้เรียนแต่ละกลุ่ม นำเสนอข้อค้นพบจาก กิจกรรมการทดลอง - ผู้เรียนแต่ละกลุ่ม อธิบายแนวคิดทาง วิทยาศาสตร์ที่ได้จาก การสำรวจและค้นหา เพื่อให้ได้ข้อสรุปที่ ถูกต้องร่วมกัน
4. ชั้นการโต้แย้ง (Argumentation for the best solution)	- นำเสนอสถานการณ์หรือ ประเด็นปัญหา - ผู้เรียนร่วมกันศึกษา สถานการณ์หรือประเด็น ปัญหา - สร้างข้อโต้แย้งจากข้อมูล/ หลักฐาน ที่แนวทางการ แก้ปัญหา - ทำการโต้แย้งเพื่อเลือก วิธีการแก้ปัญหาที่เหมาะสม	- ผู้สอนให้สถานการณ์หรือ ประเด็นปัญหา ที่เกิดขึ้นใน ชีวิตประจำวัน - ผู้สอนแนะนำและกระตุ้นให้ ผู้เรียนมีส่วนร่วมในโต้แย้งเพื่อ หาวิธีการแก้ปัญหาที่ดีที่สุด	- ผู้เรียนภายในกลุ่ม กำหนดประเด็นปัญหา - ผู้เรียนภายในกลุ่มใช้ กระบวนการข้อโต้แย้ง เพื่อเสนอวิธีแก้ปัญห โดยสร้างข้อกล่าวอ้าง แสดงถึงวิธีการ แก้ปัญหาให้เหตุผลโดย ใช้หลักฐานอ้างอิงและ เพื่อสนับสนุนวิธีแก้ปัญห ของตนเอง

### 5. ทักษะการแก้ปัญหาทางสะเต็ม

การจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา เน้นผู้เรียนได้ฝึกแก้ปัญหา (Problem Solving) ฝึกการคิดเชิงระบบ (Systems Thinking) และการคิดวิเคราะห์ (Critical Thinking) มุ่งเน้นการทำงานเป็นทีม นำเอาองค์ความรู้โดยเฉพาะวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยีมาประยุกต์ใช้เพื่อสร้างสรรค์ผลงาน และเชื่อมโยงกับโลกความเป็นจริง (สุธีระ ประเสริฐสุวรรณ, 2558; อภิสทิธิ ธงไชย, 2556) ในการแก้ปัญหาของแต่ละบุคคลนั้นมีความแตกต่างกันออกไป เพราะบุคคลจะมีความสามารถในการแก้ปัญหาได้ดีนั้นขึ้นอยู่กับสติปัญญา ความรู้ ประสบการณ์ ตลอดจนการได้รับการจูงใจที่ดีหรือไม่เพียงใด นอกจากนี้การจัดการเรียนรู้ด้วยรูปแบบต่าง ๆ ก็เป็นปัจจัยสำคัญในการส่งเสริมทักษะการแก้ปัญหาทักษะการแก้ปัญหา

### 5.1 ความหมายและความสำคัญของทักษะการแก้ปัญหาทางสะเต็ม

นักการศึกษาได้ให้ความหมายของทักษะการแก้ปัญหาว่า คือ ความสามารถในการทำความเข้าใจเกี่ยวกับปัญหา (Howell, 1995; Kaniawati & Suryadi.S., 2016) โดยการแบ่งประเด็นปัญหาออกเป็นส่วนเล็ก ๆ และระบุปัญหาหลัก ระบุแนวทางและวิธีการดำเนินการแก้ปัญหา โดยใช้ความรู้ที่หลากหลายเพื่อแก้ปัญหา ประกอบด้วย 8 ขั้นตอน ประกอบด้วย 1) การระบุปัญหา 2) การรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้อง 3) การค้นหาแนวทางการแก้ปัญหา 4) การเอาชนะอุปสรรคต่อการคิดสร้างสรรค์ 5) การนำแนวคิดไปใช้ในการออกแบบ หรือสร้างแบบจำลอง 6) การประเมินและเลือกแนวทางการแก้ปัญหาที่เหมาะสม 7) การจัดทำรายงาน แผนงานและรายละเอียดต่าง ๆ และ 8) การดำเนินการออกแบบ (Howell; & Toolkit. 1995) นอกจากนี้ยังหมายถึงกระบวนการทางปัญญา รวมถึงการรวบรวมข้อมูล วิเคราะห์และตรวจสอบสิ่งที่ได้รับจากการเรียนรู้เป็นการเชื่อมโยงความรู้และประสบการณ์กับสถานการณ์ปัญหา เพื่อให้เกิดการเสนอวิธีการแก้ปัญหาที่หลากหลาย และตัดสินใจเลือกใช้วิธีการแก้ปัญหาย่างสมเหตุสมผล (Gagel, 1997; กิติมา ปัทมาวิไล & สุเทพ อ่วมเจริญ, 2559; นัสรินทร์ ปือซา, 2558; ศิริพร ครุฑกาศ et al., 2558; อัมพล พาจรทิศ et al., 2559)

สำหรับการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษานั้น เป็นการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมผู้เรียนให้มีทักษะต่าง ๆ รวมถึงส่งเสริมผู้เรียนให้เป็นนักแก้ปัญหา (Carmody, 2016; Nyet Moi Siew, 2017; N. M. Siew, Goh, & Sulaiman, 2016; อูมาพร จารุสมบัติ, 2557) โดยดำเนินการตามกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมที่เน้นผู้เรียนเรียนรู้ผ่านกระบวนการคิดสร้างสรรค์ การลงมือปฏิบัติเพื่อแก้ปัญหาย่างเป็นขั้นตอน คือ ความสามารถในการคิดเพื่อสร้างองค์ความรู้ สืบค้นความรู้จากแหล่งต่าง ๆ มีการวิเคราะห์และตัดสินใจจากสถานการณ์ปัญหา คิดค้นหาวิธีการหรือแนวทางที่หลากหลายภายใต้กรอบเงื่อนไขของสถานการณ์ปัญหาที่พบเจอ และสามารถนำแนวทางหรือวิธีการนั้นมาใช้ในการแก้ปัญหาหรือสนองความต้องการในชีวิตประจำวันตลอดจนได้ลงมือปฏิบัติแก้ไขปัญหามาจากสถานการณ์ต่าง ๆ อย่างเป็นกระบวนการ และรวมถึงความสามารถในการตรวจสอบความก้าวหน้าของตนเองและความเข้าใจในขณะทำการแก้ปัญหา ตรวจสอบความสำเร็จระหว่างการแก้ปัญหาคือ จะช่วยให้สามารถระบุข้อผิดพลาดภายในการแก้ปัญหาและทำการปรับเปลี่ยนตามความจำเป็น (Phillips et al., 2016; ธีรญา ไชยเดช, สกนธ์ชัย ชะนูนันท์, & วิกิรัตน์ เชื้อชวด ชัยสิทธิ์, 2560)

สรุปได้ว่า ทักษะการแก้ปัญหาทางสะเต็ม (STEM Problem solving skills) หมายถึงความสามารถในการสืบเสาะหาความรู้ และบูรณาการหรือเชื่อมโยงแนวคิดทางวิทยาศาสตร์

เทคโนโลยี คณิตศาสตร์ ผ่านกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมเพื่อสร้างวิธีการแก้ปัญหาที่เหมาะสม และสามารถให้เหตุผลในการเลือกวิธีการแก้ปัญหาและกำหนดวิธีประเมินได้อย่างเหมาะสม

การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เป็นการเรียนรู้เนื้อหาและทักษะทางด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ วิศวกรรมศาสตร์ และเทคโนโลยี ซึ่งล้วนเป็นวิชาที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนมีความรู้ความสามารถที่จะดำรงชีวิตได้อย่างมีคุณภาพในโลกศตวรรษที่ 21 ที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วโดยเฉพาะทักษะการแก้ปัญหา (Khalil & Osman, 2017; จำรัส อินทลาภาพร et al., 2558; สุพัตรา โคตะวงค์, 2559) รวมถึงกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมซึ่งเป็นกระบวนการจัดการเรียนรู้ที่เน้นการแก้ปัญหาและสร้างต้นแบบ ที่ช่วยให้ผู้เรียนตั้งคำถาม และสามารถตรวจสอบประเด็นที่หลากหลาย ซึ่งเป็นการสร้างนักแก้ปัญหาในอนาคต (Carmody, 2016; Catherine, 2012; National Research Council, 2011; Rosicka, 2016; ชัยวัฒน์ สุวิชัย, 2559; สุธีระ ประเสริฐสุวรรณ, 2558) นอกจากนี้สะเต็มศึกษา ช่วยสร้างกำลังคนให้มีทักษะการคิดแก้ปัญหา สามารถเชื่อมโยงความรู้จากชั้นเรียนสู่ชีวิตจริงและการทำงาน มีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์และความสามารถในการสร้างนวัตกรรม จึงเป็นรากฐานสำคัญของการพัฒนาทักษะด้านนวัตกรรมและกลไกสำคัญในการช่วยยกระดับเศรษฐกิจของประเทศไทยไปสู่ระดับรายได้สูงในอนาคต (Jamaludin & Hung, 2017; Khalil & Osman, 2017; Phillips et al., 2016; คณะกรรมการการสื่อสารมวลชน การวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสารสนเทศ สถาบันบัญญัติแห่งชาติ, 2558) จะเห็นได้ว่า สะเต็มช่วยให้เห็นความสำคัญในการทำความเข้าใจในการเชื่อมโยงแนวคิดและแนวปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยีและวิศวกรรมศาสตร์และนำมาใช้ในลักษณะวิทยาการ ซึ่งองค์ประกอบสำคัญสำหรับการแก้ปัญหาทางสะเต็ม คือ ทักษะการแก้ปัญหา การวางแผนและดำเนินการค้นคว้า การวิเคราะห์และตีความข้อมูล การสร้างคำอธิบายวิธีการแก้ปัญหา การวิเคราะห์และนำเสนอข้อมูล

## 5.2 องค์ประกอบของทักษะการแก้ปัญหาทางสะเต็ม

การพัฒนาทักษะการแก้ปัญหาผ่านการใช้แนวคิดและการปฏิบัติทางสะเต็ม เป็นเรื่องเกี่ยวกับทางวิทยาศาสตร์ ข้อมูลเชิงลึกทางเทคโนโลยีและคณิตศาสตร์ และเป็นการนำข้อมูลดังกล่าวเพื่อใช้ในการแก้ปัญหาที่ซับซ้อนหรือปัญหาในชีวิตจริง ประกอบด้วย การคิด (Thinking) การให้เหตุผล (reasoning) การสร้างแบบจำลอง (modelling) และการสรุปผล (abstracting) องค์ประกอบสำคัญของสะเต็มคือการคิดอย่างมีวิจารณญาณและ การเลือกวิธีการที่เหมาะสมเพื่อ

มาเป็นแนวทางในการแก้ปัญหา(Training, 2017) นอกจากนี้ นักการศึกษาได้กำหนดองค์ประกอบของการแก้ปัญหาไว้ดังนี้

McDonnell and Mullally (2016) กำหนดกรอบการทำงานของกรแก้ปัญหา ได้ระบุองค์ประกอบกว้าง ๆ ของการแก้ปัญหา 4 องค์ประกอบ ดังนี้ 1) การสำรวจและทำความเข้าใจเกี่ยวกับปัญหา (exploring and understanding the problem) 2) การกำหนดการเป็นตัวแทน (representing and formulating) 3) การวางแผนและการดำเนินการ (planning and executing) 4) การตรวจสอบและการสะท้อน (monitoring and reflecting) สอดคล้องกับ Johnson et al. (2004) กล่าวว่ากรแก้ปัญหาต้องมีการคิดวิเคราะห์ที่เชื่อมโยงประสบการณ์กับสถานการณ์อย่างเป็นขั้นตอน ประกอบด้วย 5 องค์ประกอบ ได้แก่ 1) การรวบรวมข้อมูล 2) การประเมินปัญหา 3) การวางแผนแก้ปัญหา 4) การปฏิบัติการแก้ปัญหา 5) การประเมินผลการแก้ปัญหา

Marshall, Carrano, Dannels, and Dannels (2016) ได้พัฒนาและประเมินผลกระบวนการสอนโดยใช้ประสบการณ์เป็นฐาน เพื่อใช้เป็นแนวทางการสอนทักษะการแก้ปัญหาให้กับนักเรียน DHH ในสาขาสะเต็ม โดยกำหนดองค์ประกอบของทักษะการแก้ปัญหา 6 องค์ประกอบ ดังนี้ 1) กำหนดปัญหา (Identify the Problem :Plan) 2) รวบรวมข้อมูล (Document the Current State :Plan) 3) ระบุตัวชี้วัด (เกณฑ์และข้อจำกัด) และกำหนดเป้าหมาย (Set a Target or Goal: Plan) 4) ระบุสาเหตุหลัก (Determine the Root Cause :Plan) 5) พัฒนาวิธีแก้ปัญหาและแผนดำเนินการ (Develop a Countermeasure Plan :Plan) 6) การนำเสนอข้อมูลที่ได้ทำการแก้ปัญหา (Implementation a Plan :Do)

ตามมาตรฐานสะเต็มศึกษาของ สสวท. ได้กำหนดตัวชี้วัดเพื่อส่งเสริมผู้เรียนเพื่อใช้แก้ปัญหา ว่าด้วยเรื่องการใช้เหตุผลและการโต้แย้งจากประจักษ์พยาน(สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2558) โดยเน้นการบูรณาการความรู้และทักษะทางวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ ประกอบด้วย องค์ประกอบ 1) ระบุปัญหาที่พบ 2) รวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา 3) ออกแบบวิธีการแก้ปัญหาโดยเชื่อมโยงความรู้และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ 4) วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา 5) ทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหา 6) นำเสนอวิธีการแก้ปัญหาและผลการแก้ปัญหา

สำหรับแนวปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์และวิศวกรรมจากมาตรฐานการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ยุคใหม่ (Next Generation Science Standards: NGSS) ของประเทศสหรัฐอเมริกา (NRC, 2013) ประกอบด้วย 8 แนวปฏิบัติ ดังนี้

1. ตั้งคำถามทางวิทยาศาสตร์และระบุปัญหาทางวิศวกรรม (Asking questions (for science) and defining problems (for engineering)) ผู้เรียนทุกระดับสามารถตั้งคำถามจากสิ่งที่เรียนรู้ จากลักษณะของปรากฏการณ์ที่พวกเขาสังเกตได้ และหาข้อสรุปจากแบบจำลองหรือการค้นคว้าทางวิทยาศาสตร์ สำหรับวิศวกรรมผู้เรียนควรตั้งคำถามเพื่อกำหนดปัญหาที่ต้องการแก้ไขและให้ได้มาซึ่งแนวคิดที่นำไปสู่การระบุข้อจำกัดและข้อกำหนดสำหรับการแก้ปัญหา การตั้งคำถาม เช่น ความต้องการที่จะแก้ไขปัญหาคืออะไร? อะไรคือเกณฑ์ที่บ่งบอกถึงความสำเร็จในการแก้ปัญหา? คำถามอื่น ๆ ที่เกิดขึ้นในขณะที่สร้างแนวคิด หรือทดสอบแนวทางแก้ปัญหาที่เป็นไปได้ เช่น ความคุ้มค่าที่เป็นไปได้อะไร? หลักฐานที่จำเป็นในการพิจารณาแนวทางที่ดีที่สุดคืออะไร

2. สร้างและใช้แบบจำลอง (Developing and using models) การสร้างแบบจำลอง ผู้เรียนเริ่มจากการวาดภาพ หรือแบบจำลองทางกายภาพเพื่อแสดงถึงความสัมพันธ์ที่เป็นนามธรรมมากขึ้น เช่นแผนภาพแสดงแรงที่กระทำต่อวัตถุในระบบ

3. วางแผน และลงมือสืบค้นสำรวจ (Planning and carrying out investigations) ผู้เรียนได้มีส่วนร่วมในการสืบค้น จากปัญหาหรือคำถาม ทำการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์เพื่ออธิบายปรากฏการณ์หรือเพื่อทดสอบทฤษฎีหรือแบบจำลอง วัตถุประสงค์ 1) ทางวิศวกรรมค้นหาวิธีการที่เหมาะสมในการแก้ปัญหา 2) เพื่อเปรียบเทียบวิธีการแก้ปัญหาเพื่อให้ได้วิธีแก้ปัญหาที่ดีที่สุด ผู้เรียนควรออกแบบการสืบค้นข้อมูลเพื่อให้หลักฐานสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง ข้อมูลจะไม่ใช้หลักฐานจนกว่าจะนำไปใช้สนับสนุนข้อกล่าวอ้าง

4. วิเคราะห์และแปลความหมายข้อมูล (Analyzing and interpreting data) เมื่อรวบรวมข้อมูลแล้ว ต้องแสดงให้เห็นถึงความหมายและความสัมพันธ์ของข้อมูลเพื่อให้สามารถนำมาใช้เป็นหลักฐานได้ วิศวกรทำการตัดสินใจโดยอาศัยหลักฐานจากได้จากการออกแบบ โดยการทดสอบดูความผิดพลาดหรือวิเคราะห์แบบจำลองหรือต้นแบบที่สร้างขึ้น รวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับวิธีการทำงานภายใต้เงื่อนไข การประเมินทางเลือกและตรวจสอบความบกพร่อง

5. ใช้การคิดวิเคราะห์ทางคณิตศาสตร์และการคำนวณ (Using mathematics and computational thinking) ใช้คณิตศาสตร์ เพื่อแสดงถึงลักษณะและความสัมพันธ์ของตัวแปรเพื่อทำนายข้อมูลเชิงปริมาณ การประยุกต์ใช้คณิตศาสตร์ทางวิทยาศาสตร์และวิศวกรรม เช่น ตรรกศาสตร์, เรขาคณิต, และ แคลคูลัส

6. สร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์หรือออกแบบวิธีการแก้ปัญหาทางวิศวกรรม (Constructing explanations (for science) and designing solutions (for engineering))

เป้าหมายของวิทยาศาสตร์คือการสร้างคำอธิบาย เกี่ยวกับเหตุผลของปรากฏการณ์ เป้าหมายของวิศวกรรมคือการแก้ปัญหา การออกแบบการแก้ปัญหาเป็นกระบวนการที่เป็นระบบที่เกี่ยวข้องกับการกำหนดปัญหา การสร้าง การทดสอบและปรับปรุงการแก้ปัญหา

7. มีส่วนร่วมในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์จากหลักฐานที่หามาได้ (Engaging in argument from evidence) การศึกษาวิทยาศาสตร์และวิศวกรรมศาสตร์ ควรสร้างกระบวนการโต้แย้ง เพื่อดูการพัฒนาและการปกป้องแนวความคิด คำอธิบายหรือแนวคิดใหม่ สำหรับวิศวกรรมนั้นการให้เหตุผลและการโต้แย้งมีความจำเป็นในการกำหนดแนวทางการแก้ปัญหาที่ดีที่สุด การโต้แย้งเป็นกระบวนการที่อาศัยหลักฐานและให้เหตุผล ที่นำไปสู่คำอธิบายที่ยอมรับได้ในทางวิทยาศาสตร์ และนำไปสู่การออกแบบหรือแนวทางการแก้ปัญหาในทางวิศวกรรม

8. สืบค้น ประเมิน และสื่อสารข้อมูล (obtaining, evaluating, and communicating information) นักวิทยาศาสตร์และวิศวกรใช้แหล่งข้อมูลที่หลากหลาย เพื่อนำข้อมูลใช้เพื่อประเมินความถูกต้องของข้อกล่าวอ้าง, วิธีการและการออกแบบ การนำเสนอข้อมูล, หลักฐานและความคิดซึ่งสามารถทำได้หลายวิธี เช่น การใช้ตาราง แผนภาพ กราฟ แบบจำลอง แสดงการโต้ตอบ และสมการ เช่นเดียวกับการนำเสนอปากเปล่า การเขียน และการอภิปราย ประเมินการนำเสนอ

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้นำ มาตรฐานทักษะทางสะเต็มของสำนักงานการศึกษาแห่งรัฐแมริแลนด์ (Maryland State Department of Education Office of STEM Initiatives, 2012) ประกอบด้วย 7 มาตรฐาน ดังนี้ 1) การเรียนรู้และเข้าใจเนื้อหาสาระทางสะเต็ม 2) การบูรณาการความรู้ทางสะเต็ม 3) การแปลความหมายและสื่อสารข้อมูลทางสะเต็มได้ 4) มีส่วนร่วมในกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ 5) มีส่วนร่วมในการให้เหตุผล 6) ทำงานร่วมกับผู้อื่น และ 7) การประยุกต์ใช้เทคโนโลยี ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้เลือกเพียง 4 มาตรฐานหลัก มาปรับปรุงเพื่อเป็นแนวทางในการกำหนดตัวชี้วัดทักษะการแก้ปัญหาทางสะเต็ม ดังนี้



ตาราง 4 มาตรฐานด้าน การมีส่วนร่วมในการสืบเสาะ

มาตรฐานย่อย	ทักษะและความรู้ที่จำเป็น	ทักษะการแก้ปัญหาทางสะเต็ม (ผู้วิจัย)
1. ตั้งคำถามเพื่อระบุหรือกำหนดประเด็นปัญหา	1.1) ตั้งคำถามที่เกี่ยวข้องกับประเด็นปัญหา บนพื้นฐานทรัพยากรที่มีอยู่ตามความสนใจของบุคคล 1.2) กำหนดคำถามที่เป็นไปได้เกี่ยวกับประเด็นปัญหา	ตั้งคำถามเพื่อกำหนดประเด็นปัญหา และมีความเข้าใจในบริบทของสถานการณ์ปัญหาที่กำหนด

จากตาราง 4 ผู้วิจัยวิเคราะห์มาตรฐานหลัก มาตรฐานย่อย ทักษะและความรู้ที่จำเป็น ร่วมกัน ได้กำหนดเป็นตัวชี้วัดทักษะการแก้ปัญหาทางสะเต็ม ดังนี้ การกำหนดประเด็นปัญหา หมายถึง การตั้งคำถามเพื่อกำหนดประเด็นปัญหา และมีความเข้าใจในบริบทของสถานการณ์ปัญหาที่กำหนด

ตาราง 5 มาตรฐานด้าน บูรณาการเนื้อหาทางสะเต็มได้

มาตรฐานย่อย	ทักษะและความรู้ที่จำเป็น	ทักษะการแก้ปัญหาทางสะเต็ม (ผู้วิจัย)
1. บูรณาการแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี คณิตศาสตร์และวิศวกรรมศาสตร์กับแนวคิดวิชาอื่น ๆ ที่เหมาะสมเพื่อตอบคำถาม, ตรวจสอบประเด็นปัญหา และสร้างวิธีการแก้ปัญหา	1.1) สังเคราะห์และใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี คณิตศาสตร์ วิศวกรรมศาสตร์ที่จำเป็นในการนำไปแก้ปัญหาหรือตอบคำถาม 1.2) ปรับหรือขยายแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี คณิตศาสตร์และวิศวกรรมศาสตร์ เพื่อใช้ในตอบคำถามหรือแก้ปัญหา	การเชื่อมโยงแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี คณิตศาสตร์ ผ่านกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมที่เหมาะสมเพื่อสร้างวิธีการแก้ปัญหา

จากตาราง 5 ผู้วิจัยวิเคราะห์มาตรฐานหลัก มาตรฐานย่อย ทักษะและความรู้ที่จำเป็น ร่วมกัน ได้ กำหนดเป็นตัวชี้วัดทักษะการแก้ปัญหาทางสะเต็ม ดังนี้ การเชื่อมโยงแนวคิดทาง วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี คณิตศาสตร์ ผ่านกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมที่เหมาะสมเพื่อสร้าง วิธีการแก้ปัญหา

ตาราง 6 มาตรฐานด้าน ทักษะและนำเสนอข้อมูลทางสะเต็มได้

มาตรฐานย่อย	ทักษะและความรู้ที่จำเป็น	ทักษะการแก้ปัญหา ทางสะเต็ม (ผู้วิจัย)
1. สร้างข้อคิดเห็นหรือ ข้อโต้แย้งจากหลักฐาน	1) จัดลำดับการให้เหตุผล ประกอบด้วย ข้อกล่าวอ้าง ข้อ กล่าวอ้างที่โต้แย้ง เหตุผลและ หลักฐาน 2) สร้างข้อกล่าวอ้างและการแย้ง โดยนำข้อมูลและหลักฐานที่ เกี่ยวข้องเพื่อแสดงให้เห็นจุดแข็ง หรือข้อจำกัดของทั้งข้อกล่าวอ้าง และการแย้งอย่างเหมาะสม ไม่ว่าจะ เป็นสาขาวิชา ระดับความรู้ ความสนใจ ค่านิยมของ กลุ่มเป้าหมาย	สร้างข้อกล่าวอ้าง จากข้อมูล หรือ หลักฐานทางวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี คณิตศาสตร์หรือ วิศวกรรมศาสตร์ให้มีความ เชื่อมโยงกับประเด็นปัญหา และให้ เหตุ ผล ส น บ ส นุน เกี่ยวกับประเด็นปัญหา

จากตาราง 6 ผู้วิจัยวิเคราะห์มาตรฐานหลัก มาตรฐานย่อย ทักษะและความรู้ที่จำเป็น ร่วมกัน ได้ กำหนดเป็นตัวชี้วัดทักษะการแก้ปัญหาทางสะเต็ม ดังนี้ การสร้างข้อคิดเห็นหรือข้อ โต้แย้ง หมายถึง การสร้างข้อกล่าวอ้าง จากข้อมูลหรือหลักฐานทางวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี คณิตศาสตร์หรือวิศวกรรมศาสตร์ให้มีความเชื่อมโยงกับประเด็นปัญหา และให้เหตุผลสนับสนุน เกี่ยวกับประเด็นปัญหา

ตาราง 7 มาตรฐานด้าน มีส่วนร่วมในการให้เหตุผล

มาตรฐานย่อย	ทักษะและความรู้ที่จำเป็น	ทักษะการแก้ปัญหาทางสะเต็ม (ผู้วิจัย)
1. มีส่วนร่วมในการคิดวิเคราะห์	1) ให้เหตุผลในการตอบคำถามเพื่อตรวจสอบประเด็นปัญหา และพัฒนาแนวทางการแก้ปัญหา 2) ตรวจสอบและประเมินผล จากเกณฑ์และข้อจำกัด ที่เกี่ยวข้องกับคำตอบ หรือพัฒนาแนวทางการแก้ปัญหา	ให้เหตุผลที่เหมาะสมตามหลักวิชาการในการเลือกวิธีการแก้ปัญหาเหมาะสมกับเงื่อนไขและข้อจำกัดในการเลือกวิธีการแก้ปัญหา
2. ประเมิน เลือกลงและใช้วิธีการแก้ปัญหาที่เหมาะสมอย่างเป็นระบบ โดยอาจใช้ทักษะปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์และวิศวกรรม กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม หรือ ปฏิบัติทางคณิตศาสตร์	1) เลือกหรือสร้างวิธีการแก้ปัญหาที่เหมาะสมกับสถานการณ์ปัญหา 2) ประยุกต์ใช้วิธีการอย่างเป็นระบบ เช่น แนวการปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์) และวิศวกรรมศาสตร์ มาตรฐานสำหรับการปฏิบัติทางคณิตศาสตร์ กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม( 3) ตรวจสอบและประเมินความเป็นไปได้ของคำตอบหรือแนวทางแก้ไขปัญหา 4) วิเคราะห์และประเมินผล เพื่อประเมินแนวทางแก้ไขปัญหาที่เลือกนำไปใช้แก้ปัญหาได้เหมาะสมเพียงใด	ประเมินความเป็นไปได้ของวิธีการแก้ปัญหา ตามกรอบแนวคิดทางวิทยาศาสตร์หรือความเป็นไปได้ของเทคโนโลยีในปัจจุบัน โดยกำหนดวิธีประเมินได้อย่างเหมาะสม
3. ประยุกต์ใช้เนื้อหาทางสะเต็มเพื่อสร้างแนวคิดใหม่หรือนวัตกรรม	1) สร้างแนวทางการแก้ปัญหาเกี่ยวข้องกับประเด็นปัญหา 2) สร้างแบบจำลอง หรือภาพร่าง เพื่อเสนอแนวคิดวิธีการแก้ปัญหา	

จากตาราง 7 ผู้วิจัยวิเคราะห์มาตรฐานหลัก มาตรฐานย่อย ทักษะและความรู้ที่จำเป็นร่วมกัน ได้กำหนดเป็นตัวชี้วัดทักษะการแก้ปัญหาทางสะเต็ม 2 ตัวชี้วัด ดังนี้

1. การให้เหตุผลในการเลือกวิธีการแก้ปัญหา หมายถึง การให้เหตุผลที่เหมาะสมตามหลักวิชาการในการเลือกวิธีการแก้ปัญหาเหมาะสมกับเงื่อนไขและข้อจำกัดในการเลือกวิธีการแก้ปัญหา

2. การประเมินความเป็นไปได้ของวิธีการแก้ปัญหา หมายถึง การประเมินความเป็นไปได้ของวิธีการแก้ปัญหา ตามกรอบแนวคิดทางวิทยาศาสตร์หรือความเป็นไปได้ของเทคโนโลยีในปัจจุบัน โดยกำหนดวิธีประเมินได้อย่างเหมาะสม

จากการวิเคราะห์มาตรฐานหลัก มาตรฐานย่อย รวมทั้งทักษะและความรู้ที่จำเป็น ผู้วิจัยจึงสรุปตัวชี้วัดทักษะการแก้ปัญหาทางสะเต็มในการวิจัยครั้งนี้ ประกอบด้วย 5 ตัวชี้วัด ดังนี้

1. การกำหนดประเด็นปัญหา หมายถึง การตั้งคำถามเพื่อกำหนดประเด็นปัญหา และมีความเข้าใจในบริบทของสถานการณ์ปัญหาที่กำหนด

2. การบูรณาการแนวคิดทางสะเต็ม หมายถึง การเชื่อมโยงแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี คณิตศาสตร์ ผ่านกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมที่เหมาะสมเพื่อสร้างวิธีการแก้ปัญหา

3. การสร้างข้อคิดเห็นหรือข้อโต้แย้ง หมายถึง การสร้างข้อกล่าวอ้าง จากข้อมูลหรือหลักฐานทางวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี คณิตศาสตร์หรือวิศวกรรมศาสตร์ให้มีความเชื่อมโยงกับประเด็นปัญหา และให้เหตุผลสนับสนุนเกี่ยวกับประเด็นปัญหา

4. การให้เหตุผลในการเลือกวิธีการแก้ปัญหา หมายถึง การให้เหตุผลที่เหมาะสมตามหลักวิชาการในการเลือกวิธีการแก้ปัญหาเหมาะสมกับเงื่อนไขและข้อจำกัดในการเลือกวิธีการแก้ปัญหา

5. การประเมินความเป็นไปได้ของวิธีการแก้ปัญหา หมายถึง การประเมินความเป็นไปได้ของวิธีการแก้ปัญหา ตามกรอบแนวคิดทางวิทยาศาสตร์หรือความเป็นไปได้ของเทคโนโลยีในปัจจุบัน โดยกำหนดวิธีประเมินได้อย่างเหมาะสม

### 5.3 การวัดและประเมินผลทักษะการแก้ปัญหาทางสะเต็ม

การวัดทักษะการแก้ปัญหา เป็นการประเมินด้านทักษะพิสัย ซึ่งการประเมินด้านทักษะพิสัยนั้นมีหลายวิธีการ สามารถประเมินได้ทั้งก่อนและหลังเรียน ผู้วิจัยได้ศึกษาการวัดและประเมินทักษะการแก้ปัญหาจากการจัดเรียนรู้แบบสะเต็ม จากการศึกษาพบว่า มีนักการศึกษาวัดและประเมินทักษะการแก้ปัญหา ด้วยวิธีการหรือเครื่องมือที่หลากหลาย เช่น แบบประเมินทักษะการแก้ปัญหาแบบมาตราส่วน 5 ระดับ แบบเขียนบรรยาย แบบสอบถามทักษะการแก้ปัญหา

(ศิริพร ครูทกาศ et al., 2558) แบบทดสอบแบบความเรียง(Kaniawati & Suryadi.S., 2016) แบบรายตนเองเพื่อวัดทักษะการแก้ปัญหา (Hassan, Mohd-Yusof, Abu, Mohammad, & Mohammad, 2011) ดังนี้

Kaniawati; & Suryadi (2016: 106-107) ได้สร้างแบบทดสอบแบบความเรียงเพื่อวัดทักษะการแก้ปัญหาของผู้เรียนหลังการเรียนรู้โดยใช้สะเต็มเป็นฐานการเรียนรู้ มี 4 ตัวชี้วัด ดังนี้ 1) การระบุปัญหา (Identify of Problems) 2) การอธิบายกลยุทธ์หรือวิธีการดำเนินการ (Description of Strategies) 3) แก้ปัญหาโดยใช้ข้อมูลที่มี (Solve the Problems based on the Data) 4) การให้เหตุผลในการแก้ปัญหา (Giving the Reasons Solutions)

ส่วน Hassan; et al. (2012: 744) ได้สร้างแบบรายตนเองเพื่อวัดทักษะการแก้ปัญหาเป็น ประกอบด้วย 5 องค์ประกอบ โดยอาศัยการแก้ปัญหาทางวิศวกรรมและการเรียนรู้ร่วมกันโดยใช้ปัญหาเป็นฐาน (Cooperative Problem-Based Learning :CPBL) ดังนี้ 1) การระบุปัญหา (Identify the problem) อยู่ในรูปประโยคแบบสั้น ๆ กระชับ 2) การระบุเกณฑ์และข้อจำกัดของปัญหา (Identify criteria and constraints of the problem) 3) การสร้างทางเลือกในการแก้ปัญหา (Generate alternative solutions) 4) การวิเคราะห์ สังเคราะห์ และประเมินผลการแก้ปัญหา (Analyze, synthesize, and evaluate solutions) และ 5) การเสนอวิธีการแก้ปัญหา (Recommend final solution)

สมาคมวิทยาลัยและมหาวิทยาลัยของอเมริกา (Association, 2009) ได้สร้างเกณฑ์การให้คะแนน เกี่ยวกับทักษะการแก้ปัญหา โดยแบ่งออกเป็น 6 ประการ ดังนี้ 1) กำหนดปัญหา (Define problem) 2) วางแผนการดำเนินการ (Identify strategies) 3) เสนอวิธีการแก้ปัญหาหรือการเสนอสมมติฐาน (Propose solutions/hypotheses) 4) ประเมินวิธีการแก้ปัญหา (Evaluate potential solutions) 5) ดำเนินการแก้ปัญหา (Implement Solution) 6) ประเมินผล (Evaluate outcomes) โดยกำหนดเกณฑ์การให้คะแนน เป็น 4 ระดับ

Marshall et al. (2016) ได้พัฒนาและประเมินผลกระบวนการสอนโดยใช้ประสบการณ์เป็นฐาน ด้วยวิธีการ PDCA เพื่อใช้เป็นแนวทางการสอนทักษะการแก้ปัญหาให้กับนักเรียนผู้ที่มีความบกพร่องทางการได้ยิน (Deaf and Hard of Hearing) ในสาขาสะเต็ม โดยเกณฑ์ในการประเมินให้คะแนน ประกอบด้วย 6 เกณฑ์ที่พัฒนาเพื่อประเมินความสามารถของผู้เรียน ดังนี้

1. กำหนดปัญหา (Identify the Problem)
2. รวบรวมข้อมูล (Document the Current State)

3. ระบุตัวชี้วัด (เกณฑ์และข้อจำกัด) และกำหนดเป้าหมาย (Set a Target or Goal)

4. ระบุสาเหตุหลัก (Determine the Root Cause)

5. พัฒนาวิธีแก้ปัญหาและแผนดำเนินการ (Develop a Countermeasure Plan)

6. การนำเสนอข้อมูลที่ได้ทำการแก้ปัญหา (Implementation a Plan)

โดยกำหนดระดับคะแนน เป็น 4 ระดับ ดังนี้

ระดับเริ่มต้น (beginner)	ระดับคะแนน เป็น 1
ระดับการมีพัฒนาการ (developmental)	ระดับคะแนน เป็น 2
ระดับสำเร็จตามเป้าหมาย (accomplished)	ระดับคะแนน เป็น 3
เป็นตัวอย่งที่ดี (exemplary)	ระดับคะแนน เป็น 4

สำหรับการวิจัยครั้งนี้ เป็นการประเมินทักษะการแก้ปัญหาทางสะเต็มเพื่อตรวจสอบความสามารถในการสืบเสาะหาความรู้ และบูรณาการหรือเชื่อมโยงแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี คณิตศาสตร์ ผ่านกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมเพื่อสร้างวิธีการแก้ปัญหาที่เหมาะสม และสามารถให้เหตุผลในการเลือกวิธีการแก้ปัญหาและกำหนดวิธีประเมินได้อย่างเหมาะสม โดยผู้วิจัยใช้แบบทดสอบแบบเขียนตอบ ที่มีเนื้อหาครอบคลุม 5 ตัวชี้วัด ที่ผู้วิจัยได้สังเคราะห์ขึ้น ดังนี้

1. การกำหนดประเด็นปัญหา หมายถึง การตั้งคำถามเพื่อกำหนดประเด็นปัญหา และมีความเข้าใจในบริบทของสถานการณ์ปัญหาที่กำหนด

2. การบูรณาการแนวคิดทางสะเต็ม หมายถึง การเชื่อมโยงแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี คณิตศาสตร์ ผ่านกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมที่เหมาะสมเพื่อสร้างวิธีการแก้ปัญหา

3. การสร้างข้อคิดเห็นหรือข้อโต้แย้ง หมายถึง การสร้างข้อกล่าวอ้าง จากข้อมูลหรือหลักฐานทางวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี คณิตศาสตร์หรือวิศวกรรมศาสตร์ให้มีความเชื่อมโยงกับประเด็นปัญหา และให้เหตุผลสนับสนุนเกี่ยวกับประเด็นปัญหา

4. การให้เหตุผลในการเลือกวิธีการแก้ปัญหา หมายถึง การให้เหตุผลที่เหมาะสมตามหลักวิชาการในการเลือกวิธีการแก้ปัญหาเหมาะสมกับเงื่อนไขและข้อจำกัดในการเลือกวิธีการแก้ปัญหา

5. การประเมินความเป็นไปได้ของวิธีการแก้ปัญหา หมายถึง การประเมินความเป็นไปได้ของวิธีการแก้ปัญหา ตามกรอบแนวคิดทางวิทยาศาสตร์หรือความเป็นไปได้ของเทคโนโลยีในปัจจุบัน โดยกำหนดวิธีประเมินได้อย่างเหมาะสม

โดยกำหนดระดับคะแนน เป็น 4 ระดับ ดังนี้

ระดับคะแนน เป็น 3	หมายถึง	ดีมาก
ระดับคะแนน เป็น 2	หมายถึง	ดี
ระดับคะแนน เป็น 1	หมายถึง	พอใช้
ระดับคะแนน เป็น 0	หมายถึง	ควรปรับปรุง

## 6. ความพึงพอใจ

### 6.1 ความหมายของความพึงพอใจ

ความพึงพอใจ (Satisfaction) หมายถึง ความรู้สึก หรือทัศนคติที่ดีของบุคคลเมื่อได้รับผลสำเร็จตามความมุ่งหมาย ความต้องการหรือแรงจูงใจ ที่เกิดจากการสัมผัส การรับรู้ ทำให้เกิดการเรียนรู้ ยอมรับต่องานที่ปฏิบัติในทางด้านบวก รู้สึกรัก ชอบ พอใจ หรือเจตคติที่ดีต่องานหรือประสบการณ์ที่บุคคลได้รับจากการเรียนรู้ ทำให้เกิดความรู้สึกกระตือรือร้น มีความมุ่งมั่น ส่งผลให้เกิดความสำเร็จในการปฏิบัติงาน (Good & Kappa, 1973; จาริพร ผลมุล, 2558; นพเก้า ณ พัทลุง, 2552)

ความพึงพอใจ เป็นปัจจัยที่สำคัญประการหนึ่งที่มีต่อการเรียนรู้ การรับรู้ และความสำเร็จของการจัดการศึกษา โดยมีนักการศึกษาได้ให้คำจำกัดความของคำนี้ไว้หลากหลาย ซึ่งสามารถสรุปความหมายได้ว่า ความพึงพอใจเป็นกระบวนการหรือสภาวะทางจิต (Singh, Singh, & Singh, 2012) ของบุคคลที่มีต่อสิ่งหนึ่งสิ่งใด ทำให้เกิดความรู้สึกชอบ รัก พอใจหรือมีเจตคติที่ดีต่อสิ่งนั้น กระบวนการดังกล่าวเกิดจากการที่บุคคลได้รับการตอบสนองความต้องการหรือความคาดหวังของตนเอง โดยการตอบสนองนั้นอาจเป็นการตอบสนองทางด้านวัตถุหรือด้านจิตใจก็ได้ (คุณากร จำปาหอม, 2552)

สำหรับความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้นั้น เกิดจากองค์ประกอบต่าง ๆ ได้แก่ คุณสมบัติของผู้สอนที่ส่งเสริมบรรยากาศในการเรียนรู้ กิจกรรมการเรียนรู้ตอบสนองต่อความสนใจของผู้เรียน การวัดและประเมินผลต้องมีความหลากหลายและน่าเชื่อถือ สามารถวัดได้ครอบคลุมทุกด้าน (ฉวีวรรณ สีสม, 2555; สุรพล เย็นเจริญ, 2543) ซึ่งมีความสำคัญในการส่งเสริมผู้เรียนมีความกระตือรือร้น และเกิดการเรียนรู้อย่างมีความหมาย เพื่อจะเรียนให้เกิดประโยชน์แก่ตนเองและประสบความสำเร็จในการเรียน

จากแนวคิดเกี่ยวกับความพึงพอใจที่กล่าวมาข้างต้น ผู้วิจัยสรุปได้ว่า ความพึงพอใจ คือ ความรู้สึกหรือทัศนคติที่แสดงออกมาจากภายในบุคคลแต่ละบุคคล เมื่อได้สัมผัส รับรู้และเรียนรู้ ซึ่งอาจจะเป็นความรู้สึกทางด้านบวกหรือทางด้านลบก็ได้ ขึ้นอยู่กับปัจจัยสิ่งเร้าต่าง ๆ รวมทั้งประสบการณ์ที่บุคคลได้รับ

## 6.2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับความพึงพอใจ

ความพึงพอใจเป็นความรู้สึกที่ดี ที่ชอบ ที่พอใจ หรือที่ประทับใจของบุคคลต่อสิ่งใดสิ่งหนึ่งที่ได้รับ ซึ่งสามารถตอบสนองความต้องการทั้งด้านร่างกายและจิตใจ บุคคลมีความต้องการแตกต่างกัน และมีความต้องการหลายระดับ หากได้รับการตอบสนองก็จะก่อให้เกิดความพึงพอใจ ดังนั้นการจัดการเรียนรู้ใด ๆ ก็ตามที่จะทำให้ผู้เรียนเกิดความพึงพอใจในการเรียนรู้ได้นั้น จะต้องตอบสนองความต้องการของผู้เรียน ซึ่ง มาสโลว์ ได้เสนอทฤษฎีความต้องการที่ส่งผลต่อความพึงพอใจ สรุปได้ดังนี้ (ฉวีวรรณ สีสม, 2555)

### 1) ลักษณะความต้องการของมนุษย์ ได้แก่

1.1) ความต้องการของมนุษย์เป็นไปตามลำดับชั้นความสำคัญ โดยเริ่มจากระดับความต้องการขั้นสูงสุด

1.2) มนุษย์มีความต้องการอยู่เสมอ เมื่อความต้องการอย่างหนึ่งได้รับการตอบสนองแล้วก็就会有ความต้องการสิ่งใหม่เข้ามาแทนที่

1.3) เมื่อความต้องการในระดับหนึ่งได้รับการตอบสนองแล้วจะไม่จูงให้เกิดพฤติกรรมต่อสิ่งนั้น แต่จะมีความต้องการในระดับสูงเข้ามาแทน และเป็นแรงจูงใจให้เกิดพฤติกรรมนั้น

1.4) ความต้องการที่เกิดขึ้นอาศัยซึ่งกันและกัน มีลักษณะควบคู่ คือ เมื่อความต้องการอย่างหนึ่งยังไม่หมดสิ้นไปก็จะมีความต้องการอีกอย่างหนึ่งเกิดขึ้นมา

### 2) ลำดับความต้องการของมนุษย์มี 5 ระดับ ได้แก่

2.1) ความต้องการทางด้านร่างกาย (Physiological needs) เป็นความต้องการพื้นฐานเพื่อความอยู่รอดในการดำรงชีวิต เช่น ความต้องการอาหาร น้ำ อากาศ เครื่องนุ่งห่ม ยารักษาโรค ความต้องการทางด้านร่างกายจะมีอิทธิพลต่อพฤติกรรมของคนก็ต่อเมื่อ ความต้องการทั้งหมดของคนยังไม่ได้ได้รับการตอบสนอง

2.2) ความต้องการด้านความปลอดภัยหรือความมั่นคง (Security or safety needs) หมายถึง ความต้องการสภาพแวดล้อมที่ปลอดภัย ปราศจากอันตรายทางร่างกายและจิตใจ ความต้องการในขั้นนี้จะเกิดขึ้นหลังจากที่ความต้องการทางร่างกายได้รับการตอบสนองแล้ว



2.3) ความต้องการทางสังคม (Social needs) หมายถึง ความต้องการที่จะเข้าร่วมและได้รับการยอมรับจากสังคม ความเป็นมิตร ความรักจากเพื่อนร่วมงานและครอบครัว

2.4) ความต้องการเป็นที่ยอมรับ ยกย่องและให้เกียรติ (Esteem needs) หมายถึง ความต้องการของบุคคลที่จะให้บุคคลอื่นยกย่อง ให้เกียรติและเห็นความสำคัญในความรู้ ความสามารถของตนเอง

2.5) ความต้องการความสำเร็จในชีวิต (Self-actualization needs) เป็นความต้องการระดับสูงสุดที่จะบรรลุความสำเร็จของตนเองด้วการใช้ความสามารถ ทักษะ และศักยภาพอย่างเต็มที่ บุคคลที่ถูกจูงใจด้วยความต้องการในขั้นนี้จะแสวงหางานที่ท้าทายความสามารถของตนเอง

จากการศึกษาทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับความพึงพอใจ สรุปได้ว่า ความพึงพอใจเป็นพฤติกรรมแสดงความรู้สึกของบุคคล อันเกิดจากความพอใจ ความชอบ ความประทับใจ

### 6.3 การวัดและประเมินผลความพึงพอใจ

ความพึงพอใจจะเกิดขึ้นหรือไม่ขึ้นอยู่กับกระบวนการจัดการเรียนรู้ ประกอบกับระดับความรู้สึกของผู้เรียนและแสดงความรู้สึกนั้นออกมาในรูปของพฤติกรรม ซึ่งนักการศึกษาหลายท่านได้สร้างหลักการวัดด้านจิตพิสัย ดังนี้

ลั่วน สายยศ; และ อังคณา สายยศ กล่าวถึง ความรู้สึกเป็นความต่อเนื่อง แต่ละขั้นของความรู้สึกจึงเกี่ยวข้องเชื่อมโยงกัน และจะเริ่มสนใจ ซาบซึ้ง เจตคติ ค่านิยม และนำไปสู่บุคลิกภาพ จะเห็นได้ว่าความสนใจเป็นความรู้สึกขั้นแรก ที่จะนำไปสู่ขั้นอื่น ๆ ความสนใจจึงเกิดจากการรับรู้ และมีความสนใจอย่างต่อเนื่อง ความรู้สึกจึงเกิดขึ้น และถ้าความรู้สึกเกิดการตอบสนองอย่างเต็มที่ เกิดความพึงพอใจ ความสนใจก็จะเกิดตามมา (ลั่วน สายยศ & อังคณา สายยศ, 2542) ซึ่ง สุชีรา ภัทรายุควรรตน์ (2548) ให้ความเห็นว่าเป็นว่า ความรู้สึก คำตอบหรือพฤติกรรมที่บุคคลแสดงออกมานั้น จำเป็นต้องมีเครื่องมือการวัดที่จะเป็นตัวเร้าให้เกิดการแสดงพฤติกรรมนั้นออกมา เช่น แบบสอบถามปลายปิด มีข้อดีหลายประการ เช่น ตอบง่าย สะดวก รวดเร็ว สะดวกในการประมวลผลและวิเคราะห์ แต่ผู้สร้างต้องอาศัยความรู้ความชำนาญในเนื้อหาเป็นอย่างดี สิ่งที่แสดงออกมานี้จะกำหนดเป็นค่าคะแนนได้ ในรูปแบบของมาตราประมาณค่าของลิเคิร์ต (Likert-type or Summated Rating Scales)

ในการวัดความพึงพอใจในการเรียนรู้กระทำได้หลายวิธี ต่อไปนี้ (พัชรีวรรณ คุณชื่น, 2552; สาโรจน์ ไสยสมบัติ, 2534)

1) การใช้แบบสอบถามแบบมาตราส่วนประมาณค่า ซึ่งเป็นเครื่องมือใช้วัดทัศนคติหรือความสนใจ โดยรูปแบบที่นิยมใช้มี 3 รูปแบบ คือ แบบของลิเคิร์ท แบบของเธอร์สตัน และแบบของออกสกูต

2) การสัมภาษณ์ เป็นวิธีวัดความพึงพอใจโดยตรง ซึ่งต้องอาศัยเทคนิคการตั้งคำถามที่ดี และความชำนาญพิเศษของผู้สัมภาษณ์ที่จะจูงใจให้ผู้ตอบคำถามตามข้อเท็จจริง

3) การสังเกต โดยการสังเกตพฤติกรรมของบุคคลหลายด้าน เช่น การพูด กิริยาท่าทาง ทั้งก่อนการปฏิบัติกิจกรรม ขณะปฏิบัติกิจกรรม และหลังการปฏิบัติกิจกรรม

ดังนั้นในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้พัฒนาแบบประเมินความพึงพอใจที่มีต่อรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาที่บูรณาการการสร้างข้อโต้แย้ง (6E+A) เพื่อส่งเสริมทักษะการแก้ปัญหาทางสะเต็มของนักศึกษาปริญญาตรีที่มีลักษณะเป็นมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) ข้อความในแบบสอบถามเกี่ยวกับความรู้สึกรับชอบหรือพอใจและไม่พอใจ ประกอบด้วย ด้านเนื้อหา ด้านกิจกรรมการเรียนรู้ ด้านผู้สอน ด้านบรรยากาศการเรียนรู้และด้านการวัดและประเมินผล โดยปรับปรุงมาจากแบบวัดความพึงพอใจในการเรียนของ นฤมาน นายะสุนทร (2545) (นฤมาน นายะสุนทร, 2545) และจากรุวรรณ เทวกุล (2555) (จากรุวรรณ เทวกุล, 2555) จำนวน 30 ข้อ โดยแต่ละข้อมีตัวเลือก 5 ระดับ ได้แก่ พึงพอใจมากที่สุด พึงพอใจมาก พึงพอใจปานกลาง พึงพอใจน้อยและพึงพอใจน้อยที่สุด โดยใช้เกณฑ์ค่าเฉลี่ย (บุญชม ศรีสะอาด, 2545) ดังนี้

คะแนนเฉลี่ย	4.50–5.00	หมายความว่า ระดับความพึงพอใจมากที่สุด
คะแนนเฉลี่ย	3.50–4.49	หมายความว่า ระดับความพึงพอใจมาก
คะแนนเฉลี่ย	2.50–3.49	หมายความว่า ระดับความพึงพอใจปานกลาง
คะแนนเฉลี่ย	1.50–2.49	หมายความว่า ระดับความพึงพอใจน้อย
คะแนนเฉลี่ย	1.00–1.49	หมายความว่า ระดับความพึงพอใจน้อยที่สุด

### บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ เป็นการส่งเสริมทักษะการแก้ปัญหาทางสะเต็มและศึกษาความพึงพอใจของผู้เรียนผ่านการใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาที่บูรณาการการสร้างข้อโต้แย้ง (6E+A) เพื่อส่งเสริมทักษะการแก้ปัญหาทางสะเต็ม ซึ่งผู้วิจัยได้ดำเนินการตามขั้นตอนต่าง ๆ ดังนี้

ขั้นที่ 1 การศึกษาเอกสาร แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย

ขั้นที่ 2 การพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาที่บูรณาการการสร้างข้อโต้แย้ง (6E+A) เพื่อส่งเสริมทักษะการแก้ปัญหาทางสะเต็ม

ขั้นที่ 3 การสร้างและพัฒนาเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยและเก็บรวบรวมข้อมูล

ขั้นที่ 4 การนำรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาที่บูรณาการการสร้างข้อโต้แย้ง (6E+A) เพื่อส่งเสริมทักษะการแก้ปัญหาทางสะเต็มไปทดลองใช้จริง

ขั้นที่ 5 การวิเคราะห์ข้อมูล

#### ขั้นที่ 1 การศึกษาเอกสาร แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย

ในขั้นตอนนี้เป็นการศึกษาข้อมูลเบื้องต้นเกี่ยวกับ แนวทางการพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ เช่น ความหมาย องค์ประกอบ แนวทางการพัฒนา และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เพื่อเป็นแนวทางในการสร้างกรอบแนวคิดและพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาที่บูรณาการการสร้างข้อโต้แย้ง (6E+A) เพื่อส่งเสริมทักษะการแก้ปัญหาทางสะเต็ม รวมถึงศึกษาสภาพปัญหาการจัดการเรียนรู้รายวิชาฟิสิกส์ในระดับอุดมศึกษา โดยดำเนินการดังนี้

1. ศึกษาเอกสาร บทความ และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องได้แก่ การจัดการเรียนรู้ตาม

แนวสะเต็มศึกษาเป็นแนวทางการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ เพื่อให้ผู้เรียนได้เกิดการบูรณาการความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี คณิตศาสตร์ผนวกกับกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ซึ่งนักการศึกษาพร้อมทั้งครูไทยนำรูปแบบการสอนแบบต่าง ๆ มาเป็นแนวทางจัดการเรียนรู้แบบสะเต็ม เพื่อส่งเสริมผู้เรียนให้มีทักษะสำคัญในศตวรรษที่ 21 เช่น ทักษะการแก้ปัญหา การทำงานร่วมกัน การคิดวิเคราะห์ การคิดสร้างสรรค์ (Carmody, 2016; N. M. Siew et al., 2016; อุมาร จารสมบัติ, 2557) แต่พบว่าแต่ละรูปแบบการจัดการเรียนรู้นั้นยังไม่เป็นตัวแทนการสอนสะเต็มที่สมบูรณ์ เห็นได้จากผู้เรียนส่วนใหญ่ออกแบบวิธีแก้ปัญหาไม่ถูก หรือบางครั้งเลือกวิธีแก้ปัญหาที่เหมาะสมที่สุดไม่ได้ ไม่สามารถแสดงให้เห็นการบูรณาการเทคโนโลยีและวิศวกรรมได้

อย่างชัดเจน และไม่สามารถนำความรู้ไปแก้ปัญหาได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งเป็นจุดอ่อนของการแก้ปัญหาของการเรียนสะเต็ม (M. C. Linn & B.-S. Eylon, 2011; Lou et al., 2011)

ซึ่งแนวทางที่จะส่งเสริมผู้เรียนร่วมกันร่วมกันสืบเสาะเพื่อเชื่อมโยงแนวคิดและแนวปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์และคณิตศาสตร์สร้างวิธีแก้ปัญหาที่เหมาะสม นั่นคือการสร้างข้อโต้แย้ง ซึ่งการโต้แย้งนั้นการเป็นเทคนิคสำคัญที่ส่งเสริมทักษะการแก้ปัญหาและเป็นตัวแทนทำให้ผู้เรียนได้สะท้อนแนวคิดระหว่างบุคคลในการทำงานร่วมกัน (Bell & Linn, 2000; Kim et al., 2012) และนอกจากนี้ แนวปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์และวิศวกรรมจากมาตรฐานการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ยุคใหม่ (NRC, 2013) ของประเทศสหรัฐอเมริกา กล่าวว่า การปฏิบัติการทางวิศวกรรมศาสตร์ควรสนับสนุนให้มีการโต้แย้ง ซึ่งประกอบด้วย การนำหลักฐานหรือข้อมูลมาสร้างข้อโต้แย้งที่แสดงถึงวิธีการแก้ปัญหาที่เป็นไปได้ เปรียบเทียบความแตกต่าง ประเมินข้อโต้แย้งของบุคคลอื่นเพื่อช่วยให้ค้นพบวิธีการแก้ปัญหาที่เหมาะสมที่สุด และกำหนดหรือสร้างวิธีการแก้ปัญหาเพื่อนำไปออกแบบเพื่อให้แก้ปัญหาได้ (Janjua & Hussain, 2013; Corey A. Mathis et al., 2017; NRC, 2013; จรรยา ดาสา, 2560; สิริินภา กิจเกื้อกูล, 2558b; อภิสทิธิ ธงไชย, 2559) โดยการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยเลือกนารูปแบบการเรียนรู้แบบ 6E ของ Burke (2014) ซึ่งประกอบด้วย 6 ขั้นตอน ดังรายละเอียดในหัวข้อที่ 1.5.4 หน้า 27 มาบูรณาการร่วมกับกระบวนการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์โดยใช้กระบวนการโต้แย้งเพื่อส่งเสริมให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการสร้างข้อโต้แย้งของ Corey A. Mathis et al. (2017) ดังรายละเอียดในหัวข้อที่ 2.4 หน้า 41 เพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานในการกำหนดแนวทางการพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาที่บูรณาการการสร้างข้อโต้แย้ง (6E+A) เพื่อส่งเสริมทักษะการแก้ปัญหาทางสะเต็ม ดังหัวข้อที่ 4 รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาที่บูรณาการการสร้างข้อโต้แย้ง (6E+A) เพื่อส่งเสริมทักษะการแก้ปัญหาทางสะเต็ม ในบทที่ 2 หน้า 49

2. ศึกษาสภาพปัญหาการจัดการเรียนรู้รายวิชาฟิสิกส์ของสถาบันอุดมศึกษาไทย ซึ่งจากความคิดเห็นของนักวิชาการศึกษาด้านการศึกษาที่มีต่อสภาพปัญหาการจัดการเรียนรู้ของสถาบันอุดมศึกษาไทย พบว่า ปัญหาการเรียนการสอนฟิสิกส์ในระดับอุดมศึกษาส่วนหนึ่งเป็นผลมาจาก 1) ผู้เรียนมีพื้นฐานทางฟิสิกส์ในระดับมัธยมศึกษาตอนปลายไม่เพียงพอ ทำให้ไม่สามารถติดตามและทำความเข้าใจเนื้อหาในระดับที่มีความซับซ้อนได้ (สมาคมฟิสิกส์ไทย, 2551) ส่งผลให้การจัดการเรียนรู้ในชั้นเรียนปกติใช้เวลาในการจัดการเรียนรู้เกินกำหนดการสอน 2) ด้านการจัดการเรียนรู้ พบว่า ผู้สอนส่วนใหญ่นิยมใช้วิธีการสอนแบบบรรยาย เน้นการถ่ายทอดความรู้และการแก้โจทย์ปัญหามากกว่าส่งเสริมทักษะการแก้ปัญหา ทำให้ผู้เรียนขาดทักษะในการแสวงหา

และสร้างองค์ความรู้ที่เหมาะสมด้วยตนเอง มีปัญหาด้านความสามารถในการคิดวิเคราะห์ในเชิงบูรณาการ การมองประเด็นปัญหา ตลอดจนวิธีการแก้ไขปัญหา มักจะเป็นการคิดแบบแยกส่วน ไม่สามารถบูรณาการความรู้และเชื่อมโยงองค์ความรู้กับสิ่งที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวันได้ (พัชรี ศรีสังข์ , 2551; สิพนนท์ เกตุทัต, 2543; สุมน อมรวิวัฒน์, 2546)

จากการศึกษาสภาพปัญหาการจัดการเรียนรู้ข้างต้น ผู้วิจัยมีความเห็นว่าการจัดการเรียนรู้ระดับอุดมศึกษาควรปรับกระบวนการจัดการเรียนรู้ทั้งในด้านผู้สอนควรเปลี่ยนแปลงบทบาทจากผู้ป้อนความรู้เป็นผู้สนับสนุนชี้แนะและอำนวยความสะดวก ส่วนด้านการจัดการเรียนรู้ควรจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ส่งเสริมความสามารถของผู้เรียนในการคิดวิเคราะห์ คิดแก้ปัญหา ตลอดจนวิธีการแก้ปัญหาในเชิงบูรณาการ สามารถบูรณาการความรู้และเชื่อมโยงองค์ความรู้กับสิ่งที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวันได้ (สมหวัง พิธิยานุวัฒน์, 2544)

3. ศึกษาเอกสาร บทความ และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับส่วนทักษะการแก้ปัญหา ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ศึกษา มาตรฐานสะเต็มศึกษาของ สสวท. มาตรฐานทักษะทางสะเต็มของสำนักงานการศึกษาแห่งรัฐแมริแลนด์ (Maryland State Department of Education Office of STEM Initiatives, 2012) และ McDonnell and Mullally (2016) ซึ่งมีความสอดคล้องกับ แนวปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์และวิศวกรรมจากมาตรฐานการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ยุคใหม่ (Next Generation Science Standards: NGSS) ของประเทศสหรัฐอเมริกา การวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยนำมาตรฐานทักษะทางสะเต็มของสำนักงานการศึกษาแห่งรัฐแมริแลนด์ เพื่อกำหนดตัวชี้วัดทักษะการแก้ปัญหาทางสะเต็ม ประกอบด้วย 5 ตัวชี้วัด

## ขั้นที่ 2 การพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาที่บูรณาการการสร้างข้อโต้แย้ง (6E+A) เพื่อส่งเสริมทักษะการแก้ปัญหาทางสะเต็ม

ขั้นตอนนี้เป็นขั้นตอนของการพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาที่บูรณาการการสร้างข้อโต้แย้ง (6E+A) เพื่อส่งเสริมทักษะการแก้ปัญหาทางสะเต็ม โดยมีการดำเนินการในแต่ละส่วน ดังนี้

1. นำข้อมูลที่ได้จากการศึกษาเอกสาร แนวคิด ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยในขั้นตอนที่ 1 มาวิเคราะห์และสังเคราะห์ เป็นกรอบแนวคิดของรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาที่บูรณาการการสร้างข้อโต้แย้ง (6E+A) เพื่อส่งเสริมทักษะการแก้ปัญหาทางสะเต็ม
2. พัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ (ฉบับร่าง) จากการสังเคราะห์แนวคิด ทฤษฎีในเบื้องต้น ทำให้ผู้วิจัยสามารถพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาที่บูรณาการการสร้างข้อโต้แย้ง (6E+A) เพื่อส่งเสริมทักษะการแก้ปัญหาทางสะเต็ม โดยสังเคราะห์จากรูปแบบการ

เรียนรู้แบบ 6E ของ Burke (Burke, 2014) ร่วมกับกระบวนการจัดการเรียนรู้จัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์โดยใช้กระบวนการโต้แย้งของ Corey A. Mathis et al. (2017) ประกอบด้วย 7 ขั้นตอน คือ 1) ขั้นสร้างความสนใจและตรวจสอบความรู้เดิม (Engagement and Elicitation) 2) ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration) 3) ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation) 4) ขั้นการโต้แย้ง (Argumentation for the best solution) 5) ขั้นการออกแบบและดำเนินการแก้ปัญหา (Execution) 6) ขั้นขยายความรู้ (Enrich) 7) ขั้นประเมิน (Evaluation)

3. นำรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาที่บูรณาการการสร้างข้อโต้แย้ง (6E+A) เพื่อส่งเสริมทักษะการแก้ปัญหาทางสะเต็ม (ฉบับร่าง) ที่สร้างขึ้นเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาปริญญาโท เพื่อตรวจสอบและพิจารณาความถูกต้องเหมาะสมขององค์ประกอบในรูปแบบการจัดการเรียนรู้ จากนั้นนำข้อเสนอแนะของอาจารย์ที่ปรึกษาปริญญาโทมาปรับปรุงแก้ไข ให้มีองค์ประกอบที่มีความเหมาะสมมากยิ่งขึ้น

4. นำรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาที่บูรณาการการสร้างข้อโต้แย้ง (6E+A) เพื่อส่งเสริมทักษะการแก้ปัญหาทางสะเต็ม (ฉบับร่าง) ที่ปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะของอาจารย์ที่ปรึกษาปริญญาโทแล้ว ไปหาคุณภาพโดยให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน ประกอบด้วย ผู้เชี่ยวชาญด้านวิทยาศาสตร์ศึกษา ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหา และผู้เชี่ยวชาญด้านสะเต็มศึกษา ตรวจสอบเพื่อประเมินค่าดัชนีความสอดคล้อง (Index of Item-Objective Congruence: IOC) และความเหมาะสมของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ โดยแบบประเมินค่าดัชนีความสอดคล้องรูปแบบการจัดการเรียนรู้สำหรับผู้เชี่ยวชาญเป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า 3 ระดับ คือ สอดคล้อง ไม่แน่ใจ และไม่สอดคล้อง โดยให้คะแนน +1 0 และ -1 ตามลำดับจำนวน 10 ข้อ และข้อเสนอแนะแบบปลายเปิด ผลการประเมินของผู้เชี่ยวชาญ พบว่ารูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้นมีค่าดัชนีความสอดคล้องแต่ละข้ออยู่ระหว่าง 0.67 - 1.0 ซึ่งมีค่าสูงกว่า 0.5 หมายถึงรูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้นนั้นมีความเหมาะสมและยอมรับได้ (รายละเอียดดังภาคผนวก ข) โดยผู้เชี่ยวชาญได้ให้ข้อเสนอแนะและผู้วิจัยได้ดำเนินการแก้ไขในประเด็นต่อไปนี้

1) กิจกรรมการเรียนรู้ ควรส่งเสริมให้มีการโต้แย้งในชั้นอื่น ๆ ไม่ควรจำเพาะชั้นที่ 4 เท่านั้น แต่เนื่องจากรูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้นนั้น ผู้วิจัยมุ่งให้ผู้เรียนได้เรียนรู้แนวคิดทางวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้องและจำเป็นจากขั้นตอนการเรียนรู้ที่ 1 ถึง 3 เพื่อนำแนวคิดหรือข้อมูลที่ได้จากขั้นดังกล่าว ไปใช้เป็นข้อมูลเพื่อออกแบบวิธีแก้ปัญหาที่เหมาะสมที่สุดผ่านการโต้แย้งในชั้นที่

2) รูปแบบยังไม่ชัดเพราะไม่มีการทดสอบหรือปรับปรุง ซึ่งผู้วิจัยได้ปรับนิยามให้เหมาะสมขึ้น โดยการทดสอบและปรับปรุงนั้นอยู่ในขั้นที่ 5 การออกแบบและดำเนินการแก้ปัญหา (Execution) เป็นขั้นตอนที่ให้ผู้เรียนกำหนดลำดับขั้นตอนการออกแบบและดำเนินการแก้ปัญหา ตลอดจนการทดสอบและประเมินวิธีการแก้ปัญหา และนำเสนอแนวคิดและขั้นตอนแก้ปัญหา

5. แก้ไขปรับปรุงรูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญก่อนนำไปทดลองใช้

### ขั้นที่ 3 สร้างและพัฒนาเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยและเก็บรวบรวมข้อมูล

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ประกอบด้วย เครื่องมือที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้ และเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล ดังนี้

3.1 แผนการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาที่บูรณาการการสร้างข้อโต้แย้ง (6E+A) เพื่อส่งเสริมทักษะการแก้ปัญหาทางสะเต็ม

3.2 แบบวัดทักษะการแก้ปัญหาทางสะเต็ม ซึ่งเป็นแบบทดสอบชนิดคำถามปลายเปิด (open-ended questions)

3.3 แบบประเมินความพึงใจ เป็นแบบมาตราส่วนประเมินค่า (Rating Scale) 5 ระดับ ซึ่งรายละเอียดขั้นตอนในการสร้างและหาคุณภาพ ดังนี้

3.1 แผนการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาที่บูรณาการการสร้างข้อโต้แย้ง (6E+A) เพื่อส่งเสริมทักษะการแก้ปัญหาทางสะเต็ม

การจัดทำแผนการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาที่บูรณาการการสร้างข้อโต้แย้ง (6E+A) เพื่อส่งเสริมทักษะการแก้ปัญหาทางสะเต็ม เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย โดยกำหนดให้มีองค์ประกอบต่าง ๆ ดังนี้ 1) ชื่อเรื่อง 2) สารสำคัญ 3) จุดประสงค์การเรียนรู้ 4) กิจกรรมการเรียนรู้ 5) วิธีการวัดและประเมินผลการเรียนรู้ 6) สื่อการเรียนรู้/อุปกรณ์/ใบความรู้ ผู้วิจัยสร้างและหาคุณภาพของแผนการจัดการเรียนรู้ ตามขั้นตอนดังนี้

1. ศึกษา วิเคราะห์คำอธิบายรายวิชา กำหนดจุดมุ่งหมายของรายวิชา กำหนดการเรียนการสอน และกำหนดรายละเอียดเนื้อหาสาระการเรียนรู้ไว้ 2 หน่วย ได้แก่ แรงแและกฎการเคลื่อนที่ของนิวตันและงานและพลังงาน จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้ฟิสิกส์ในระดับอุดมศึกษา พบว่า ส่วนใหญ่เน้นการสอนเนื้อหาแบบบรรยาย มีผู้เรียนเป็นกลุ่มใหญ่ มุ่งเน้นการท่องจำสมการต่าง ๆ การแก้โจทย์ปัญหามากกว่าความเข้าใจแนวคิด จึงทำให้เกิดแนวคิดที่คลาดเคลื่อน ผู้เรียนไม่สามารถประยุกต์แนวคิดเกี่ยวกับฟิสิกส์ในการอธิบายเหตุการณ์ในชีวิตประจำวันได้ ซึ่งทบวงมหาวิทยาลัย (2543) ได้ระบุแนวทางการปฏิรูปการเรียน

การสอนระดับอุดมศึกษา ในด้านผู้เรียนโดยเน้นผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง โดยกำหนดคุณลักษณะของบัณฑิตที่พึงประสงค์เพื่อนำไปสู่เป้าหมายการผลิตบัณฑิตที่ชัดเจนและมีคุณภาพ ปฏิภาณและพัฒนาทักษะด้านการคิดอย่างมีวิจารณญาณ การคิดวิเคราะห์ การแก้ปัญหา และพัฒนาทักษะในการคัดเลือกข้อมูลโดยการวิเคราะห์ สังเคราะห์ (สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ, 2545; สุภัชฌาน์ ศรีเยี่ยม, 2556) จะเห็นได้ว่าการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษานั้นสอดคล้องกับแนวคิดดังกล่าว โดยเฉพาะด้านทักษะการแก้ปัญหา การมีความคิดสร้างสรรค์ ทักษะการสื่อสาร

2. การกำหนดรายละเอียดเนื้อหาที่สอน ผู้วิจัยกำหนดสถานการณ์ปัญหา และแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยีและวิศวกรรมศาสตร์ที่เกี่ยวข้อง ซึ่งประกอบด้วยแผนการจัดการเรียนรู้ ทั้งหมด 4 แผนการจัดการเรียนรู้ที่นำมาใช้สอนกับผู้เรียนที่สมัครเข้าร่วมกิจกรรมเสริมหลักสูตรรายวิชาฟิสิกส์พื้นฐาน ในภาคการศึกษาที่ 3 ปีการศึกษา 2561 โดยวิธีการเลือกแบบเจาะจง จำนวน 20 คน ซึ่งมีรายละเอียดดังตาราง 8



ตาราง 8 แผนการจัดการเรียนรู้หน่วยการเรียนรู้เรื่องแรงและกฎการเคลื่อนที่ของนิวตันงานและพลังงาน

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 สไลด์เดอร์ส่งของ				
สถานการณ์ปัญหา	กรอบแนวคิดสะเต็มศึกษา			
	วิทยาศาสตร์ (S)	เทคโนโลยี (T)	วิศวกรรมศาสตร์ (E)	คณิตศาสตร์ (M)
ออกแบบสไลด์เดอร์ส่งสินค้า ที่สามารถส่งสินค้า ผ่านเส้นทางที่ลาดชัน ความยาวรวม 50 เมตร และให้มีความแข็งแรงทนทาน ใช้งานได้คุ้มค่า	- กฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 1,2 และ 3 ของนิวตัน - แรงเสียดทาน	- การสืบค้นข้อมูล - เลือกใช้วัสดุและเครื่องมือที่มีความเหมาะสมเพื่อใช้ทำสไลด์	- การออกแบบสไลด์เดอร์ส่งของ - การสร้างและทดสอบแบบจำลอง	- ใช้หลักการคณิตศาสตร์ในการคำนวณหาแรง และแรงเสียดทาน
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 กระเช้าลอยฟ้า				
สถานการณ์ปัญหา	กรอบแนวคิดสะเต็มศึกษา			
	วิทยาศาสตร์ (S)	เทคโนโลยี (T)	วิศวกรรมศาสตร์ (E)	คณิตศาสตร์ (M)
ออกแบบการกระเช้าลอยฟ้า เพื่อเคลื่อนย้ายสินค้าลงมาจากยอดเขาถึงพื้นที่ในการออกแบบนั้นสามารถเลือกใช้รถได้ไม่เกิน 2 ชั้น และในการเคลื่อนย้ายวัตถุจะต้องสามารถควบคุม	- ประยุกต์กฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 2 ของนิวตัน - หลักการของรถ	- หาวีธีการแก้ปัญหา - เลือกใช้วัสดุที่มีความเหมาะสมเพื่อใช้ในการออกแบบกระเช้าลอยฟ้า	- ออกแบบกระเช้าลอยฟ้าเพื่อใช้ในการขนย้ายของ - ทดสอบและปรับปรุงวิธีการแก้ปัญหาได้	- ใช้หลักการคณิตศาสตร์ในการวิเคราะห์คำนวณหาปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง

ตาราง 8 (ต่อ)

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 ยกน้ำด้วยล้อและเพลลา				
สถานการณ์	กรอบแนวคิดสะเต็มศึกษา			
	วิทยาศาสตร์ (S)	เทคโนโลยี (T)	วิศวกรรมศาสตร์ (E)	คณิตศาสตร์ (M)
ปัญหา	วิทยาศาสตร์ (S)	เทคโนโลยี (T)	วิศวกรรมศาสตร์ (E)	คณิตศาสตร์ (M)
ออกแบบวิธี	- งาน	- การสืบค้นข้อมูล	- การออกแบบ	- ใช้หลักการ
แก้ปัญหา เพื่อยก	- กำลัง	- เลือกใช้วัสดุและ	วิธีการแก้ปัญหา	คณิตศาสตร์ในการ
ขุดน้ำ ให้	- ความสัมพันธ์	เครื่องมือที่มีความ	- การสร้างและ	คำนวณงานและกำลัง
เคลื่อนที่ขึ้นได้ใน	ของงานและ	เหมาะสมเพื่อ	ทดสอบ	
แนวคิดโดยระดับ	กำลัง	สร้างวิธีการ	แบบจำลอง	
ความสูง 1 เมตร	- ล้อและเพลลา	แก้ปัญหา		
นับจากพื้น โดย				
ใช้กำลังน้อยที่สุด				
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 การสร้างแบบจำลองแตรมโพลีน				
ออกแบบและ	- การอนุรักษ์	- หาวิธีการ	- ออกแบบและ	- ใช้หลักการ
สร้าง	พลังงาน	แก้ปัญหา	ทดสอบโครงสร้าง	คณิตศาสตร์ในการ
แบบจำลองแตรม	- กฎของฮุกส์	- เลือกใช้วัสดุที่มี	แตรมโพลีนเพื่อส่ง	คำนวณหาค่าคงที่ของ
โพลีนอย่างไร		ความเหมาะสม	ของ	สปริง
เพื่อให้เด็ก ๆ		เพื่อใช้ออกแบบ		- คำนวณพลังงาน
สามารถกระโดด				ศักย์โน้มถ่วง พลังงาน
ได้สูง				จลน์และพลังงานศักย์
				ยืดหยุ่น

3. สร้างแผนการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาที่บูรณาการการสร้างข้อโต้แย้ง (6E+A) เพื่อส่งเสริมทักษะการแก้ปัญหาทางสะเต็ม โดยแผนการจัดการเรียนรู้ ซึ่งผู้วิจัยสร้างขึ้นมีองค์ประกอบดังนี้ ชื่อแผนการจัดการเรียนรู้ ระยะเวลาที่จัดการเรียนรู้ แนวคิดทางวิทยาศาสตร์ (สาระสำคัญ) จุดประสงค์การเรียนรู้ กิจกรรมการจัดการเรียนรู้ การวัดและประเมินผล สื่อและอุปกรณ์การเรียนรู้

4. นำแผนการจัดการเรียนรู้ในหน่วยการเรียนรู้เรื่องแรงและกฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน และงานและพลังงาน ซึ่งสร้างขึ้นตามรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาที่บูรณาการการสร้างข้อโต้แย้ง (6E+A) เพื่อส่งเสริมทักษะการแก้ปัญหาทางสะเต็ม นำเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษา

ปริญญาโท เพื่อตรวจสอบความถูกต้อง ความสอดคล้องของกระบวนการจัดการเรียนรู้ในแผน  
ฯ ความเหมาะสมของกิจกรรมเพิ่มเติม ความเหมาะสมของการวัดและประเมินผล ความถูกต้อง  
เหมาะสมของภาษาที่ใช้ในการเขียนแผนการจัดการเรียนรู้ และนำมาปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำ

5. นำแผนการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาที่บูรณา  
การการสร้างข้อโต้แย้ง (6E+A) เพื่อส่งเสริมทักษะการแก้ปัญหาทางสะเต็ม ซึ่งผ่านการปรับปรุง  
แก้ไขตามคำแนะนำและข้อเสนอแนะของอาจารย์ที่ปรึกษาปริญญาโทแล้ว เสนอต่อ  
ผู้เชี่ยวชาญ วิเคราะห์คุณภาพโดยให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน ประกอบด้วย ผู้เชี่ยวชาญด้าน  
วิทยาศาสตร์ศึกษา ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหา และผู้เชี่ยวชาญด้านสะเต็มศึกษา เพื่อตรวจสอบและ  
พิจารณา ประเมินความสอดคล้องและความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา  
ที่บูรณาการการสร้างข้อโต้แย้ง (6E+A) เพื่อส่งเสริมทักษะการแก้ปัญหาทางสะเต็ม โดยแบบ  
ประเมินค่าดัชนีความสอดคล้องรูปแบบการจัดการเรียนรู้สำหรับผู้เชี่ยวชาญเป็นแบบมาตราส่วน  
ประมาณค่า 3 ระดับ คือ สอดคล้อง ไม่แน่ใจ และไม่สอดคล้อง โดยให้คะแนน +1 0 และ -1  
ตามลำดับ และความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้ โดยใช้เกณฑ์การพิจารณา เป็นแบบ  
มาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ ได้แก่ เหมาะสมมากที่สุด เหมาะสม ไม่แน่ใจ ไม่เหมาะสม และ  
ไม่เหมาะสมมากที่สุด โดยมีเกณฑ์การให้คะแนนดังนี้

โดยมีเกณฑ์การพิจารณาความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้ เป็นมาตราส่วน  
ประมาณค่า (Rating Scale) 5 ระดับ ของ Likert ดังนี้

ค่าเฉลี่ย 4.50 – 5.00	หมายถึง	เหมาะสมมากที่สุด
ค่าเฉลี่ย 3.50 – 4.49	หมายถึง	เหมาะสมมาก
ค่าเฉลี่ย 2.50 – 3.49	หมายถึง	เหมาะสมปานกลาง
ค่าเฉลี่ย 1.50 – 2.49	หมายถึง	เหมาะสมน้อย
ค่าเฉลี่ย 1.00 – 1.49	หมายถึง	เหมาะสมน้อยที่สุด

จากการวิเคราะห์ค่าดัชนีความสอดคล้อง พบว่า มีค่าดัชนีความสอดคล้องอยู่ระหว่าง  
0.67-1.00 และมีความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้ในระดับ ปานกลาง มาก และมากที่สุด  
ในแต่ละด้าน ดังภาคผนวก ข แสดงให้เห็นว่าทุกแผนการจัดการเรียนรู้มีความสอดคล้องและ  
เหมาะสม และความเหมาะสมของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ โดยใช้เป็นแบบมาตราส่วนประมาณ  
ค่า 5 ระดับ ได้แก่ เหมาะสมมากที่สุด เหมาะสม ไม่แน่ใจ ไม่เหมาะสม และไม่เหมาะสมมากที่สุด  
โดยมีเกณฑ์การให้คะแนนดังนี้

แสดงให้เห็นว่าทุกแผนการจัดการเรียนรู้มีความสอดคล้องและเหมาะสม สามารถนำไปใช้ในการจัดการเรียนรู้ได้ โดยผู้วิจัยได้ปรับแก้ไขตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ ในประเด็น ดังนี้

1) ผู้เชี่ยวชาญแนะนำว่าในแผนการจัดการเรียนรู้ควรแสดงให้เห็นอย่างชัดเจนว่า บูรณาการการสร้างข้อโต้แย้งกับสะเต็มอย่างไร ผู้วิจัยจึงทำการปรับปรุงตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญโดยการเขียนอธิบายกิจกรรมในขั้นตอนการเรียนรู้ให้เห็นกระบวนการโต้แย้งชัดเจน

2) ผู้เชี่ยวชาญแนะนำว่าควรเขียนเกณฑ์การให้คะแนนทักษะการแก้ปัญหาทางสะเต็มไว้ในแผนฯด้วย ผู้วิจัยจึงทำการปรับปรุงตามข้อเสนอแนะโดยการเขียนเกณฑ์การให้คะแนนทักษะการแก้ปัญหาทางสะเต็มลงในแผนการจัดการเรียนรู้

3) สถานการณ์ควรเป็นสถานการณ์ในชีวิตประจำวัน เพื่อให้เกิดการเรียนรู้ที่มีความหมายตามนิยามสะเต็ม

4) ควรระบุจุดประสงค์การเรียนรู้เกี่ยวกับการแก้ปัญหาทางสะเต็มเข้าไปด้วย ผู้วิจัยจึงทำการปรับปรุงตามข้อเสนอแนะโดยการเขียนจุดประสงค์การเรียนรู้เกี่ยวกับการแก้ปัญหาทางสะเต็มในแผนฯ

5) ขั้นการโต้แย้ง หลังการทดสอบประสิทธิภาพแล้ว ควรมีการโต้แย้งการออกแบบวิธีแก้ปัญหาของแต่ละกลุ่มด้วยว่าการออกแบบที่ดีควรเป็นอย่างไรและจุดด้อยในการออกแบบของแต่ละกลุ่มคืออะไร โดยพยายามเชื่อมโยงกับเนื้อหาทางวิทยาศาสตร์ที่ผู้สอนต้องการให้ผู้เรียนได้ในแต่ละครั้งด้วย ผู้วิจัยจึงทำการปรับปรุงตามข้อเสนอแนะโดยเพิ่มเติมการโต้แย้งผลออกแบบวิธีแก้ปัญหาของแต่ละกลุ่มเพื่อประเมินจุดเด่นหรือจุดด้อย หลังการทดสอบประสิทธิภาพในขั้นการออกแบบและดำเนินการแก้ปัญหา (Execution)

6. ผู้วิจัยนำแผนการจัดการเรียนรู้ฯ ที่ผ่านการตรวจสอบและปรับปรุงตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญแล้วไปทำการศึกษานำร่อง(Try Out) กับนักศึกษาที่ผ่านการเรียนรายวิชาฟิสิกส์พื้นฐานในภาคการศึกษาที่ 1/2561 ที่ไม่ใช่กลุ่มที่ใช้ศึกษา จากนั้นปรับปรุงแก้ไขเป็นแผนการจัดการเรียนรู้ที่สามารถนำไปใช้จริงกับกลุ่มที่ใช้ศึกษาต่อไป

### 3.2 แบบวัดทักษะการแก้ปัญหาทางสะเต็ม

แบบวัดทักษะการแก้ปัญหาทางสะเต็มมีจำนวน 2 ชุด โดยชุดที่ 1 เป็นแบบทดสอบก่อนเรียน ชุดที่ 2 เป็นแบบทดสอบหลังเรียน ซึ่งข้อสอบทั้งสองเป็นแบบทดสอบคู่ขนาน โดยแต่ละชุดเป็นแบบทดสอบชนิดคำถามปลายเปิด (open-ended questions) จำนวน 3 สถานการณ์ สถานการณ์ละ 6 ข้อคำถาม เพื่อประเมินทักษะการแก้ปัญหาทางสะเต็ม ตาม 5 ตัวชี้วัด

ประกอบด้วย 1) การกำหนดประเด็นปัญหา 2) การบูรณาการแนวคิดทางสะเต็ม 3) การสร้างข้อคิดเห็นหรือข้อโต้แย้ง 4) การให้เหตุผลในการเลือกวิธีการแก้ปัญหา และ 5) การประเมินความเป็นไปได้ของวิธีการแก้ปัญหา โดยผู้วิจัยดำเนินการสร้างและหาคุณภาพตามขั้นตอน ดังนี้

1. ศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องกับทักษะการแก้ปัญหาในการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา จากมาตรฐานทักษะทางสะเต็มของสำนักงานการศึกษาแห่งรัฐแมริแลนด์ (Maryland State Department of Education Office of STEM Initiatives, 2012) เพื่อใช้ในการกำหนดกรอบแนวคิดในการกำหนดนิยามตัวชี้วัดของทักษะการแก้ปัญหาทางสะเต็ม (STEM Problem solving skills)

2. สร้างและกำหนดกรอบแนวคิดในการกำหนดนิยามตัวชี้วัดของทักษะการแก้ปัญหาทางสะเต็ม (STEM Problem solving skills) ซึ่งอ้างอิงมาจากมาตรฐานทักษะทางสะเต็มของสำนักงานการศึกษาแห่งรัฐแมริแลนด์ (Maryland State Department of Education Office of STEM Initiatives, 2012: 10-12) โดยตัวชี้วัดทักษะการแก้ปัญหาทางสะเต็มในการวิจัยครั้งนี้ ประกอบด้วย 5 ตัวชี้วัด ดังนี้ 1) การกำหนดประเด็นปัญหา 2) การบูรณาการแนวคิดทางสะเต็ม 3) การสร้างข้อคิดเห็นหรือข้อโต้แย้ง 4) การให้เหตุผลในการเลือกวิธีการแก้ปัญหา และ 5) การประเมินความเป็นไปได้ของวิธีการแก้ปัญหา

3. ผู้วิจัยกำหนดเกณฑ์การให้คะแนนทักษะการแก้ปัญหาทางสะเต็ม (Rubric) ซึ่งแบ่งเกณฑ์เป็น 4 ระดับ คือ 0 คะแนน 1 คะแนน 2 คะแนน และ 3 คะแนน โดยแต่ละระดับแสดงให้เห็นความสามารถในการแก้ปัญหาทางสะเต็ม ที่สอดคล้องกับองค์ประกอบและตัวชี้วัดทักษะการแก้ปัญหาทางสะเต็มที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น

4. เมื่อได้นิยามตัวชี้วัดทักษะการแก้ปัญหาทางสะเต็มและเกณฑ์การให้คะแนนในภาพรวมแล้ว ผู้วิจัยวิเคราะห์สาระการเรียนรู้เรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่ของนิวตันและงานและพลังงาน ซึ่งใช้ในการจัดการเรียนรู้ สำหรับนักศึกษาปริญญาตรี จากนั้นจัดทำกรอบแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยีและวิศวกรรมศาสตร์ เพื่อออกแบบ สร้างสถานการณ์ปัญหาที่เกี่ยวข้องกับเรื่องแรงและกฎการเคลื่อนที่ของนิวตันและงานและพลังงาน

5. สร้างแบบวัดทักษะการแก้ปัญหาทางสะเต็ม โดยร่างสถานการณ์ปัญหา ข้อคำถามให้สอดคล้องกับเนื้อหาสาระการเรียนรู้เรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่ของนิวตันและงานและพลังงาน เป็นแบบทดสอบชนิดคำถามปลายเปิด (open-ended questions) จำนวน 6 สถานการณ์ สถานการณ์ละ 6 ข้อคำถาม เพื่อประเมินทักษะการแก้ปัญหาทางสะเต็มในแต่ละตัวชี้วัดของผู้เรียน ดังนี้ กำหนดประเด็นปัญหา บูรณาการแนวคิดทางสะเต็ม สร้างข้อคิดเห็นหรือ

ข้อโต้แย้ง ให้เหตุผลในการเลือกวิธีการแก้ปัญหา และประเมินความเป็นไปได้ของวิธีการแก้ปัญหา จากสถานการณ์ปัญหาที่กำหนด

6. นำแบบวัดทักษะการแก้ปัญหาทางสะเต็ม ที่สร้างขึ้นเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาปริญญาโท เพื่อตรวจสอบความถูกต้องเชิงเนื้อหา ความเหมาะสมของภาษาที่ใช้และความครอบคลุมของข้อคำถามตามตัวชี้วัดต่าง ๆ แล้วนำข้อเสนอแนะไปปรับปรุงแก้ไข

7. นำแบบวัดทักษะการแก้ปัญหาทางสะเต็ม ที่ผ่านการตรวจสอบจากอาจารย์ที่ปรึกษาปริญญาโท ไปวิเคราะห์คุณภาพโดยเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน ประกอบด้วยผู้เชี่ยวชาญด้านสะเต็มศึกษา ประเมินความสอดคล้อง ระหว่างข้อคำถามกับตัวชี้วัดทักษะการแก้ปัญหาทางสะเต็ม โดยแบบประเมินค่าดัชนีความสอดคล้องรูปแบบการจัดการเรียนรู้สำหรับผู้เชี่ยวชาญเป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า 3 ระดับ คือ สอดคล้อง ไม่น่าใจ และไม่สอดคล้อง โดยให้คะแนน +1 0 และ -1 ตามลำดับ และความเหมาะสมของแบบวัดทักษะการแก้ปัญหาทางสะเต็ม โดยใช้เกณฑ์การพิจารณาเป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ ได้แก่ เหมาะสมมากที่สุด เหมาะสม ไม่น่าใจ ไม่เหมาะสม และไม่เหมาะสมมากที่สุด โดยมีเกณฑ์การให้คะแนนดังนี้ ผลการประเมินของผู้เชี่ยวชาญพบว่า ค่าความสอดคล้อง ระหว่างข้อคำถามกับตัวชี้วัดทักษะการแก้ปัญหาทางสะเต็ม อยู่ระหว่าง 0.67-1.00 สามารถนำไปใช้ได้ ดังแสดงในภาคผนวก....

จากการวิเคราะห์ค่าดัชนีความสอดคล้องของนิยามตัวชี้วัดทักษะการแก้ปัญหาทางสะเต็ม พบว่า มีค่าเฉลี่ยความสอดคล้องอยู่ระหว่าง 0.67-1.00 และมีความเหมาะสมอยู่ในระดับมาก และมากที่สุดในแต่ละตัวชี้วัด ดังภาคผนวก ข แสดงให้เห็นว่าทุกตัวชี้วัดมีความสอดคล้องและเหมาะสมสามารถนำไปใช้ได้ และจากการวิเคราะห์ ค่าดัชนีความสอดคล้องและความเหมาะสมของเกณฑ์การให้คะแนนประเมินกับตัวชี้วัดทักษะการแก้ปัญหาทางสะเต็ม พบว่า ค่าเฉลี่ยความสอดคล้องอยู่ระหว่าง 0.67-1.00 และมีความเหมาะสมอยู่ในระดับมาก และมากที่สุดในแต่ละตัวชี้วัด ดังภาคผนวก ข โดยผู้วิจัยได้ปรับแก้ไขตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ ในประเด็นดังนี้

1) ตัวชี้วัดที่ 2 การบูรณาการแนวคิดทางสะเต็ม ควรอธิบายว่าบูรณาการอย่างไร เช่น เชื่อมโยงแนวคิด วิธีปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์และกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ผู้วิจัยได้ปรับแก้ไขตามข้อเสนอแนะ โดยปรับนิยามศัพท์ตัวชี้วัดดังกล่าว ดังนี้ การบูรณาการแนวคิดทางสะเต็ม หมายถึง การเชื่อมโยงแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี คณิตศาสตร์ ผ่านกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมที่เหมาะสมเพื่อสร้างวิธีการแก้ปัญหา

2) ตัวชี้วัดที่ 5 การประเมินความเป็นไปได้ของวิธีการแก้ปัญหา ควรมีการประเมินตามกรอบแนวคิดทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์ หรือความเป็นไปได้ของเทคโนโลยีในปัจจุบัน ผู้วิจัยได้ปรับแก้ไขตามข้อเสนอแนะ โดยปรับนิยามศัพท์ตัวชี้วัด ดังนี้ การประเมินความเป็นไปได้ของวิธีการแก้ปัญหา หมายถึง การประเมินความเป็นไปได้ของวิธีการแก้ปัญหา ตามกรอบแนวคิดทางวิทยาศาสตร์หรือความเป็นไปได้ของเทคโนโลยีในปัจจุบัน โดยกำหนดวิธีประเมินได้อย่างเหมาะสม

3) การปรับภาษาของข้อคำถาม

4) ชื่อสถานการณ์ให้เหมาะสม

8. นำแบบวัดทักษะการแก้ปัญหาทางสะเต็ม ทั้ง 6 สถานการณ์ที่ผ่านการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญมาทดลองใช้กับนักศึกษาที่เคยเรียนวิชาฟิสิกส์พื้นฐาน ที่ไม่ใช่กลุ่มที่ใช้ศึกษา จำนวน 20 คน

9. นำผลคะแนน มาจัดเป็นแบบจากแบบวัดทักษะการแก้ปัญหาทางสะเต็มจำนวน 2 ชุด ชุดละ 3 สถานการณ์ พบว่า แบบวัดชุดที่ 1 และชุดที่ 2 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 14.45 และ 14.02 ตามลำดับ มีค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของชุดที่ 1 และชุดที่ 2 เท่ากับ 1.813 และ 1.226 ตามลำดับ จากนั้นหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สัน (Pearson's correlation coefficient) (ลัวัน สายยศ & อังคนา สายยศ, 2553) ของแบบวัดทั้ง 2 ชุด ผลการวิเคราะห์พบว่าค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์มีค่า .733 ซึ่งแสดงว่าแบบวัดทั้ง 2 ชุด มีความสัมพันธ์กันสูงและในทิศทางเดียวกัน (ยุทธ ไกยวรรณ์, 2555) สามารถนำไปใช้เป็นแบบวัดทักษะการแก้ปัญหาทางสะเต็มได้ โดยชุดที่ 1 เพื่อใช้วัดทักษะการแก้ปัญหาทางสะเตมาก่อนเรียน ชุดที่ 2 เพื่อใช้ในการวัดทักษะการแก้ปัญหาทางสะเต็มหลังเรียน

### 3.3 แบบประเมินความพึงใจที่มีต่อรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาที่บูรณาการการสร้างข้อโต้แย้ง (6E+A) เพื่อส่งเสริมทักษะการแก้ปัญหาทางสะเต็ม

เป็นแบบมาตราส่วนประเมินค่า (Rating Scale) 5 ระดับ ได้แก่ พึงพอใจมากที่สุด พึงพอใจมาก พึงพอใจปานกลาง พึงพอใจน้อย และพึงพอใจน้อยที่สุด จำนวน 30 ข้อ ประเมินในประเด็น ด้านเนื้อหา 5 ข้อ ด้านกิจกรรมการเรียนรู้ 13 ข้อ ด้านผู้สอน 6 ข้อ ด้านบรรยากาศการเรียนรู้อื่นๆ 5 ข้อ และด้านการวัดและประเมินผล 6 ข้อ โดยผู้วิจัยดำเนินการสร้างและหาคุณภาพตามขั้นตอน ดังนี้

1. ผู้วิจัยศึกษาเอกสารและหลักการสร้างแบบสอบถาม กำหนดกรอบแนวทางในการสร้างแบบประเมินความพึงพอใจที่มีต่อรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาที่บูรณาการการสร้างข้อโต้แย้ง (6E+A) เพื่อส่งเสริมทักษะการแก้ปัญหาทางสะเต็ม

2. กำหนดเนื้อหาและรูปแบบในการสร้างแบบประเมินความพึงพอใจที่มีต่อรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาที่บูรณาการการสร้างข้อโต้แย้ง (6E+A) เพื่อส่งเสริมทักษะการแก้ปัญหาทางสะเต็ม

3. สร้างแบบประเมินความพึงพอใจที่มีต่อรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาที่บูรณาการการสร้างข้อโต้แย้ง (6E+A) เพื่อส่งเสริมทักษะการแก้ปัญหาทางสะเต็ม แบ่งเป็น 3 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้เรียน

ตอนที่ 2 ความพึงพอใจต่อรูปแบบการจัดการเรียนรู้ ซึ่งพิจารณา 5 ด้าน จำนวน 30 ข้อ ประกอบด้วย ด้านเนื้อหา 5 ข้อ ด้านกิจกรรมการเรียนรู้ 13 ข้อ ด้านผู้สอน 6 ข้อ ด้านบรรยากาศการเรียนรู้ 5 ข้อ และด้านรางวัลและประเมินผล 6 ข้อ โดยแต่ละข้อมีตัวเลือก เป็นแบบมาตราส่วนประเมินค่า (Rating Scale) มี 5 ระดับ ของลิเคิร์ต (Likert) ได้แก่ พึงพอใจมากที่สุด พึงพอใจมาก พึงพอใจปานกลาง พึงพอใจน้อย และพึงพอใจน้อยที่สุด โดยปรับปรุงมาจากแบบวัดความพึงพอใจในการเรียนของ (จารุวรรณ เทวกุล, 2555; นฤมาน นายะสุนทร, 2545)

ตอนที่ 3 ข้อเสนอแนะต่อรูปแบบการจัดการเรียนรู้ เป็นแบบสอบถามปลายเปิดจำนวน 2 ข้อ ให้ผู้เรียนแสดงความคิดเห็นและระบุข้อมูลตามความจริงที่มีต่อการเรียนรู้ด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้

4. นำแบบประเมินความพึงพอใจที่มีต่อรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบ 6E+A ที่บูรณาการการสร้างข้อโต้แย้งเพื่อส่งเสริมทักษะการแก้ปัญหาทางสะเต็มที่สร้างขึ้น ไปเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาปริญญาโท เพื่อตรวจสอบความถูกต้องเชิงเนื้อหา ความเหมาะสมของภาษาที่ใช้ และความครอบคลุมของข้อคำถาม แล้วนำข้อเสนอแนะไปปรับปรุงแก้ไข

5. นำแบบประเมินความพึงพอใจที่มีต่อรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาที่บูรณาการการสร้างข้อโต้แย้ง (6E+A) เพื่อส่งเสริมทักษะการแก้ปัญหาทางสะเต็ม ที่ผ่านการตรวจสอบและปรับปรุงจากอาจารย์ที่ปรึกษาปริญญาโท ไปวิเคราะห์คุณภาพโดยเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน ประกอบด้วย ผู้เชี่ยวชาญด้านวิทยาศาสตร์ศึกษา ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหา และผู้เชี่ยวชาญด้านสะเต็มศึกษา ประเมินความสอดคล้องและความเหมาะสมของภาษาและการนำไปใช้ โดยแบบประเมินค่าดัชนีความสอดคล้องแบบประเมินความพึงพอใจสำหรับผู้เชี่ยวชาญเป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า 3 ระดับ คือ สอดคล้อง ไม่น่าใจ และไม่สอดคล้อง โดยให้คะแนน +1 0 และ -1 ตามลำดับ และความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้เกณฑ์การพิจารณา เป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ ได้แก่ เหมาะสมมากที่สุด เหมาะสม



ไม่แน่ใจ ไม่เหมาะสม และไม่เหมาะสมมากที่สุด โดยมีเกณฑ์การให้คะแนนดังนี้ จากการวิเคราะห์ ค่าดัชนีความสอดคล้อง พบว่า มีค่าเฉลี่ยความสอดคล้องอยู่ระหว่าง 0.67-1.00 และมีความเหมาะสมของอยู่ในระดับมากและมากที่สุด ดังแสดงใน

6. นำแบบประเมินความพึงพอใจที่มีต่อรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาที่บูรณาการการก่อสร้างข้อโต้แย้ง (6E+A) เพื่อส่งเสริมทักษะการแก้ปัญหาทางสะเต็ม ที่ผ่านการตรวจสอบแก้ไขและปรับปรุงตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ ไปทดลองใช้กับผู้เรียนที่ไม่ใช่กลุ่มเป้าหมายซึ่งผ่านการเรียนรู้ เรื่องแรงและกฎการเคลื่อนที่ของนิวตันและงานและพลังงาน จำนวน 20 คน

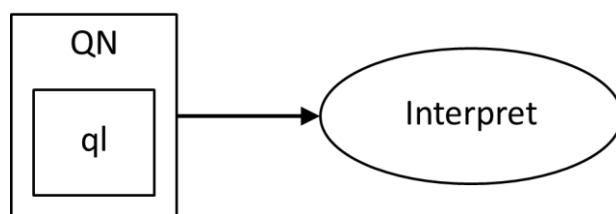
7. นำผลการเก็บรวบรวมข้อมูลมาวิเคราะห์ระดับความพึงพอใจต่อรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาที่บูรณาการการก่อสร้างข้อโต้แย้ง (6E+A) เพื่อส่งเสริมทักษะการแก้ปัญหาทางสะเต็ม ด้วยค่าสถิติพื้นฐาน ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

#### **ขั้นที่ 4 การนำรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาที่บูรณาการการก่อสร้างข้อโต้แย้ง (6E+A) เพื่อส่งเสริมทักษะการแก้ปัญหาทางสะเต็ม ไปทดลองใช้จริง**

การนำแผนการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาที่บูรณาการการก่อสร้างข้อโต้แย้ง (6E+A) เพื่อส่งเสริมทักษะการแก้ปัญหาทางสะเต็ม ที่ผ่านการปรับปรุงแก้ไขและการทดลองใช้แล้ว ไปศึกษากับกลุ่มที่ใช้ศึกษา ผู้วิจัยดำเนินการศึกษา ดังนี้

##### **4.1 แบบแผนการวิจัย**

การวิจัยครั้งนี้ใช้การวิจัยเชิงผสมผสาน (Mixed Methods) ตามแบบแผนรองรับภายใน (Embedded Design) เป็นแบบแผนที่ทำกรวิจัยระยะเดียว โดยใช้วิธีการเก็บข้อมูลเชิงปริมาณ (แบบวัดทักษะการแก้ปัญหาทางสะเต็ม) เป็นวิธีหลักและวิธีการเก็บข้อมูลจากการวิเคราะห์การตอบคำถามและการสัมภาษณ์ผู้เรียนเป็นวิธีรองเพื่อนำข้อมูลไปเสริมหรือสนับสนุนจากการตอบคำถามของเครื่องมือหลัก เป็นการนำกลุ่มที่ใช้ศึกษากลุ่มเดียว ทดลองก่อนเรียนและหลังเรียน (Creswell & Clark, 2007; วัลนิกา ฉลาดบาง, 2560) รายละเอียดดังภาพประกอบ 2



ภาพประกอบ 2 แบบแผนรองรับภายใน (Embedded Design)

ความหมายของข้อความและสัญลักษณ์ที่ใช้ในแบบแผน

QN แทน ใช้วิธีเก็บข้อมูลเชิงปริมาณเป็นวิธีหลัก โดยใช้แบบวัดทักษะการแก้ปัญหาทางสะเต็มกับกลุ่มที่ใช้ศึกษา

ql แทน ใช้วิธีเก็บข้อมูลเชิงคุณภาพเป็นวิธีรอง โดยวิเคราะห์คำตอบจากแบบวัดทักษะการแก้ปัญหาทางสะเต็มและใช้การสัมภาษณ์

#### 4.2 กลุ่มที่ใช้ศึกษา

กลุ่มที่ใช้ศึกษา คือ นักศึกษาปริญญาตรีชั้นปีที่ 1-2 ของมหาวิทยาลัยแห่งหนึ่งใน จ.ตรัง ที่สมัครเข้าร่วมกิจกรรมเสริมหลักสูตรรายวิชาฟิสิกส์พื้นฐาน ในภาคการศึกษาที่ 3 ปี การศึกษา 2561 โดยวิธีการเลือกแบบเจาะจง ดังนี้ เป็นนักศึกษาสาขาเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ ที่ผ่านการเรียนรายวิชาฟิสิกส์พื้นฐานมาในปีการศึกษา 1/2561 จำนวน 20 คน

#### 4.3 การดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูล

การดำเนินการจัดการเรียนรู้เพื่อประเมินผลการใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบ สะเต็มศึกษาที่บูรณาการการสร้างข้อโต้แย้ง (6E+A) เพื่อส่งเสริมทักษะการแก้ปัญหาทางสะเต็ม มีการดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลตามลำดับ ดังนี้

##### 4.3.1 ก่อนการจัดการเรียนรู้ ผู้วิจัยในฐานะผู้สอนดำเนินการดังนี้

1) ชี้แจงทำความเข้าใจเกี่ยวกับขั้นตอนการเรียนรู้ ลักษณะของกิจกรรมการเรียนรู้ บทบาทของครูผู้สอน และบทบาทของผู้เรียน สำหรับการเรียนรู้ เพื่อให้เกิดความเข้าใจร่วมกัน

2) ทดสอบวัดทักษะการแก้ปัญหาทางสะเต็มโดยใช้แบบวัดทักษะการแก้ปัญหาทางสะเต็ม ชนิดคำถามปลายเปิด (open-ended questions) จำนวน 3 สถานการณ์ สถานการณ์ละ 6 ข้อคำถาม ในเวลา 90 นาที

3) ดำเนินการสัมภาษณ์เพิ่มเติมจากการทำการทดสอบวัดทักษะการแก้ปัญหาทางสะเต็มของผู้เรียน โดยเลือกผู้เรียนที่อยู่ในกลุ่มที่มีทักษะการแก้ปัญหาทางสะเต็มที่อยู่ในแต่ละระดับต่ำกว่าคะแนน 1 หรือ 2 จำนวน 4-6 คน เพื่อนำข้อมูลพิจารณาร่วมกับผลการวัดทักษะการแก้ปัญหาทางสะเต็มโดยใช้การจดบันทึกการสัมภาษณ์ ใช้เวลาในการสัมภาษณ์คนละ

10-15 นาที ทั้งนี้การสัมภาษณ์ตัวแทนกลุ่มที่ใช้ศึกษา จำนวน 15-20% จากกลุ่มที่ใช้ศึกษาทั้งหมด สามารถใช้เป็นตัวแทนในการตัดสินความหมายในบริบทซึ่งเกี่ยวข้องกับผู้เรียนที่ศึกษาทั้งหมดได้ (Lederman, Abd-El-Khalick, Bell, & Schwartz, 2002)

4.3.2 ดำเนินการจัดการเรียนรู้ โดยผู้วิจัยนำแผนการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาที่บูรณาการการสร้างข้อโต้แย้ง (6E+A) เพื่อส่งเสริมทักษะการแก้ปัญหาทางสะเต็ม ที่ปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญมาจัดการเรียนรู้กับกลุ่มที่ศึกษาโดยสอนตามแผนการจัดการเรียนรู้จำนวน 4 แผนการเรียนรู้ แผนฯ ละ 5 ชั่วโมง รวมเวลาทั้งสิ้น 20 ชั่วโมง

4.3.3 หลังการจัดการเรียนรู้ด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาที่บูรณาการการสร้างข้อโต้แย้ง (6E+A) เพื่อส่งเสริมทักษะการแก้ปัญหาทางสะเต็ม ผู้วิจัยดำเนินการดังนี้

1) ทดสอบวัดทักษะการแก้ปัญหาทางสะเต็มโดยใช้แบบวัดทักษะการแก้ปัญหาทางสะเต็มชนิดคำถามปลายเปิด 3 สถานการณ์ สถานการณ์ละ 6 ข้อคำถาม ในเวลา 90 นาที ซึ่งเป็นแบบทดสอบแบบคู่ขนานกับแบบวัดทักษะการแก้ปัญหาทางสะเต็มก่อนเรียน

2) ดำเนินการสัมภาษณ์เพิ่มเติมจากการทำการทดสอบวัดทักษะการแก้ปัญหาทางสะเต็มของผู้เรียน โดยเลือกผู้เรียนที่อยู่ในกลุ่มที่มีทักษะการแก้ปัญหาทางสะเต็มที่อยู่ในแต่ละระดับ จำนวน 3 คน เพื่อนำข้อมูลพิจารณาร่วมกับผลการวัดทักษะการแก้ปัญหาทางสะเต็มโดยใช้การจดบันทึกการสัมภาษณ์

3) ประเมินความพึงพอใจที่มีต่อรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบ 6E+A ที่บูรณาการการสร้างข้อโต้แย้ง เพื่อส่งเสริมทักษะการแก้ปัญหาทางสะเต็มที่พัฒนาขึ้น

## ขั้นที่ 5 การวิเคราะห์ข้อมูล

### 5.1 การวิเคราะห์ข้อมูล

การดำเนินงานในขั้นตอนนี้ เป็นการวิเคราะห์ข้อมูลหลังจากการดำเนินการจัดการเรียนรู้ด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาที่บูรณาการการสร้างข้อโต้แย้ง (6E+A) เพื่อส่งเสริมทักษะการแก้ปัญหาทางสะเต็ม ดำเนินการโดยนำคะแนนจากแบบวัดทักษะการแก้ปัญหาทางสะเต็ม และการแปลค่าความหมายระดับความพึงพอใจที่มีต่อรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาที่บูรณาการการสร้างข้อโต้แย้ง (6E+A) เพื่อส่งเสริมทักษะการแก้ปัญหาทางสะเต็ม ในกิจกรรมเสริมหลักสูตรรายวิชาฟิสิกส์พื้นฐาน เรื่องแรงและกฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน งานและพลังงาน ของกลุ่มที่ใช้ศึกษาก่อนและหลังจากการจัดการเรียนรู้ ซึ่งรายละเอียดของการวิเคราะห์ข้อมูลและสถิติที่ใช้ ดังนี้

1) วิเคราะห์แนวคำตอบของผู้เรียนจากแบบวัดทักษะการแก้ปัญหาทางสะเต็ม ทั้งก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้ด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาที่บูรณาการการ สร้างข้อโต้แย้ง (6E+A) เพื่อส่งเสริมทักษะการแก้ปัญหาทางสะเต็มที่พัฒนาขึ้น จากนั้นให้คะแนน ตามเกณฑ์การให้คะแนนทักษะการแก้ปัญหาทางสะเต็ม ที่ได้จัดทำขึ้น ภายหลังจากให้คะแนน ตามเกณฑ์ หาค่าความถี่ ร้อยละของผู้เรียนในแต่ละกลุ่มและเปรียบเทียบคะแนนทักษะการ แก้ปัญหาทางสะเต็มของผู้เรียนก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้ด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบ สะเต็มศึกษาที่บูรณาการการ สร้างข้อโต้แย้ง (6E+A) เพื่อส่งเสริมทักษะการแก้ปัญหาทางสะเต็ม โดยใช้สถิติ ค่าเฉลี่ย ร้อยละ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน แล้วเปรียบเทียบทักษะการแก้ปัญหาทางสะ เต็มของผู้เรียน โดยการทดสอบทีแบบกลุ่มที่ใช้ศึกษาไม่เป็นอิสระต่อกัน (t-test for dependent samples)

2) วิเคราะห์ข้อมูลแนวคำตอบของผู้เรียนของผู้เรียน จากแบบวัดทักษะการ แก้ปัญหาทางสะเต็มร่วมกับการสัมภาษณ์เพิ่มเติมของกลุ่มที่ใช้ศึกษา โดยการเลือกตัวแทนของ นักศึกษาทั้งก่อนเรียนและหลังเรียน กลุ่มละ 4 คน โดยใช้เทคนิคการวิเคราะห์เชิงเนื้อหา (Content Analysis) เพื่อสรุปประเด็น ตามตัวชี้วัดทั้ง 5 ตัวชี้วัด ว่าผู้เรียนมีหรือไม่มีทักษะการแก้ปัญหาทาง สะเต็ม

3) ประเมินความก้าวหน้าด้านทักษะการแก้ปัญหาทางสะเต็มของผู้เรียนที่เรียน ด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาที่บูรณาการการ สร้างข้อโต้แย้ง (6E+A) เพื่อ ส่งเสริมทักษะการแก้ปัญหาทางสะเต็ม โดยใช้สถิติโดยใช้สถิติ ค่าเฉลี่ย ร้อยละ แล้ววิเคราะห์ด้วย วิธี Normalized Gain <g> โดยค่าที่ได้จะอยู่ในช่วง 0.0-1.0 ซึ่ง Hake (1998: 65) แบ่งระดับของ ค่า Normalized Gain ออกเป็นกลุ่มได้เป็น 3 ระดับ ดังนี้ (Hake, 1998)

$\langle g \rangle \geq 0.7$  (High gain) หมายถึง ความก้าวหน้าทางการเรียนอยู่ในระดับสูง

$0.7 \leq \langle g \rangle \leq 0.3$  (Medium gain) หมายถึง ความก้าวหน้าทางการเรียนอยู่ใน ระดับปานกลาง

$0.0 \leq \langle g \rangle \leq 0.3$  (Low gain) หมายถึง ความก้าวหน้าทางการเรียนอยู่ในระดับ ต่ำ

4) ประเมินความพึงพอใจของผู้เรียนที่มีต่อรูปแบบการจัดการเรียนรู้ด้วยรูปแบบ 6E+A ที่บูรณาการการ สร้างข้อโต้แย้งเพื่อส่งเสริมทักษะการแก้ปัญหาทางสะเต็ม โดยใช้สถิติ ค่าเฉลี่ยและค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเทียบกับเกณฑ์ที่กำหนด โดยวิเคราะห์ในภาพรวมรายข้อ ดังนี้

- คะแนนเฉลี่ย 4.50 – 5.00 หมายความว่า ระดับความพึงพอใจมากที่สุด  
 คะแนนเฉลี่ย 3.50 – 4.49 หมายความว่า ระดับความพึงพอใจมาก  
 คะแนนเฉลี่ย 2.50 – 3.49 หมายความว่า ระดับความพึงพอใจปานกลาง  
 คะแนนเฉลี่ย 1.50 – 2.49 หมายความว่า ระดับความพึงพอใจน้อย  
 คะแนนเฉลี่ย 1.00 – 1.49 หมายความว่า ระดับความพึงพอใจน้อยที่สุด

## 5.2 สถิติที่ใช้ในการวิจัย

การวิจัยในครั้งนี้ใช้สถิติเพื่อช่วยวิเคราะห์ข้อมูลและหาคุณภาพของเครื่องมือ แบ่งออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่ สถิติที่ใช้ในการหาคุณภาพของเครื่องมือ และสถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ผลการวิจัย ผู้วิจัยนำเสนอ ดังนี้

### 5.2.1 สถิติที่ใช้ในการหาคุณภาพของเครื่องมือ

1) ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ความตรงเชิงเนื้อหา รวมทั้งความเหมาะสมของภาษาที่ใช้ (ล้วน สายยศ & อังคณา สายยศ, 2538) ซึ่งใช้ในการพิจารณาและตรวจสอบเครื่องมือในการวิจัย ดังนี้ 1) รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาที่บูรณาการการสร้างข้อโต้แย้ง (6E+A) เพื่อส่งเสริมทักษะการแก้ปัญหาทางสะเต็ม 2) แผนการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาที่บูรณาการการสร้างข้อโต้แย้ง (6E+A) เพื่อส่งเสริมทักษะการแก้ปัญหาทางสะเต็ม หน่วยการเรียนรู้ เรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน งานและพลังงาน 3) แบบวัดทักษะการแก้ปัญหาทางสะเต็ม 4) แบบประเมินความพึงพอใจต่อรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาที่บูรณาการการสร้างข้อโต้แย้ง (6E+A) เพื่อส่งเสริมทักษะการแก้ปัญหาทางสะเต็ม

### 5.2.2 สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

1) ค่าคะแนนเฉลี่ยแต่ละองค์ประกอบของทักษะการแก้ปัญหาทางสะเต็ม และ ความพึงพอใจต่อรูปแบบการจัดการเรียนรู้ คำนวณจากสูตร

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

เมื่อ  $\bar{X}$  แทน ค่าเฉลี่ย

$\sum X$  แทน ผลรวมของคะแนนทั้งหมด

n แทน จำนวนนักเรียนที่เข้าสอบทั้งหมด

2) ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) โดยคำนวณจากสูตร

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

เมื่อ SD แทน ความเบี่ยงเบนมาตรฐาน

$n$	แทน	จำนวนนักเรียนที่เข้าสอบทั้งหมด
$\Sigma x$	แทน	ผลรวมของคะแนนทั้งหมด
$(\Sigma x)^2$	แทน	ผลรวมของคะแนนทั้งหมดยกกำลังสอง

3) ค่าความถี่ และค่าร้อยละของกลุ่มที่ใช้ศึกษา ตามกลุ่มทักษะการแก้ปัญหาทางสะเต็มและกลุ่มความพึงพอใจต่อรูปแบบการจัดการเรียนรู้ โดยใช้เกณฑ์ค่าเฉลี่ย (บุญชม ศรีสะอาด, 2545)

4) ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ของทักษะการแก้ปัญหาทางสะเต็มและความพึงพอใจต่อรูปแบบการจัดการเรียนรู้

5) สถิติทดสอบทีแบบไม่อิสระ (t-test for dependent samples) ที่ใช้ทดสอบสมมติฐานข้อ 1 (ยูทธ ไกยวรรณ, 2555) โดยมีสูตรดังนี้

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

เมื่อ  $t$  แทน ค่าสถิติจากการแจกแจงแบบที (t - distribution)

$D$  แทน ความแตกต่างของคะแนนแต่ละคู่

$n$  แทน จำนวนคู่ของคะแนนหรือจำนวนนักเรียน

$\sum D$  แทน ผลรวมทั้งหมดของผลต่างของคะแนนก่อนและหลังการทดลอง

$\sum D^2$  แทน ผลรวมของกำลังสองของผลต่างของคะแนนระหว่างก่อน

และหลังการทดลอง

$df$  แทน ชั้นแห่งความเป็นอิสระ

6) การประเมินความก้าวหน้าทางการเรียน ซึ่งประเมินด้วยวิธี normalized gain <g> (Hake, 1998) เพื่อใช้ทดสอบสมมติฐานข้อที่ 2 โดยพิจารณาจากผลต่างของคะแนนสอบก่อนเรียนและหลังเรียนเทียบกับโอกาสสูงสุดที่ผู้เรียนแต่ละคนจะสามารถทำคะแนนเพิ่มขึ้นได้ โดยหาได้จากอัตราส่วนของผลการเรียนรู้ที่เพิ่มขึ้นจริง (Actual gain) ต่อผลการเรียนรู้สูงสุดที่มีโอกาสเพิ่มขึ้นได้ (Maximum possible gain) เขียนเป็นสมการความสัมพันธ์ได้ดังนี้

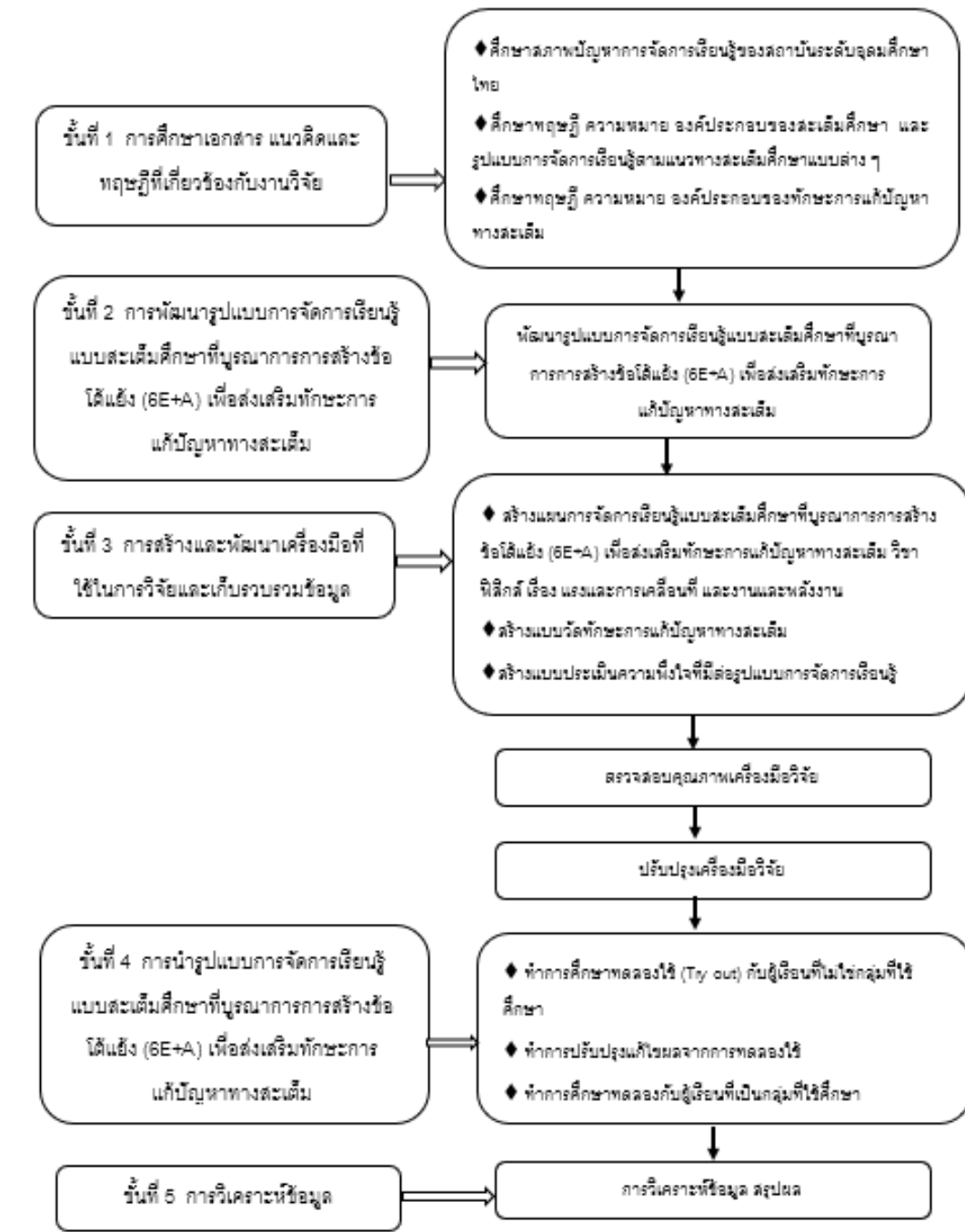
$$\langle g \rangle = \frac{(\% \text{post-test}) - (\% \text{pre-test})}{(100) - (\% \text{pre-test})}$$

โดยที่ <g> คือ ค่า Normalized Gain

%pre-test คือ ค่าเฉลี่ยของคะแนนสอบก่อนเรียนเป็นเปอร์เซ็นต์

%post-test คือ ค่าเฉลี่ยของคะแนนสอบหลังเรียนเป็นเปอร์เซ็นต์  
ซึ่งในการดำเนินการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้สรุปขั้นตอนในการแผนดำเนินการวิจัย  
พัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาที่บูรณาการการสร้างข้อโต้แย้ง (6E+A) เพื่อ  
ส่งเสริมทักษะการแก้ปัญหาทางสะเต็ม ของนักศึกษาปริญญาตรี แสดงดังภาพประกอบ 3





ภาพประกอบ 3 แผนดำเนินการวิจัย



## บทที่ 4

### ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลของงานวิจัยพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาที่บูรณาการการสร้างข้อโต้แย้ง (6E+A) เพื่อส่งเสริมทักษะการแก้ปัญหาทางสะเต็มสำหรับนักศึกษาปริญญาตรี ผู้วิจัยได้แบ่งการนำเสนอออกเป็น 2 ตอน ตามลำดับ ดังนี้

ตอนที่ 1 ผลการพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาที่บูรณาการการสร้างข้อโต้แย้ง (6E+A) เพื่อส่งเสริมทักษะการแก้ปัญหาทางสะเต็มสำหรับนักศึกษาปริญญาตรี

ตอนที่ 2 ผลการใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาที่บูรณาการการสร้างข้อโต้แย้ง (6E+A) เพื่อส่งเสริมทักษะการแก้ปัญหาทางสะเต็มสำหรับนักศึกษาปริญญาตรี ในด้านต่อไปนี้

1. ทักษะการแก้ปัญหาทางสะเต็ม
2. ความพึงพอใจของผู้เรียนต่อรูปแบบการจัดการเรียนรู้

**ตอนที่ 1 ผลการพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาที่บูรณาการการสร้างข้อโต้แย้ง (6E+A) เพื่อส่งเสริมทักษะการแก้ปัญหาทางสะเต็มสำหรับนักศึกษาปริญญาตรี**

ผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบ 6E ของ Burke (2014: 14-15) ซึ่งประกอบด้วย 6 ขั้นตอน ดังรายละเอียดในหัวข้อที่ 1.5.4 หน้า 27 มาบูรณาการร่วมกับกระบวนการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์โดยใช้กระบวนการโต้แย้งเพื่อส่งเสริมให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการสร้างข้อโต้แย้งของ Corey A. Mathis et al. (2017) ดังรายละเอียดในหัวข้อที่ 2.4 วิธีการสอนและเทคนิคการจัดการเรียนรู้ที่ใช้ในการโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ หน้า 41 จากการสังเคราะห์ดังกล่าว ผู้วิจัยเน้นพัฒนาขั้นตอนการออกแบบเชิงวิศวกรรมโดยบูรณาการร่วมกับขั้นตอนการโต้แย้ง ซึ่งรายละเอียดได้กล่าวไว้ในบทที่ 2 โดย รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาที่บูรณาการการสร้างข้อโต้แย้ง (6E+A) เพื่อส่งเสริมทักษะการแก้ปัญหาทางสะเต็มสำหรับนักศึกษาปริญญาตรี ที่ผู้วิจัยได้สังเคราะห์ขึ้น ประกอบด้วย 7 ขั้นตอน มีรายละเอียด ดังนี้

1) ขั้นสร้างความสนใจและตรวจสอบความรู้เดิม (Engagement and Elicitation) เป็นขั้นกระตุ้นความสนใจของผู้เรียน นำเข้าสู่บทเรียนด้วยการจัดกิจกรรมหรือให้สถานการณ์ที่น่าสนใจมาจากเหตุการณ์ที่กำลังเกิดขึ้น หรือเป็นเรื่องที่เชื่อมโยงกับความรู้เดิมที่เรียนมาแล้ว เพื่อประเมินความรู้ความเข้าใจก่อนเรียน และทบทวนความรู้เดิม ซึ่งทำให้ผู้เรียนเริ่มคิดเชื่อมโยง

ระหว่างความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี คณิตศาสตร์และวิศวกรรมศาสตร์ ในขั้นนี้ผู้สอนควรตระหนักถึงพื้นฐานความรู้และประสบการณ์ที่หลากหลายของผู้เรียนเพื่อนำไปสู่บริบทการเรียนรู้

2) ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration) เป็นขั้นตอนให้ผู้เรียนทำความเข้าใจในประเด็นปัญหาหรือคำถาม โดยอาจทำกิจกรรม หรือการทดลอง เพื่อเก็บรวบรวมข้อมูล สิ่งที่ต้องการเรียนรู้ หรืออาจเป็นแนวความคิดที่ยังไม่ถูกต้องและยังไม่สมบูรณ์ เพื่อสร้างและสรุปเป็นแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้อง เพื่อให้ได้มาซึ่งข้อมูลอย่างเพียงพอที่จะใช้ในขั้นถัดไป

3) ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation) เป็นขั้นตอนที่ให้ผู้เรียนอธิบายแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ที่ได้จากการสำรวจและค้นหา โดยสามารถเชื่อมโยงประสบการณ์ ความรู้เดิม และสิ่งที่เรียนรู้เข้าด้วยกัน เพื่อให้ได้ข้อสรุปที่ถูกต้องร่วมกันในการเชื่อมโยงสิ่งที่เรียนรู้

4) ขั้นการโต้แย้ง (Argumentation for the best solution) เป็นขั้นตอนที่ผู้สอนให้สถานการณ์ปัญหา เพื่อให้ผู้เรียนภายในกลุ่มร่วมกันกำหนดปัญหา (Problem) จากสถานการณ์ที่กำหนด และสร้างข้อกล่าวอ้าง (Claims) ที่แสดงถึงแนวทางการแก้ปัญหา โดยนำผลการทดลอง หรือสมการทางคณิตศาสตร์ที่ได้สำรวจค้นหา หรือข้อมูลจากประสบการณ์ รวมถึงเงื่อนไขและข้อจำกัดที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์ที่ผู้สอนกำหนดนำไปใช้เป็นหลักฐาน (Evidence) อ้างอิง เพื่อนำไปการให้เหตุผล (Reasoning) สนับสนุนวิธีแก้ปัญหา ซึ่งอาจจะมีหลายแนวทาง ผู้เรียนทำการโต้แย้งเพื่อเลือกวิธีการที่เหมาะสมที่สุดเพื่อนำไปออกแบบในขั้นการออกแบบและดำเนินการแก้ปัญหา (Execution)

5) ขั้นการออกแบบและดำเนินการแก้ปัญหา (Execution) เป็นขั้นที่ให้ผู้เรียนกำหนดลำดับขั้นตอนของการออกแบบและดำเนินการแก้ปัญหาที่ได้ลงข้อสรุปร่วมกันจากขั้นที่ 4 โดยประยุกต์ใช้ข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้อง เพื่อสร้างชิ้นงานหรือพัฒนาวิธีการที่เหมาะสมเพื่อใช้ในการแก้ปัญหา จากนั้นทำการทดสอบและประเมินการใช้งานของชิ้นงานหรือวิธีการแก้ปัญหา และนำเสนอแนวคิดและขั้นตอนการแก้ปัญหา

6) ขั้นขยายความรู้ (Enrich) เป็นขั้นตอนที่ให้ผู้เรียนได้ยืนยันและขยายหรือเพิ่มเติมความรู้ความเข้าใจในแนวความคิดทางสะเต็มศึกษาให้กว้างขวางและลึกซึ้งยิ่งขึ้น หรือเปิดโอกาสให้ผู้เรียนนำวิธีการแก้ปัญหาที่ได้จากการเรียนรู้ไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวัน ใช้ประโยชน์หรือแก้ปัญหาในบริบทอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง

7) ขั้นประเมิน (Evaluation) ในขั้นตอนนี้ผู้เรียนจะได้รับข้อมูลย้อนกลับเกี่ยวกับการอธิบายความรู้ความเข้าใจของตนเองระหว่างการเรียนรู้ ผู้สอนต้องกระตุ้นหรือส่งเสริมให้

ผู้เรียนประเมินความรู้ความเข้าใจและความสามารถของตนเอง และเปิดโอกาสให้ผู้สอนได้ประเมินความรู้ความเข้าใจและพัฒนาทักษะของผู้เรียนด้วย

ตาราง 9 ผลการความสอดคล้องรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาที่บูรณาการการสร้างข้อโต้แย้ง (6E+A) เพื่อส่งเสริมทักษะการแก้ปัญหาทางสะเต็ม

ข้อที่	รายการประเมิน	IOC	ผลการประเมิน
1	รูปแบบการจัดการเรียนรู้มีความสอดคล้องกับการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา	0.67	สอดคล้อง
2	รูปแบบการจัดการเรียนรู้มีความสอดคล้องกับการเรียนรู้ที่ใช้การสืบเสาะหาความรู้	1	สอดคล้อง
3	รูปแบบการจัดการเรียนรู้สามารถส่งเสริมให้ผู้เรียนสามารถบูรณาการแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี คณิตศาสตร์ วิศวกรรมศาสตร์และแนวคิดวิชาอื่น ๆ ที่เหมาะสมเพื่อตอบคำถามหรือสร้างวิธีการแก้ปัญหา	1	สอดคล้อง
4	รูปแบบการจัดการเรียนรู้สามารถส่งเสริมให้ผู้เรียนสร้างข้อคิดเห็นหรือข้อโต้แย้ง ให้เหตุผลสนับสนุนข้อกล่าวอ้างและ/หรือข้อกล่าวอ้างที่โต้แย้ง	1	สอดคล้อง
5	รูปแบบการจัดการเรียนรู้สามารถส่งเสริมให้ผู้เรียนทำการโต้แย้งเพื่อให้ได้มาซึ่งวิธีการแก้ปัญหาที่เหมาะสม	1	สอดคล้อง
6	รูปแบบการจัดการเรียนรู้สามารถส่งเสริมผู้เรียนออกแบบวิธีการแก้ปัญหาที่หลากหลายผ่านกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม	0.67	สอดคล้อง
7	รูปแบบการจัดการเรียนรู้สามารถส่งเสริมผู้เรียนให้มีทักษะการแก้ปัญหาทางสะเต็ม	1	สอดคล้อง
8	รูปแบบการจัดการเรียนรู้มีลำดับขั้นตอนต่อเนื่อง	0.67	สอดคล้อง
9	รูปแบบการจัดการเรียนรู้มีการให้คำนิยามความหมายและบทบาทที่ชัดเจน	1	สอดคล้อง
10	รูปแบบการจัดการเรียนรู้สามารถปฏิบัติได้จริงในชั้นเรียน	0.67	สอดคล้อง

จากตาราง 9 ผลความสอดคล้องรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาที่บูรณาการการสร้างข้อโต้แย้ง (6E+A) เพื่อส่งเสริมทักษะการแก้ปัญหาทางสะเต็ม พบว่ารูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้นมีค่าดัชนีความสอดคล้องแต่ละข้ออยู่ระหว่าง 0.67-1.00 ซึ่งมีค่าสูงกว่า 0.5 และถือว่ายอมรับรูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้น โดยผู้เชี่ยวชาญได้ให้ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม ดังนี้

1) กิจกรรมการเรียนรู้ ควรส่งเสริมให้มีการโต้แย้งในทุกขั้นตอน ตั้งแต่การกำหนดปัญหา ไปจนถึงขั้นการทดสอบและปรับปรุง เนื่องจากเป็นกิจกรรมการเรียนรู้โดยให้ผู้เรียนทำงานกลุ่ม แต่ละคนจะมีความคิดที่หลากหลาย ดังนั้นการโต้แย้งจะเป็นวิธีที่จะทำให้ทุกคนได้ข้อสรุปเดียวกัน

2) รูปแบบการเรียนรู้ควรเน้นขั้นการทดสอบหรือปรับปรุงด้วย เนื่องจากเป็นรูปแบบการจัดการเรียนรู้การส่งเสริมให้ผู้เรียนลงมือปฏิบัติด้วยตนเอง เป็นกิจกรรมเพื่อให้ผู้เรียนกำหนดปัญหา สร้างและซึ่งผู้วิจัยแก้ปัญหา (Execution) เป็นขั้นตอนที่ให้ผู้เรียนกำหนดลำดับขั้นตอนการออกแบบและดำเนินการแก้ปัญหา ตลอดจนการทดสอบและประเมินวิธีการแก้ปัญหา และนำเสนอแนวคิดและขั้นตอนแก้ปัญหา

## **ตอนที่ 2 ผลการใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาที่บูรณาการการสร้างข้อโต้แย้ง (6E+A) เพื่อส่งเสริมทักษะการแก้ปัญหาทางสะเต็มสำหรับนักศึกษาปริญญาตรี**

ผู้วิจัยได้นำรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาที่บูรณาการการสร้างข้อโต้แย้ง (6E+A) เพื่อส่งเสริมทักษะการแก้ปัญหาทางสะเต็มสำหรับนักศึกษาปริญญาตรี ที่สร้างและพัฒนาขึ้นไปทดลองใช้โดยสร้างแผนการจัดการเรียนรู้ตามขั้นตอนของรูปแบบที่พัฒนาขึ้น และนำแผนการจัดการเรียนรู้ทั้งหมดไปจัดกิจกรรมการเรียนรู้กับนักศึกษาชั้นปีที่ 1-2 ของมหาวิทยาลัยแห่งหนึ่งใน จ.ตรัง ที่ลงทะเบียนเข้าร่วมกิจกรรมเสริมหลักสูตรรายวิชาฟิสิกส์พื้นฐาน ในภาคเรียนที่ 3 ปีการศึกษา 2561 จำนวน 20 คน รวมทั้งหมด 20 ชั่วโมง ผู้วิจัยเก็บรวบรวมข้อมูลได้ผลการวิจัย โดยทำการทดสอบสมมติฐานการวิจัย ดังนี้

1. ทักษะการแก้ปัญหาทางสะเต็มของผู้เรียนที่เรียนด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาที่บูรณาการการสร้างข้อโต้แย้ง (6E+A) เพื่อส่งเสริมทักษะการแก้ปัญหาทางสะเต็ม หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน

2. ความก้าวหน้าด้านทักษะการแก้ปัญหาทางสะเต็มของผู้เรียนที่เรียนด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาที่บูรณาการการสร้างข้อโต้แย้ง (6E+A) เพื่อส่งเสริมทักษะการแก้ปัญหาทางสะเต็ม หลังเรียนอยู่ในระดับปานกลาง

3. ความพึงพอใจของผู้เรียนที่มีต่อการเรียนรู้ด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาที่บูรณาการการสร้างข้อโต้แย้ง (6E+A) เพื่อส่งเสริมทักษะการแก้ปัญหาทางสะเต็ม มีค่าเฉลี่ยของระดับความพึงพอใจอยู่ในระดับมาก

สมมติฐานการวิจัยที่ 1 ทักษะการแก้ปัญหาทางสะเต็มของผู้เรียนที่เรียนด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาที่บูรณาการการสร้างข้อโต้แย้ง (6E+A) เพื่อส่งเสริมทักษะการแก้ปัญหาทางสะเต็ม หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน

ผู้วิจัยนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลด้านทักษะการแก้ปัญหาทางสะเต็มเป็น 2 ส่วน ดังนี้

### ส่วนที่ 1 ข้อมูลเชิงปริมาณที่ได้จากแบบวัดทักษะการแก้ปัญหาทางสะเต็ม

ผู้วิจัยวัดทักษะการแก้ปัญหาทางสะเต็มของผู้เรียนโดยใช้แบบวัดทักษะการแก้ปัญหาทางสะเต็ม จำนวน 2 ชุดซึ่งเป็นแบบทดสอบคู่ขนาน โดยชุดที่ 1 เป็นแบบทดสอบก่อนเรียน ชุดที่ 2 เป็นแบบทดสอบหลังเรียน โดยแต่ละชุดเป็นข้อสอบอัตนัยจำนวน 3 สถานการณ์ สถานการณ์ละ 6 ข้อคำถาม เพื่อประเมินทักษะการแก้ปัญหาทางสะเต็ม ตาม 5 ตัวชี้วัด ประกอบด้วย 1) การกำหนดประเด็นปัญหา 2) การบูรณาการแนวคิดทางสะเต็ม 3) การสร้างข้อคิดเห็นหรือข้อโต้แย้ง 4) การให้เหตุผลในการเลือกวิธีการแก้ปัญหา และ 5) การประเมินความเป็นไปได้ของวิธีการแก้ปัญหา โดยทำการวัดทั้งก่อนเรียนและหลังเรียน จากนั้นนำคะแนนมาคำนวณหาค่าเฉลี่ย ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานและการทดสอบค่าที เพื่อทำการทดสอบสมมติฐานข้อที่ 1

ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของคะแนนทักษะการแก้ปัญหาทางสะเต็มระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียนของกลุ่มตัวอย่างที่เรียนโดยใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาที่บูรณาการการสร้างข้อโต้แย้ง (6E+A) เพื่อส่งเสริมทักษะการแก้ปัญหาทางสะเต็ม ซึ่งใช้การทดสอบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของคะแนนของกลุ่มตัวอย่าง โดยใช้การทดสอบค่าที ที่กลุ่มตัวอย่างไม่เป็นอิสระต่อกัน (t-test for dependent samples) ได้ผลดังตาราง 10

ตาราง 10 ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของคะแนนทักษะการแก้ปัญหาทางสะเต็มก่อนเรียนและหลังเรียนของกลุ่มตัวอย่าง

ตัวชี้วัด ทักษะการแก้ปัญหาทางสะเต็ม	n	ก่อนเรียน		หลังเรียน		t	p
		$\bar{X}$	S.D.	$\bar{X}$	S.D.		
1. การกำหนดประเด็นปัญหา	20	0.675	0.251	1.625	0.401	9.384	.000*
2. การบูรณาการแนวคิดทางสะเต็ม	20	1.042	0.362	1.629	0.550	6.128	.000*
3. การสร้างข้อคิดเห็นหรือข้อโต้แย้ง	20	0.325	0.344	1.592	0.299	11.471	.000*
4. การให้เหตุผลในการเลือกวิธีการแก้ปัญหา	20	1.183	0.492	1.850	0.442	4.951	.000*
5. การประเมินความเป็นไปได้ของวิธีการแก้ปัญหา	20	0.400	0.256	1.617	0.389	-3.941	.000*
สรุปผลทักษะการแก้ปัญหา	20	0.725	0.341	1.663	0.416	17.189	.000*

\* มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากตาราง 10 พบว่าหลังจากที่ผู้เรียนกลุ่มตัวอย่างได้เรียนรู้โดยใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาที่บูรณาการการสร้างข้อโต้แย้ง (6E+A) เพื่อส่งเสริมทักษะการแก้ปัญหาทางสะเต็มแล้ว ผู้เรียนมีค่าเฉลี่ยของคะแนนทักษะการแก้ปัญหาทางสะเต็มในแต่ละตัวชี้วัดโดยภาพรวมสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 เมื่อพิจารณาทักษะการแก้ปัญหาทางสะเต็มเป็นรายด้าน พบว่า ด้านที่มีค่าเฉลี่ยสูงสุดคือ การให้เหตุผลในการเลือกวิธีการแก้ปัญหา การบูรณาการแนวคิดทางสะเต็ม การกำหนดประเด็นปัญหา การประเมินความเป็นไปได้ของวิธีการแก้ปัญหา และการสร้างข้อคิดเห็นหรือข้อโต้แย้ง ตามลำดับ โดยมีค่าเฉลี่ยในแต่ละด้านเท่ากับ 1.850, 1.629, 1.625, 1.617 และ 1.592 ตามลำดับ จากคะแนนเต็ม 3 คะแนนในแต่ละด้านของตัวชี้วัดทักษะการแก้ปัญหาทางสะเต็ม

## ส่วนที่ 2 ข้อมูลเชิงคุณภาพที่ได้จากการวิเคราะห์การตอบคำถามและการสัมภาษณ์ผู้เรียน

ผู้วิจัยดำเนินการวิเคราะห์การตอบคำถามของผู้เรียนจากการทำแบบวัดทักษะการแก้ปัญหาทางสะเต็ม และสัมภาษณ์ผู้เรียนเพิ่มเติมในบางประเด็นที่ผู้เรียนยังตอบไม่ชัด แล้วนำผลจากการตอบคำถามของผู้เรียนจากแบบวัดทักษะการแก้ปัญหาทางสะเต็มมาวิเคราะห์ (แทนด้วย

รหัสที่ขึ้นต้นด้วย T) ร่วมกับผลการสัมภาษณ์เพิ่มเติม (แผนรหัสดั้งเดิมด้วย I) ในแต่ละตัวชี้วัดได้ผลดังนี้

### ตัวชี้วัดที่ 1 การกำหนดประเด็นปัญหา

ก่อนเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาที่บูรณาการการสร้างข้อโต้แย้ง (6E+A) เพื่อส่งเสริมทักษะการแก้ปัญหาทางสะเต็ม จากผลการวิเคราะห์แบบวัดทักษะการแก้ปัญหาทางสะเต็มร่วมกับการสัมภาษณ์ พบว่า ผู้เรียนส่วนใหญ่สามารถกำหนดปัญหาเชื่อมโยงกับบริบทได้แต่ไม่ตั้งคำถามที่เกี่ยวข้องกับปัญหา และมีผู้เรียนจำนวนน้อยที่สามารถกำหนดปัญหาได้ แต่ตั้งคำถามที่เกี่ยวข้องกับปัญหาได้เพียงบางส่วน ดังสรุปการตีความและตัวอย่างคำตอบของผู้เรียน ดังตาราง 11

ตาราง 11 ตัวอย่างและการวิเคราะห์ทักษะการแก้ปัญหาทางสะเต็ม ด้านการกำหนดประเด็นปัญหาจากแบบวัดและการสัมภาษณ์ (ก่อนเรียน)

สถานการณ์	หลักฐานจากแบบวัดทักษะฯ/การสัมภาษณ์	การตีความจากแบบวัดทักษะฯและการสัมภาษณ์
การขนส่งสินค้าจากโกดังชั้น 2 ลงมาชั้นล่างได้สะดวกและประหยัดค่าใช้จ่าย	T007 : ปัญหา คือ 1) การนำสินค้าขึ้น-ลงเก็บบนชั้นวางปริมาณมาก ๆ 2) การลดต้นทุนการผลิต I007 : ปัญหา คือ ต้องการประหยัดค่าใช้จ่ายในการจ้างยกของจากชั้นวางบนโกดังชั้น 2 ของบ้าน	ผู้เรียนสามารถกำหนดปัญหาเชื่อมโยงกับบริบทได้ (ยกสินค้าจากโกดังชั้น 2) แต่ไม่ตั้งคำถามที่เกี่ยวข้องปัญหา (ลักษณะของบ้านเป็นอย่างไร, ลักษณะของสินค้าเป็นอย่างไร, ค่าใช้จ่ายเกิดจากอะไร)

ตาราง 11 (ต่อ)

สถานการณ์	หลักฐานจากแบบวัดทักษะ/การ สัมภาษณ์	การตีความจากแบบวัด ทักษะและการสัมภาษณ์
ส่งมังคุดจากเขา ยอดเขาสูง ซึ่งเป็น ช่วงหน้าฝนทำให้มี ค่าใช้จ่ายสูงในการ จ้างคนแบกและ บางครั้งพื้นลื่น ส่งผลให้ผลมังคุด เสียหาย	T008 : ปัญหา คือ การเก็บมังคุดลง จากเขา คำถาม คือ เราจะสามารถเก็บมังคุดลง จากเขาได้อย่างไร I008 : ปัญหา คือ เก็บมังคุดลงจาก เขาอย่างไรให้ประหยัดค่าใช้จ่าย คำถาม คือ เราจะสามารถเก็บมังคุดลง จากเขาได้อย่างไรเพื่อไม่ให้มังคุด เสียหาย	ผู้เรียนสามารถกำหนด ปัญหาได้และเชื่อมโยงกับ บริบทได้ (พื้นที่ภูเขาและ ค่าใช้จ่ายสูง)แต่ตั้งคำถามที่ เกี่ยวข้องกับปัญหาได้เพียง บางส่วน(สาเหตุที่ทำให้ มังคุดเสียหาย)

หลังจากเรียนด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้ พบว่า โดยภาพรวมผู้เรียนสามารถกำหนด  
ปัญหาได้สอดคล้องกับบริบทได้ดีขึ้น และตั้งคำถามที่เกี่ยวข้องกับปัญหาได้ชัดเจนขึ้น ดังสรุปการ  
ตีความและตัวอย่างคำตอบของผู้เรียน ดังตาราง 12

ตาราง 12 ตัวอย่างและการวิเคราะห์ทักษะการแก้ปัญหาทางสะเต็ม ด้านการกำหนดประเด็น  
ปัญหาจากแบบวัดและการสัมภาษณ์ (หลังเรียน)

สถานการณ์	หลักฐานจากแบบวัดทักษะ/การ สัมภาษณ์	การตีความจากแบบวัดทักษะ และการสัมภาษณ์
การออกแบบอุปกรณ์ที่ใช้ยิง เมล็ดพันธุ์พืชเพื่อปลูกป่าได้ อย่างไร และใช้วัสดุอะไร	T003: ปัญหา: ทำอย่างไรที่สามารถยิง เมล็ดพันธุ์พืชไปได้ไกลที่สุดโดยสร้างจาก วัสดุที่มีอยู่ คำถาม : 1) การใช้วัสดุอุปกรณ์ สร้าง อุปกรณ์การยิงด้วยตนเอง I003: คำถาม : วัสดุที่ใช้มีความยืดหยุ่น มากน้อยเพียงใด	ผู้เรียนสามารถกำหนดปัญหาได้ สอดคล้องกับบริบทมากขึ้น (การ ออกแบบอุปกรณ์ยิงเมล็ดพันธุ์) และตั้งคำถามได้ (ปัจจัยในการยิง เมล็ดพันธุ์ไปได้ไกล)



ตาราง (12) ต่อ

สถานการณ์	หลักฐานจากแบบวัดทักษะ/การสัมภาระณ์	การตีความจากแบบวัดทักษะและการสัมภาระณ์
การออกแบบอุปกรณ์ที่ใช้ยิงเมล็ดพันธุ์พืชเพื่อปลูกป่าได้ อย่างไรก็ตาม และใช้วัสดุอะไร	T018: ขาดอุปกรณ์ในการยิงเมล็ดพันธุ์พืชโดยต้องออกแบบอุปกรณ์เอง จะออกแบบอุปกรณ์ยิงอย่างไรให้เมล็ดพันธุ์พืชไปได้ไกลสุด I018 : คำถามที่เกี่ยวข้องกับปัญหา คือ 1) วัสดุอะไรบ้างที่สามารถยิงเมล็ดพันธุ์ให้ไปไกล	ผู้เรียนสามารถกำหนดปัญหาได้ สอดคล้องกับบริบทและตั้งคำถามได้ (วัสดุที่สามารถยิงเมล็ดพันธุ์ไปได้ไกล)

## ตัวชี้วัดที่ 2 การบูรณาการแนวคิดทางสะเต็ม

ก่อนเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาที่บูรณาการการสร้างข้อโต้แย้ง (6E+A) เพื่อส่งเสริมทักษะการแก้ปัญหาทางสะเต็ม จากผลการวิเคราะห์แบบวัดทักษะการแก้ปัญหาทางสะเต็มร่วมกับการสัมภาระณ์โดยภาพรวมพบว่า ผู้เรียนส่วนใหญ่สามารถเสนอวิธีการแก้ปัญหาที่เป็นไปได้ โดยการวาดภาพร่าง แต่ระบุอุปกรณ์ที่ใช้ไม่เพียงพอต่อการออกแบบ และขาดการอธิบายแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และมีผู้เรียนจำนวนน้อยสามารถระบุวิธีแก้ปัญหาได้เหมาะสมกับบริบท แต่ระบุวัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ไม่เพียงพอต่อการออกแบบ ใช้แนวคิดทางวิทยาศาสตร์ มาอธิบายประกอบได้เพียงบางส่วน แต่ไม่สามารถนำแนวคิดทางคณิตศาสตร์มาอธิบายประกอบ ดังสรุปการตีความและตัวอย่างคำตอบของผู้เรียน ดังตาราง 13

ตาราง 13 ตัวอย่างและการวิเคราะห์ทักษะการแก้ปัญหาทางสะเต็ม ด้านการบูรณาการแนวคิดทางสะเต็ม จากแบบวัดและการสัมภาษณ์ (ก่อนเรียน)

สถานการณ์	หลักฐานจากแบบวัดทักษะฯ/การสัมภาษณ์	การตีความจากแบบวัดทักษะฯและการสัมภาษณ์
ส่งมั่งคุดจากเขายอดเขาสูง ซึ่งเป็นช่วงหน้าฝนทำให้มีน้ำใช้จ่ายสูงในการจ้างคนแบกและบางครั้งพื้นลื่นส่งผลให้ผลมั่งคุดเสียหาย	<p>T013: เสนอวิธีแก้ปัญหา ดังนี้ 1) สร้างรางจำลองที่ช่วยในการขนส่งมั่งคุดลงจากหุบเขา 2) สร้างกระเช้าหรือตะกร้าโดยใช้รอกในการขนส่งมั่งคุดลงจากหุบเขา ร่างแบบวิธีแก้ปัญหา ระบุวัสดุที่ใช้ ประกอบด้วย ไม้ไผ่ และแผ่นไม้ โดยอธิบายวิธีการแก้ปัญหา คือนำไม้ไผ่มาเป็นเสาและราง แล้วนำแผ่นไม้เป็นพื้นของรางเพื่อปล่อยตะกร้ามั่งคุดลงมา</p> <p>I013: ในการออกแบบรางอาจนำแผ่นไม้เล็ก ๆ วางบนรางไม้ ณ ตำแหน่งที่มีความชันมาก ๆ เพื่อเพิ่มแรงเสียดทานและชะลอความเร็วของตะกร้าเพื่อไม่ให้เกิดความเสียหาย</p>	<p>ผู้เรียนสามารถระบุวิธีแก้ปัญหาได้สอดคล้องกับบริบทเพียงบางส่วน (พื้นที่ภูเขาสูง) อธิบายวิธีการออกแบบได้ แต่ระบุวัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ไม่เพียงพอต่อการออกแบบ ใช้แนวคิดทางวิทยาศาสตร์ มาอธิบายประกอบ แต่ไม่สามารถนำแนวคิดทางคณิตศาสตร์มาอธิบายประกอบ</p>
การขนส่งสินค้าที่มีลักษณะเป็นกล่องหนักจากโกดังชั้น 2 ลงมาชั้นล่างได้สะดวกและประหยัดค่าใช้จ่าย	<p>T016: เสนอวิธีแก้ปัญหา ดังนี้ 1) ใช้รอกในการยกขึ้นชั้นสอง 2) ใช้สายพานในการส่งของขึ้นชั้นสอง และร่างแบบวิธีแก้ปัญหาโดยใช้ การวาดภาพ พร้อมระบุอุปกรณ์ประกอบด้วย รอก</p> <p>I016: ใช้ระบบรอกในการยกขึ้น เพื่อช่วยให้ขนของได้สะดวก รวดเร็วและทำให้ประหยัดค่าใช้จ่ายได้ โดยมีรอกเดี่ยวตายตัวยึดไว้กับคาน และใช้เชือกยาวคล้องไว้สำหรับดึง</p>	<p>ผู้เรียนสามารถเสนอวิธีการแก้ปัญหาที่เป็นไปได้ (โกดังอยู่ชั้น2) โดยการวาดภาพร่าง แต่ระบุอุปกรณ์ที่ใช้ไม่เพียงพอต่อการออกแบบ และขาดการอธิบายแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์</p>

หลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาที่บูรณาการการสร้างข้อโต้แย้ง (6E+A) เพื่อส่งเสริมทักษะการแก้ปัญหาทางสะเต็ม จากการวิเคราะห์โดยภาพรวมพบว่า ผู้เรียนส่วนใหญ่สามารถเสนอวิธีแก้ปัญหาที่เป็นไปได้และเหมาะสมกับบริบทได้

มากขึ้น และเขียนแบบร่างที่เป็นรูปภาพหรือเขียนบรรยายโดยมีรายละเอียดของการกำหนด เลือกว่าวัสดุอุปกรณ์ได้เพียงพอต่อการออกแบบวิธีการแก้ปัญหา มีการใช้แนวคิดทางวิทยาศาสตร์มาอธิบายได้บางส่วน แต่โดยส่วนใหญ่ขาดการนำแนวคิดทางคณิตศาสตร์มาใช้ในการอธิบาย และผู้เรียนส่วนน้อยที่เสนอวิธีการแก้ปัญหาได้ แต่บางวิธีการมีความเป็นไปได้น้อย และออกแบบวิธีการแก้ปัญหาพร้อมบอกรายละเอียดของวัสดุ อุปกรณ์ ได้เพียงพอต่อการออกแบบ ใช้แนวคิดทางวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ มาอธิบายวิธีการแก้ปัญหาได้ชัดเจนยิ่งขึ้น ดังสรุปการตีความและตัวอย่างคำตอบของผู้เรียน ดังตารางตาราง 14

ตาราง 14 ตัวอย่างและการวิเคราะห์ทักษะการแก้ปัญหาทางสะเต็ม ด้านการบูรณาการแนวคิดทางสะเต็ม จากแบบวัดและการสัมภาษณ์ (หลังเรียน)

สถานการณ์	หลักฐานจากแบบวัดทักษะฯ/การสัมภาษณ์	การตีความจากแบบวัดทักษะฯและการสัมภาษณ์
การออกแบบอุปกรณ์ที่ใช้ยิงเมล็ดพันธุ์พืชเพื่อปลูกป่าให้ไปได้ไกลที่สุด	T012: เสนอวิธีแก้ปัญหา ดังนี้ 1) ประดิษฐ์หนังสือติ๊กจากอุปกรณ์รอบตัว 2) หาวัสดุที่มีความใกล้เคียงกับยาง ร่องแบบวิธีแก้ปัญหาโดยใช้ไม้้งามเป็นด้ามจับระหว่างยางวงกับแผ่นหนัง และยึดอีกด้านเข้ากับไม้้งามสร้างเป็นหนังสือติ๊กสำหรับยิงลูกยาง เมื่อมีแรงยืดหยุ่นมากเราก็สามารถยิงเมล็ดพันธุ์พืชออกไปได้ไกลขึ้น I012: ไม้้งามที่เลือกสามารถจับได้ถนัดมีหนังสือติ๊กที่ใช้สำหรับยิงต้องมีค่าความยืดหยุ่นสูง สามารถใช้แรงดึงเพียงพอควบคุมทิศทางได้และยิงไปได้ไกลมากกว่า 200 เมตร	ผู้เรียนสามารถเสนอวิธีการแก้ปัญหาที่เป็นไปได้และเหมาะสมกับบริบท(ออกแบบอุปกรณ์ยิงเมล็ดพันธุ์พืช)และสามารถออกแบบวิธีการแก้ปัญหา พร้อมระบุวัสดุที่ใช้ อย่างเหมาะสม พร้อมใช้แนวคิดทางวิทยาศาสตร์อธิบาย และคณิตศาสตร์มาสนับสนุนวิธีการแก้ปัญหาได้ชัดเจนขึ้น (ความยืดหยุ่นของวัสดุ,พลังงานศักย์ยืดหยุ่น,พลังงานจลน์,ความเร็ว,ระยะทาง)

ตาราง 14 (ต่อ)

สถานการณ์	หลักฐานจากแบบวัดทักษะ/การสัมภาระณ์	การตีความจากแบบวัดทักษะและการสัมภาระณ์
ถนนหลายสายและสะพานขาดเนื่องฝนตกหนัก มีผลต่อเกษตรกรที่คือนำผลไม้ส่งพ่อค้าให้ทัน	<p>T013: เสนอวิธีแก้ปัญหา ดังนี้</p> <p>1) สร้างกระเช้าในการส่งของ 2) สร้างสะพานขนาดใหญ่ที่แข็งแรง</p> <p>ร่างแบบวิธีแก้ปัญหาโดย เขียนภาพร่างพร้อมระบุวัสดุ อุปกรณ์ที่ใช้ ประกอบด้วยกระเช้า รอก และเชือก อธิบายวิธีการนำเชือกผูกติดกับเสาหรือต้นไม้ทั้งสองฝั่ง แล้วนำกระเช้าผู้ติดกับรอกเดี่ยวเคลื่อนที่ แล้วนำเชือกมาผูกติดกับกระเช้าเพื่อลากกระเช้า</p> <p>I014: กระเช้าที่ออกแบบนั้นต้องใช้รอก 2 ชนิดคือ รอกเดี่ยวตายตัว และรอกเดี่ยวเคลื่อนที่ ส่วนกระเช้านั้นต้องรับน้ำหนักของวัตถุได้ไม่น้อยกว่า 20 กิโลกรัมเมื่อแขวนไว้กับรอกเดี่ยวเคลื่อนที่แล้วจะต้องไม่จมลงในน้ำ และสามารถควบคุมความเร็วในการเคลื่อนที่ได้ได้</p>	<p>ผู้เรียนสามารถเสนอวิธีการแก้ปัญหาได้ แต่บางวิธีการมีความเป็นไปได้น้อย เช่นการสร้างสะพานเพราะต้องใช้เวลานาน และออกแบบวิธีแก้ปัญหาพร้อมบอกรายละเอียดของวัสดุอุปกรณ์ ได้เพียงพอต่อการออกแบบใช้แนวคิดทางวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ มาอธิบายวิธีการแก้ปัญหาได้ชัดเจนยิ่งขึ้น</p>

### ตัวชี้วัดที่ 3 การสร้างข้อคิดเห็นหรือข้อโต้แย้ง

ก่อนเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาที่บูรณาการการสร้างข้อโต้แย้ง (6E+A) เพื่อส่งเสริมทักษะการแก้ปัญหาทางสะเต็ม จากผลการวิเคราะห์แบบวัดทักษะการแก้ปัญหาทางสะเต็มร่วมกับการสัมภาระณ์โดยภาพรวม พบว่า ผู้เรียนส่วนใหญ่ไม่สามารถกำหนดเงื่อนไขที่สอดคล้องกับสถานการณ์ได้และไม่สามารถให้เหตุผลสนับสนุนได้ และมีผู้เรียนส่วนน้อยสามารถกำหนดเงื่อนไขที่สอดคล้องกับบริบทได้แต่ไม่ชัดเจนและให้เหตุผลสนับสนุนสอดคล้องกับประเด็นปัญหาเพียงบางส่วน ดังสรุปการตีความและตัวอย่างคำตอบของผู้เรียน ดังตาราง 15

ตาราง 15 ตัวอย่างและการวิเคราะห์ทักษะการแก้ปัญหาทางสะเต็ม ด้านการสร้างข้อคิดเห็นหรือข้อโต้แย้งจากแบบวัดและการสัมภาษณ์ (ก่อนเรียน)

สถานการณ์	หลักฐานจากแบบวัดทักษะ/ การสัมภาษณ์	การตีความจากแบบวัดทักษะและการสัมภาษณ์
ส่งมังคุดจากเขายอดเขาสูง ซึ่งเป็นช่วงหน้าฝนทำให้มีค่าใช้จ่ายสูงในการจ้างคนแบกและบางครั้งพื้นลื่นส่งผลให้ผลมังคุดเสียหาย	T005: ระยะเวลาทางในการเดินทางในช่วงฤดูฝน I004: มังคุดเสียหายน้อยที่สุด	ผู้เรียนไม่สามารถกำหนดเงื่อนไขที่สอดคล้องกับสถานการณ์ได้ (เส้นทางการเดิน) และไม่สามารถให้เหตุผลสนับสนุนได้ (มังคุดเสียหายน้อยที่สุด)
การขนส่งสินค้าที่มีลักษณะเป็นกล่องหนักจากโกดังชั้น 2 ลงมาชั้นล่างได้สะดวกและประหยัดค่าใช้จ่าย	T010: เจ้าของมีความต้องการประหยัด I010: ประหยัดค่าใช้จ่ายในการจ้างยกของจากโกดังเนื่องจากมีลักษณะเป็นสองชั้น	ผู้เรียนสามารถกำหนดเงื่อนไขที่สอดคล้องกับบริบทได้แต่ไม่ชัดเจน (โกดังชั้น2)และให้เหตุผลสนับสนุนได้แต่ไม่ชัดเจน (ประหยัดค่าใช้จ่าย)

หลังจากเรียนด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้ พบว่า โดยภาพรวมผู้เรียนสามารถกำหนดเงื่อนไขที่เกี่ยวข้องกับบริบทได้ พร้อมให้เหตุผลสนับสนุนเชื่อมโยงกับประเด็นปัญหาได้ชัดเจนขึ้น ถึงแม้ว่าผู้เรียนจะกล่าวถึงเงื่อนไขที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์ได้ชัดเจนขึ้น แต่ผู้เรียนยังขาดการนำข้อมูลหรือหลักวิชาการมาสนับสนุนได้ถูกต้องทุกประเด็น ดังสรุปการตีความและตัวอย่างคำตอบของผู้เรียน ดังตาราง 16

ตาราง 16 ตัวอย่างและการวิเคราะห์ทักษะการแก้ปัญหาทางสะเต็ม ด้านการสร้างข้อคิดเห็นหรือข้อโต้แย้งจากแบบวัดและการสัมภาษณ์ (หลังเรียน)

สถานการณ์	หลักฐานจากแบบวัดทักษะฯ/การสัมภาษณ์	การตีความจากแบบวัดทักษะฯและการสัมภาษณ์
การออกแบบอุปกรณ์ที่ใช้ยิงเมล็ดพันธุ์พืชเพื่อปลูกป่าให้ไปได้ไกลที่สุด	T011: ออกแบบอุปกรณ์ที่สามารถยิงเมล็ดพันธุ์พืชได้มีประสิทธิภาพที่ยิงได้ไกลมากยิ่งขึ้น I011: ออกแบบอุปกรณ์ที่สามารถยิงเมล็ดพันธุ์พืชได้มีประสิทธิภาพที่ยิงได้ไกลมากยิ่งขึ้น เพื่อเมล็ดพันธุ์พืชจะได้เจริญเติบโตครอบคลุมพื้นที่ในป่ามากที่สุด	ผู้เรียนสามารถกำหนดเงื่อนไขที่เกี่ยวข้องกับบริบทได้ (ออกแบบอุปกรณ์ที่ใช้ยิงเมล็ดพันธุ์พืช) ให้เหตุผลสนับสนุนเชื่อมโยงกับประเด็นปัญหาได้ชัดเจนขึ้น
ถนนหลายสายและสะพานขาดเนื่องฝนตกหนัก มีผลต่อเกษตรกรที่ต้องนำผลไม้ส่งพ่อค้าให้ทัน	T012: น้ำท่วม สะพานถูกตัดขาด มีกระแสน้ำเชี่ยวกราก ทำให้มีความเสี่ยงในการขนส่ง I012: ต้องส่งสินค้าโดยไม่เปียกน้ำ เพราะจะได้ขายได้ในราคาปกติ	ผู้เรียนกำหนดเงื่อนไขได้สอดคล้องกับบริบท (ถนนและสะพานขาดเนื่องจากฝนตกหนัก) และให้เหตุผลสนับสนุนได้ชัดเจนขึ้น (ราคาขาย)

#### ตัวชี้วัดที่ 4 การให้เหตุผลในการเลือกวิธีการแก้ปัญหา

ก่อนเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาที่บูรณาการการสร้างข้อโต้แย้ง (6E+A) เพื่อส่งเสริมทักษะการแก้ปัญหาทางสะเต็ม จากผลการวิเคราะห์แบบวัดทักษะการแก้ปัญหาทางสะเต็มร่วมกับการสัมภาษณ์โดยภาพรวม พบว่า ผู้เรียนส่วนใหญ่เลือกวิธีแก้ปัญหาที่มีความเป็นไปได้ พร้อมให้เหตุผลเชื่อมโยงกับบริบทเพื่อแสดงความเป็นไปได้ของวิธีแก้ปัญหา แต่ไม่นำความรู้หรือหลักวิชาการที่เหมาะสมมาอธิบาย และผู้เรียนส่วนน้อยเลือกวิธีแก้ปัญหาได้ และให้เหตุผลตามหลักวิชาการที่เหมาะสมได้ พร้อมแสดงความเป็นไปได้ของวิธีแก้ปัญหา ดังสรุปการตีความและตัวอย่างคำตอบของผู้เรียน ดังตาราง 17

ตาราง 17 ตัวอย่างและการวิเคราะห์ทักษะการแก้ปัญหาทางสะเต็ม ด้านการให้เหตุผลในการเลือกวิธีการแก้ปัญหาจากแบบวัดและการสัมภาษณ์ (ก่อนเรียน)

สถานการณ์	หลักฐานจากแบบวัดทักษะฯ/การสัมภาษณ์	การตีความจากแบบวัดทักษะฯและการสัมภาษณ์
การขนสินค้าที่มีลักษณะเป็นกล่องหนักจากโกดังชั้น 2 ลงมาชั้นล่างได้สะดวกและประหยัดค่าใช้จ่าย	T007: สร้างลิฟต์เพื่อนำสินค้าลงมาจากที่สูง I007: สร้างลิฟต์เพื่อใช้ในการลำเลียงสินค้าลงมาจากที่สูง เพื่อลดระยะเวลาในการนำสินค้าลงมาจากที่สูง	ผู้เรียนเลือกวิธีแก้ปัญหาที่มีความเป็นไปได้ พร้อมให้เหตุผลเชื่อมโยงกับบริบท (โกดังชั้น 2, ความสะดวก) เพื่อแสดงความเป็นไปได้ของวิธีแก้ปัญหา แต่ไม่นำความรู้หรือหลักวิชาการที่เหมาะสมมาอธิบาย
พื้นห้องน้ำ เมื่อโดนน้ำจะลื่น แม้ว่าเปลี่ยนกระเบื้องใหม่ เมื่อถูกน้ำก็ยังลื่นอยู่	T010: การใช้น้ำยาปูนและทรายทะเล จะช่วยทำให้พื้นห้องน้ำไม่ลื่น I010: การใช้น้ำยาปูนและทรายทะเล จะช่วยทำให้พื้นห้องน้ำไม่ลื่น เนื่องจากจะช่วยทำให้พื้นมีแรงเสียดทานเพิ่มขึ้น	ผู้เรียนเลือกวิธีแก้ปัญหาได้ และให้เหตุผลตามหลักวิชาการที่เหมาะสมได้ (แรงเสียดทานเพิ่มขึ้น) แสดงความเป็นไปได้ของวิธีแก้ปัญหา

หลังจากเรียนด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้ฯ พบว่า โดยภาพรวมผู้เรียนเลือกวิธีแก้ปัญหาได้ พร้อมให้เหตุผลสนับสนุนที่เชื่อมโยงกับเงื่อนไขของสถานการณ์ได้ดีขึ้น และใช้ความรู้หรือหลักวิชาการมาอธิบายแต่ยังชัดเจนขึ้น ดังสรุปการตีความและตัวอย่างคำตอบของผู้เรียน ดังตาราง 18

ตาราง 18 ตัวอย่างและการวิเคราะห์ทักษะการแก้ปัญหาทางสะเต็ม ด้านการให้เหตุผลในการเลือกวิธีการแก้ปัญหาจากแบบวัดและการสัมภาษณ์ (หลังเรียน)

สถานการณ์	หลักฐานจากแบบวัดทักษะฯ/การสัมภาษณ์	การตีความจากแบบวัดทักษะฯและการสัมภาษณ์
การออกแบบอุปกรณ์ที่ใช้ยิงเมล็ดพันธุ์พืชเพื่อปลูกป่าให้ไปได้ไกลที่สุด	TI011: สร้างอุปกรณ์ที่จะสามารถยิงเมล็ดพันธุ์พืช แล้วยิงให้ได้ไกลขึ้นและควบคุมทิศทางการยิงได้ IO11: ออกแบบหนังสือ เนื่องจากหนังสือเป็นวัสดุที่มีความยืดหยุ่นซึ่งสามารถยิงวัตถุไปได้ไกล และครอบคลุมพื้นที่ป่าได้มาก	ผู้เรียนเลือกวิธีแก้ปัญหาได้ พร้อมให้เหตุผลสนับสนุนที่เชื่อมโยงกับเงื่อนไขของสถานการณ์ (ระยะการยิง) และใช้ความรู้หรือหลักวิชาการมาอธิบายโดยเชื่อมโยงกับสถานการณ์และเงื่อนไขได้ (ความยืดหยุ่นของวัสดุที่ใช้)
ขาดคนงานสำหรับขนอิฐและขนปูน เพื่อก่อก่อผนังอิฐบนชั้น 2 ของบ้านให้ทันการตรวจจากผู้ว่าจ้าง	TI016: ใช้ออกในการแก้ปัญหา เพราะช่วยประหยัดแรงในการยกและประหยัดค่าใช้จ่าย IO16: ใช้ออกในการยกและขน เนื่องจากต้องขนของขึ้นอาคารสูง และวัสดุที่ขนนั้นเป็นทั้งอิฐและปูน ดังนั้นการใช้ออกสามารถขนของได้สะดวก รวดเร็วและประหยัดค่าใช้จ่ายได้	ผู้เรียนเลือกวิธีแก้ปัญหาได้ พร้อมให้เหตุผลสนับสนุนที่เชื่อมโยงกับเงื่อนไขของสถานการณ์ได้ดีขึ้น (วัสดุที่ขน อิฐปูน, ค่าใช้จ่าย) อ้างอิงโดยใช้ความรู้และหลักวิชาการมาอธิบายได้ชัดเจนขึ้น (รอกอำนวยความสะดวก รวดเร็ว ทำให้ประหยัดค่าใช้จ่าย)

### ตัวชี้วัดที่ 5 การประเมินความเป็นไปได้ของวิธีการแก้ปัญหา

ก่อนเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาที่บูรณาการการสร้างข้อโต้แย้ง (6E+A) เพื่อส่งเสริมทักษะการแก้ปัญหาทางสะเต็มจากผลการวิเคราะห์แบบวัดทักษะการแก้ปัญหาทางสะเต็มร่วมกับการสัมภาษณ์โดยภาพรวม พบว่า ผู้เรียนส่วนใหญ่กล่าวถึงวิธีประเมินการแก้ปัญหาได้ บอกวิธีการทดสอบได้แต่ไม่ชัดเจน สามารถเชื่อมโยงกับเงื่อนไขของปัญหาได้เพียงบางส่วน และมีผู้เรียนส่วนน้อยกล่าวถึงวิธีประเมินการแก้ปัญหาได้ และอธิบายวิธีการทดสอบเพื่อประเมินความเป็นไปได้ได้ชัดเจนขึ้นและเชื่อมโยงกับเงื่อนไขได้ ดังสรุปการตีความและตัวอย่างคำตอบของผู้เรียน ดังตาราง 19



ตาราง 19 ตัวอย่างและการวิเคราะห์ทักษะการแก้ปัญหาทางสะเต็ม ด้านการประเมินความเป็นไปได้ของวิธีการแก้ปัญหาจากแบบวัดและการสัมภาษณ์ (ก่อนเรียน)

สถานการณ์	หลักฐานจากแบบวัดทักษะฯ/การสัมภาษณ์	การตีความจากแบบวัดทักษะฯและการสัมภาษณ์
ส่งมั่งคุดจากเขายอดเขาสูง ซึ่งเป็นช่วงหน้าฝนทำให้มีค่าใช้จ่ายสูงในการจ้างคนแบกและบางครั้งพื้นลื่นส่งผลให้ผลมั่งคุดเสียหาย	T008: ทดสอบโดยนำตะกร้าที่มีน้ำหนัก 20 กิโลกรัม ปล่อยลงให้ไหลตามราง I008: ทดสอบโดยนำตะกร้าที่มีน้ำหนัก 20 กิโลกรัม ปล่อยลงให้ไหลตามราง เพื่อดูลักษณะการเคลื่อนที่ไม่ให้เร็วเกินไป เพื่อไม่ให้เสียหาย	ผู้เรียนกล่าวถึงวิธีประเมินการแก้ปัญหาได้ และอธิบายวิธีการทดสอบเพื่อประเมินความเป็นไปได้และเชื่อมโยงกับเงื่อนไขได้ (ความเสียหายของมั่งคุดน้อยที่สุด)
การขนส่งสินค้าที่มีลักษณะเป็นกล่องหนักจากโกดังชั้น 2 ลงมาชั้นล่างได้สะดวกและประหยัดค่าใช้จ่าย	T005 : ทดสอบโดยการวางวัตถุและลองดึง I005 : ทดสอบโดยการวางวัตถุและลองดึงเพื่อทดสอบน้ำหนักที่รถจะสามารถรับน้ำหนักได้	ผู้เรียนกล่าวถึงวิธีประเมินการแก้ปัญหาได้ บอกวิธีการทดสอบได้แต่ไม่ชัดเจน เชื่อมโยงกับเงื่อนไขของปัญหาได้เพียงบางส่วน (น้ำหนักของวัตถุ)

หลังจากเรียนด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้ พบว่า ผู้เรียนกล่าวถึงวิธีประเมินการแก้ปัญหาได้ และอธิบายวิธีการทดสอบเพื่อประเมินชัดเจนขึ้นและเชื่อมโยงกับเงื่อนไขได้ ดังสรุปการตีความและตัวอย่างคำตอบของผู้เรียน ดังตาราง 20

ตาราง 20 ตัวอย่างและการวิเคราะห์ทักษะการแก้ปัญหาทางสะเต็ม ด้านการประเมินความเป็นไปได้ของวิธีการแก้ปัญหาจากแบบวัดและการสัมภาษณ์ (หลังเรียน)

สถานการณ์	หลักฐานจากแบบวัดทักษะฯ/การสัมภาษณ์	การตีความจากแบบวัดทักษะฯและการสัมภาษณ์
การออกแบบอุปกรณ์ที่ใช้ยิงเมล็ดพันธุ์พืชเพื่อปลูกป่าให้ไปได้ไกลที่สุด	T004: การจำลองและทดสอบความยืดหยุ่นของอุปกรณ์ที่นำมาใช้ โดยอุปกรณ์ที่นำมาเปรียบเทียบ เช่น ยางวง ลูกโป่ง เป็นต้น I004: ทดสอบโดยการนำหนังสือที่ออกแบบมาทดลองยิงเพื่อดูทิศทางการเคลื่อนที่และระยะทางที่เมล็ดพันธุ์พืชไปได้ไกลที่สุด	ผู้เรียนกล่าวถึงวิธีประเมินการแก้ปัญหาได้ และอธิบายวิธีการทดสอบเพื่อประเมินชัดเจนขึ้นและเชื่อมโยงกับเงื่อนไขได้ (ระยะการเคลื่อนที่)
ขาดคนงานสำหรับขนอิฐและขนปูน เพื่อก่อก่อผนังอิฐบนชั้น 2 ของบ้านให้ทันการตรวจจากผู้ว่าจ้าง	T012: จำลองการทดลองโดยทำล้อและเพลลาจากวัสดุรอบตัว และทดลองและคำนวณน้ำหนักความเป็นไปได้ของล้อและเพลลาที่สร้างขึ้น I012: สร้างแบบจำลองล้อและเพลลาโดยเลือกให้มีขนาดที่แตกต่างกันกันพอสมควร และทดลองโดยใช้อิฐ 1 ก้อนทดสอบ เพื่อดูน้ำหนักของวัตถุที่ล้อและเพลลาสามารถรับได้	ผู้เรียนกล่าวถึงวิธีประเมินการแก้ปัญหาได้ และอธิบายวิธีการทดสอบเพื่อประเมินได้ชัดเจนขึ้นและเชื่อมโยงกับเงื่อนไข (น้ำหนักของวัตถุ)

**สมมติฐานข้อที่ 2 ความก้าวหน้าด้านทักษะการแก้ปัญหาทางสะเต็มของผู้เรียนที่เรียนด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาที่บูรณาการการสร้างข้อโต้แย้ง (6E+A) เพื่อส่งเสริมทักษะการแก้ปัญหาทางสะเต็ม หลังเรียนอยู่ในระดับสูง**

ตาราง 21 การเปรียบเทียบทักษะการแก้ปัญหาทางสะเต็มก่อนและหลังเรียน

คะแนนทักษะการแก้ปัญหาทางสะเต็ม	n	คะแนนเต็ม	$\bar{X}$	ร้อยละ	$< g >$
ก่อนเรียน	20	45	10.88	24.18	
หลังเรียน	20	45	24.94	55.42	0.412

จากตาราง 21 การวิเคราะห์ที่ทักษะการแก้ปัญหาทางสะเต็มเพื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยก่อนกับหลังการจัดการเรียนรู้ของกลุ่มที่ศึกษา ปรากฏว่าคะแนนเฉลี่ยหลังเรียน (24.94 หรือ 55.42 %) สูงกว่าคะแนนเฉลี่ยก่อนเรียน (10.88 หรือ 24.18%) โดยใช้ normalized gain การเปรียบเทียบทักษะการแก้ปัญหาทางสะเต็มที่เพิ่มขึ้นจริง ซึ่งแสดงให้เห็นว่าผู้เรียนมีพัฒนาการด้านทักษะการแก้ปัญหาทางสะเต็มหลังจากที่เรียนด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาที่บูรณาการการสร้างข้อโต้แย้ง (6E+A) เพื่อส่งเสริมทักษะการแก้ปัญหาทางสะเต็มในภาพรวมมีค่าเท่ากับ 0.412 ซึ่งอยู่ในระดับปานกลาง (medium gain) ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานการวิจัยที่ 2

**สมมติฐานข้อที่ 3 ความพึงพอใจของผู้เรียนที่มีต่อการเรียนรู้ด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาที่บูรณาการการสร้างข้อโต้แย้ง (6E+A) เพื่อส่งเสริมทักษะการแก้ปัญหาทางสะเต็ม มีค่าเฉลี่ยของระดับความพึงพอใจอยู่ในระดับมาก**

ผู้วิจัยประเมินความพึงพอใจของผู้เรียนที่มีต่อการเรียนรู้ด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาที่บูรณาการการสร้างข้อโต้แย้ง (6E+A) เพื่อส่งเสริมทักษะการแก้ปัญหาทางสะเต็ม โดยใช้แบบสอบถามความพึงพอใจของผู้เรียนที่มีต่อการเรียนรู้ด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาที่บูรณาการการสร้างข้อโต้แย้ง (6E+A) เพื่อส่งเสริมทักษะการแก้ปัญหาทางสะเต็ม ผลการวิเคราะห์ข้อมูล พบว่า ผู้เรียนเป็นนักศึกษาปริญญาตรีชั้นปีที่ 1-2 จำนวน 20 คน เป็นเพศชาย จำนวน 13 คน คิดเป็นร้อยละ 65 และเป็นเพศหญิง จำนวน 7 คน คิดเป็นร้อยละ 35 จากผลประเมินความพึงพอใจต่อรูปแบบการจัดการเรียนรู้ ซึ่งพิจารณา 5 ด้าน จำนวน 30 ข้อ ประกอบด้วย ด้านเนื้อหา 5 ข้อ ด้านกิจกรรมการเรียนรู้ 13 ข้อ ด้านผู้สอน 6 ข้อ ด้านบรรยากาศ

การเรียนรู้ 5 ข้อ และด้านการวัดและประเมินผล 6 ข้อ โดยใช้แบบประเมินความพึงพอใจในรูปแบบมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ ได้แก่ พึงพอใจมากที่สุด พึงพอใจมาก พึงพอใจปานกลาง พึงพอใจน้อย และพึงพอใจน้อยที่สุด ได้ผล ดังตาราง

ตาราง 22 ผลการวิเคราะห์ความพึงพอใจของผู้เรียนที่มีต่อการเรียนรู้ด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาที่บูรณาการการสร้างข้อโต้แย้ง (6E+A) เพื่อส่งเสริมทักษะการแก้ปัญหาทางสะเต็ม

รายการประเมิน	$\bar{X}$	S.D.	ระดับความพึงพอใจ
ด้านที่ 1 เนื้อหา	4.43	.446	พึงพอใจมาก
ด้านที่ 2 กิจกรรมการเรียนรู้	4.33	.446	พึงพอใจมาก
ด้านที่ 3 ผู้สอน	4.40	.450	พึงพอใจมาก
ด้านที่ 4 บรรยากาศการเรียนรู้	4.49	.427	พึงพอใจมาก
ด้านที่ 5 การวัดและประเมินผล	4.38	.538	พึงพอใจมาก
ภาพรวมทั้งหมด	4.41	.420	พึงพอใจมาก

จากตาราง 22 พบว่า หลังจากที่ผู้เรียนได้เรียนรู้โดยใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาที่บูรณาการการสร้างข้อโต้แย้ง (6E+A) เพื่อส่งเสริมทักษะการแก้ปัญหาทางสะเต็ม ผู้เรียนมีความพึงพอใจต่อการเรียนรู้ฯ ในแต่ละด้านอยู่ในระดับมาก และโดยภาพรวมมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.41 แสดงว่าผู้เรียนมีความพึงพอใจต่อการเรียนรู้ด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาที่บูรณาการการสร้างข้อโต้แย้ง (6E+A) เพื่อส่งเสริมทักษะการแก้ปัญหาทางสะเต็ม อยู่ในระดับมาก ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานการวิจัยที่ 3

## บทที่ 5

### สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

ในการวิจัยครั้งนี้เป็นการพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาที่บูรณาการ การสร้างข้อโต้แย้ง (6E+A) เพื่อส่งเสริมทักษะการแก้ปัญหาทางสะเต็มของนักศึกษาระดับปริญญาตรี สรุปสาระสำคัญได้ ดังนี้

#### ความมุ่งหมายของงานวิจัย

1. เพื่อพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาที่บูรณาการการสร้างข้อโต้แย้ง (6E+A) เพื่อส่งเสริมทักษะการแก้ปัญหาทางสะเต็ม
2. เพื่อศึกษาผลของรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาที่บูรณาการการสร้างข้อโต้แย้ง (6E+A) เพื่อส่งเสริมทักษะการแก้ปัญหาทางสะเต็ม ที่มีต่อทักษะการแก้ปัญหาทางสะเต็ม
3. เพื่อศึกษาผลจากการใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาที่บูรณาการการสร้างข้อโต้แย้ง (6E+A) เพื่อส่งเสริมทักษะการแก้ปัญหาทางสะเต็ม ในด้านความพึงพอใจของผู้เรียนต่อรูปแบบการจัดการเรียนรู้

#### สมมุติฐานในการวิจัย

1. ทักษะการแก้ปัญหาทางสะเต็มของผู้เรียนที่เรียนด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาที่บูรณาการการสร้างข้อโต้แย้ง (6E+A) เพื่อส่งเสริมทักษะการแก้ปัญหาทางสะเต็ม หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน
2. ความก้าวหน้าด้านทักษะการแก้ปัญหาทางสะเต็มของผู้เรียนที่เรียนด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาที่บูรณาการการสร้างข้อโต้แย้ง (6E+A) เพื่อส่งเสริมทักษะการแก้ปัญหาทางสะเต็ม หลังเรียนอยู่ในระดับปานกลาง
3. ความพึงพอใจผู้เรียนที่มีต่อรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาที่บูรณาการการสร้างข้อโต้แย้ง (6E+A) เพื่อส่งเสริมทักษะการแก้ปัญหาทางสะเต็ม มีค่าเฉลี่ยของระดับความพึงพอใจอยู่ในระดับมาก

#### วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ใช้การวิจัยเชิงผสมผสาน (Mixed Methods) ตามแบบแผนรองรับภายใน (Embedded Design) เป็นแบบแผนที่ทำการวิจัยระยะเดียว โดยใช้วิธีการเก็บข้อมูลเชิง

ปริมาณ (แบบวัดทักษะการแก้ปัญหาทางสะเต็ม) เป็นวิธีหลักและการวิเคราะห์การตอบคำถามของผู้เรียนจากการทำแบบวัดทักษะการแก้ปัญหาทางสะเต็มก่อนเรียนและหลังเรียนประกอบกับสัมภาษณ์ผู้เรียนเพิ่มเติมเป็นวิธีรองมีขั้นตอนการดำเนินการวิจัย ดังนี้

1. การพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาที่บูรณาการการสร้างข้อโต้แย้ง (6E+A) เพื่อส่งเสริมทักษะการแก้ปัญหาทางสะเต็มของนักศึกษาปริญญาตรี โดยพัฒนาจากรูปแบบการเรียนรู้แบบ 6E ของ Burke (2014: 14-15) มาบูรณาการร่วมกับกระบวนการเรียนรู้วิทยาศาสตร์โดยใช้กระบวนการโต้แย้งเพื่อส่งเสริมให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการสร้างข้อโต้แย้งของ Corey A. Mathis et al. (2017)

2. การพัฒนาเครื่องมือวิจัยและเก็บรวบรวมข้อมูล ประกอบด้วย

2.1 แผนการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาที่บูรณาการการสร้างข้อโต้แย้ง (6E+A) เพื่อส่งเสริมทักษะการแก้ปัญหาทางสะเต็มที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น โดยผ่านผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหา และผู้เชี่ยวชาญด้านสะเต็มศึกษาเพื่อตรวจสอบและพิจารณา ประเมินความสอดคล้องและความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้ มีค่าเฉลี่ยความสอดคล้องอยู่ระหว่าง 0.67-1.00 และมีความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้ในระดับ ปานกลาง มาก และมากที่สุดในแต่ละด้าน ทั้งจำนวน 4 แผน ประกอบด้วย 1) สไลด์อร์สของ 2) กระดาษลอยฟ้า 3) ยกน้ำด้วยล้อและเพลลา และ 4) การสร้างแบบจำลองแตรมโพลีน

2.2 เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล ประกอบด้วย

2.2.1 แบบวัดทักษะการแก้ปัญหาทางสะเต็ม ก่อนเรียนและหลังเรียน เป็นแบบทดสอบคู่ขนาน มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ .733 โดยแต่ละชุดเป็นข้อสอบชนิดคำถามปลายเปิดจำนวน 3 สถานการณ์ สถานการณ์ละ 6 ข้อคำถาม ผ่านการตรวจสอบจากอาจารย์ที่ปรึกษาปริญญาโท ไปวิเคราะห์คุณภาพโดยเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญด้านสะเต็มศึกษา 3 ท่าน ประเมินความสอดคล้อง ระหว่างข้อคำถามกับตัวชี้วัดทักษะการแก้ปัญหาทางสะเต็ม ค่าความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับตัวชี้วัดทักษะการแก้ปัญหาทางสะเต็มอยู่ระหว่าง 0.67-1.00 เพื่อประเมินทักษะการแก้ปัญหาทางสะเต็ม ตาม 5 ตัวชี้วัด ประกอบด้วย 1) การกำหนดประเด็นปัญหา 2) การบูรณาการแนวคิดทางสะเต็ม 3) การสร้างข้อคิดเห็นหรือข้อโต้แย้ง 4) การให้เหตุผลในการเลือกวิธีการแก้ปัญหา และ 5) การประเมินความเป็นไปได้ของวิธีการแก้ปัญหา

2.2.2 แบบประเมินความพึงใจของผู้เรียนที่มีต่อการเรียนรู้ด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้ เป็นแบบมาตราส่วนประเมินค่า (Rating Scale) 5 ระดับ จำนวน 30 ข้อ ประเมินใน

ประเด็น ด้านเนื้อหา 5 ข้อ ด้านกิจกรรมการเรียนรู้ 13 ข้อ ด้านผู้สอน 6 ข้อ ด้านบรรยากาศการเรียนรู้อื่นๆ 5 ข้อ และด้านการวัดและประเมินผล 6 ข้อ

### 3. การทดลองใช้และเก็บรวบรวมข้อมูล

3.1 กลุ่มที่ใช้ศึกษาในการวิจัย คือ นักศึกษาปริญญาตรีชั้นปีที่ 1-2 ของมหาวิทยาลัยแห่งหนึ่งใน จ.ตรัง ที่สมัครเข้าร่วมกิจกรรมเสริมหลักสูตรรายวิชาฟิสิกส์พื้นฐานในภาคการศึกษาที่ 3 ปีการศึกษา 2561 โดยวิธีการเลือกแบบเจาะจง ดังนี้ เป็นนักศึกษาศาขาทะนุเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ ที่ผ่านการเรียนรายวิชาฟิสิกส์พื้นฐานมาในปีการศึกษา 1/2561 จำนวน 20 คน

#### 3.2 ทดลองใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้น

3.2.1 วัดทักษะการแก้ปัญหาทางสะเต็มของผู้เรียนก่อนเรียนโดยใช้แบบวัดทักษะการแก้ปัญหาทางสะเต็มก่อนเรียน

3.2.2 นำแผนการจัดการเรียนรู้ จำนวน 4 แผน ประกอบด้วย 1) สไลด์อร์ส่งของ 2) กระเช้าลอยฟ้า 3) ยกน้ำด้วยล้อและเพลา และ 4) การสร้างแบบจำลองแตรมโพลีน ไปทดลองใช้กับกลุ่มที่ใช้ศึกษาในการวิจัย นักศึกษาปริญญาตรีชั้นปีที่ 2 ที่กำลังเรียนรายวิชาฟิสิกส์พื้นฐานในปีการศึกษา 2/2561 จำนวน 20 คน ดำเนินกิจกรรมการเรียนการสอน 20 ชั่วโมง

3.2.3 วัดทักษะการแก้ปัญหาทางสะเต็มของผู้เรียนหลังเรียนโดยใช้แบบวัดทักษะการแก้ปัญหาทางสะเต็มหลังเรียน ซึ่งเป็นแบบทดสอบคู่ขนาน

3.2.4 ประเมินความพึงพอใจของผู้เรียนที่มีต่อการจัดการเรียนรู้ จำนวน 30 ข้อ

### 4. การจัดกระทำและการวิเคราะห์ข้อมูล

ดำเนินการจัดกระทำข้อมูล และการวิเคราะห์ข้อมูล ดังนี้

4.1 วิเคราะห์เปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยทักษะการแก้ปัญหาทางสะเต็มก่อนเรียนและหลังเรียน โดยใช้สถิติ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน แล้วเปรียบเทียบทักษะการแก้ปัญหาทางสะเต็มของนักศึกษา โดยใช้วิธีทางสถิติการทดสอบค่าที่แบบสองกลุ่มที่ไม่เป็นอิสระต่อกัน (t-test for dependent samples)

4.3 ประเมินความก้าวหน้าด้านทักษะการแก้ปัญหาทางสะเต็มของผู้เรียน โดยใช้สถิติ ค่าเฉลี่ย ร้อยละ แล้ววิเคราะห์ด้วยวิธีด้วยวิธี normalized gain <g>

4.4 วิเคราะห์ความพึงพอใจของผู้เรียนที่มีต่อการเรียนรู้ด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาที่บูรณาการการสร้างข้อโต้แย้ง (6E+A) เพื่อส่งเสริมทักษะการแก้ปัญหาทางสะเต็ม โดยใช้สถิติเชิงพรรณนา ได้แก่ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

### สรุปผลการวิจัย

การพัฒนาารูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาที่บูรณาการการสร้างข้อโต้แย้ง (6E+A) เพื่อส่งเสริมทักษะการแก้ปัญหาทางสะเต็มของนักศึกษาปริญญาตรี สรุปผลการวิจัยได้ดังนี้

1. ผลการพัฒนาารูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาที่บูรณาการการสร้างข้อโต้แย้ง (6E+A) เพื่อส่งเสริมทักษะการแก้ปัญหาทางสะเต็มสำหรับนักศึกษาปริญญาตรี สรุปเป็นขั้นตอนได้ 7 ขั้นตอน ดังนี้

- 1) ขั้นสร้างความสนใจและตรวจสอบความรู้เดิม (Engagement and Elicitation)
- 2) ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration)
- 3) ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation)
- 4) ขั้นการโต้แย้ง (Argumentation for the best solution)
- 5) ขั้นการออกแบบและดำเนินการแก้ปัญหา (Execution)
- 6) ขั้นขยายความรู้ (Enrich)
- 7) ขั้นประเมิน (Evaluation)

ผลการประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญพบว่ามีความสอดคล้อง โดยหลังจากการศึกษานำร่องและทดลองใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นยังคงเดิมทั้ง 7 ขั้นตอน แต่จากการศึกษานำร่อง ผู้วิจัยพบปัญหาบางประการในการทำกิจกรรมของผู้เรียน จึงได้ปรับเปลี่ยนกิจกรรม ดังนี้

- 1) ในขั้นการสำรวจค้นหา (Exploration) เนื่องจากผู้เรียนได้เรียนเนื้อหามาแล้ว อาจทบทวนความรู้เดิม และตรวจสอบแนวคิดของผู้เรียนว่าถูกต้องหรือไม่ และสามารถมีแนวคิดอื่นที่จำเป็นเพิ่มเติมหรือไม่ โดยให้เวลาผู้เรียนร่วมกันอภิปรายเพื่อให้ได้แนวคิดทางวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้อง เหมาะสมเพื่อนำไปใช้แก้ปัญหา
- 2) ในขั้นการโต้แย้ง (Argumentation for the best solution) ควรให้เวลาผู้เรียนมากขึ้นและผู้สอนควรเข้าไปแนะนำเพื่อให้ผู้เรียนมีการโต้แย้ง



2. ประสิทธิภาพของรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาที่บูรณาการการสร้างข้อโต้แย้ง (6E+A) เพื่อส่งเสริมทักษะการแก้ปัญหาทางสะเต็มของนักศึกษาปริญญาตรี ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นเป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้ ดังนี้

2.1 ผู้เรียนที่เรียนด้วยรูปแบบการจัดการเรียนแบบสะเต็มศึกษาที่บูรณาการการสร้างข้อโต้แย้ง (6E+A) เพื่อส่งเสริมทักษะการแก้ปัญหาทางสะเต็มของนักศึกษาปริญญาตรี มีทักษะการแก้ปัญหาทางสะเต็มหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

2.2 ความก้าวหน้าด้านทักษะการแก้ปัญหาทางสะเต็มของผู้เรียนที่เรียนด้วยรูปแบบการจัดการเรียนแบบสะเต็มศึกษาที่บูรณาการการสร้างข้อโต้แย้ง (6E+A) เพื่อส่งเสริมทักษะการแก้ปัญหาทางสะเต็มของนักศึกษาปริญญาตรีอยู่ในระดับปานกลาง

2.3 ความพึงพอใจของผู้เรียนที่มีต่อการเรียนรู้ด้วยรูปแบบการจัดการเรียนแบบสะเต็มศึกษาที่บูรณาการการสร้างข้อโต้แย้ง (6E+A) เพื่อส่งเสริมทักษะการแก้ปัญหาทางสะเต็มอยู่ในระดับมาก

### อภิปรายผลการวิจัย

การพัฒนาารูปแบบการจัดการเรียนแบบสะเต็มศึกษาที่บูรณาการการสร้างข้อโต้แย้ง (6E+A) เพื่อส่งเสริมทักษะการแก้ปัญหาทางสะเต็มของนักศึกษาปริญญาตรี มีประเด็นสำคัญที่นำมาอภิปราย 2 ประเด็น คือ 1) ผลการพัฒนาารูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาที่บูรณาการการสร้างข้อโต้แย้ง (6E+A) ฯ และ 2) ประสิทธิภาพของรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาที่บูรณาการการสร้างข้อโต้แย้ง (6E+A) ฯ โดยมีรายละเอียดดังนี้

1. ผลการพัฒนาารูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาที่บูรณาการการสร้างข้อโต้แย้ง (6E+A) เพื่อส่งเสริมทักษะการแก้ปัญหาทางสะเต็ม

การพัฒนาารูปแบบการจัดการเรียนแบบสะเต็มศึกษาที่บูรณาการการสร้างข้อโต้แย้ง (6E+A) เพื่อส่งเสริมทักษะการแก้ปัญหาทางสะเต็มของนักศึกษาปริญญาตรี ประกอบด้วย 7 ขั้นตอน ได้แก่ 1) ขั้นสร้างความสนใจและตรวจสอบความรู้เดิม (Engagement and Elicitation) 2) ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration) 3) ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation) 4) ขั้นการโต้แย้ง (Argumentation for the best solution) 5) ขั้นการออกแบบและดำเนินการแก้ปัญหา (Execution) 6) ขั้นขยายความรู้ (Enrich) และ 7) ขั้นประเมิน (Evaluation) โดยรูปแบบการจัดการเรียนรู้ฯ ที่พัฒนาขึ้น มีลักษณะสำคัญดังต่อไปนี้

รูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้นมีจุดประสงค์เพื่อพัฒนาทักษะการแก้ปัญหาทางสะเต็มโดยกระบวนการเรียนรู้เริ่มจากใน 3 ขั้นตอนแรกนั้นเน้นให้ผู้เรียนสร้างแนวคิดทาง

วิทยาศาสตร์ โดยผ่านกิจกรรมการเรียนรู้ที่ผู้สอนจัดเตรียมไว้ ประกอบกับการตั้งคำถามเพื่อดูจากพื้นฐานประสบการณ์เดิม ปฏิบัติการทดลองวิทยาศาสตร์ การสืบค้นข้อมูลจากเอกสาร ตำราหรืออินเทอร์เน็ต ขั้นตอนการกระตุ้นความสนใจของผู้เรียน ทบทวนความรู้เดิม เมื่อเข้าใจแนวคิดที่ถูกต้องแล้ว ผู้เรียนสามารถนำแนวคิดที่ได้ไปประยุกต์ใช้ในขั้นต่อไป ซึ่งสอดคล้องกับรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบ 6E ของ Burke (2014: 14-15) ที่ได้กำหนดขั้นตอนการเรียนรู้ในขั้นกระตุ้นความสนใจ (Engage) ขั้นสำรวจค้นหา (Explore) และขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explain) เพื่อประเมินความรู้ความเข้าใจก่อนเรียน และทบทวนความรู้เดิม และกระตุ้นผู้เรียนทำความเข้าใจในประเด็นหรือคำถามที่สนใจ และสร้างแนวคิดจากสิ่งที่ได้ศึกษา และร่วมกันอภิปรายเพื่อให้ได้แนวคิดที่ถูกต้อง กระบวนการนี้มีความสำคัญเนื่องจาก เป็นการประเมินว่าผู้เรียนสามารถนำความรู้ทางวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์มาใช้ในแก้ปัญหาได้หรือไม่ และสามารถเชื่อมโยงไปสู่ขั้นตอนการแก้ปัญหาได้ถูกต้องรวมทั้งสะท้อนให้เห็นผลการประเมินหลังเรียนได้ด้วย (Love; & Deck. 2015: 34; Jolly. 2016: online)

สำหรับขั้นที่ 4 และขั้นที่ 5 เป็นขั้นตอนในการจัดการเรียนรู้ที่ผู้วิจัยเน้นมากที่สุด เนื่องจากเป็นขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมทักษะการแก้ปัญหาทางสะเต็มทั้ง 5 ตัวชี้วัดให้กับผู้เรียนได้ โดยขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ที่สะท้อนทักษะการแก้ปัญหาทางสะเต็มอย่างชัดเจน มี 2 ขั้นตอน ดังนี้

1.1) ขั้น การโต้แย้ง (Argumentation for the best solution) เป็นขั้นตอนที่พัฒนาทักษะการแก้ปัญหาทางสะเต็ม 4 ตัวชี้วัด ดังนี้ 1) การกำหนดประเด็นปัญหา 2) การสร้างข้อคิดเห็นหรือข้อโต้แย้ง 3) การบูรณาการแนวคิดทางสะเต็ม และ 4) การให้เหตุผลในการเลือกวิธีการแก้ปัญหา เนื่องจากเป็นขั้นตอนที่เพื่อให้ผู้เรียนภายในกลุ่มร่วมกันกำหนดปัญหา (Problem) จากสถานการณ์ที่กำหนด และสร้างข้อกล่าวอ้าง (Claims) ที่แสดงถึงแนวทางการแก้ปัญหา โดยนำผลการทดลอง หรือสมการทางคณิตศาสตร์ที่ได้สำรวจค้นหา หรือข้อมูลจากประสบการณ์ รวมถึงเงื่อนไขและข้อจำกัดที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์ที่ผู้สอนกำหนดนำไปใช้เป็นหลักฐาน (Evidence) อ้างอิง เพื่อนำไปการให้เหตุผล (Reasoning) สนับสนุนวิธีแก้ปัญหาซึ่งอาจจะมีหลายแนวทาง ผู้เรียนทำการโต้แย้งเพื่อเลือกวิธีการที่เหมาะสมที่สุดเพื่อนำไปออกแบบในขั้นการออกแบบและดำเนินการแก้ปัญหา (Execution) ซึ่งกระบวนการนี้ Mathis; et al (2017: 77-78) และ Llewellyn; & Rajesh (2011: 23-27) ได้ทำการศึกษาวิจัยและพบว่า การโต้แย้งเป็นกระบวนการจัดการเรียนรู้ที่กระตุ้นให้ผู้เรียนโต้แย้งและให้เหตุผลจากหลักฐาน สอดคล้องกับงานวิจัยของ Mathis; et al (2017: 77-78) ที่ได้จัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์โดยใช้กระบวนการ

โต้แย้งเพื่อส่งเสริมให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการสร้างข้อโต้แย้งโดยให้ผู้เรียนลงมือปฏิบัติ เพื่อตรวจสอบการให้เหตุผลจากการใช้หลักฐานของผู้เรียนเพื่อนำไปออกแบบวิธีการแก้ปัญหา นอกจากนี้ยังสอดคล้องกับนักการศึกษาหลายท่านที่ได้กล่าวว่า การโต้แย้งเป็นการส่งเสริมการมีส่วนร่วมในการเรียนรู้ของผู้เรียน พัฒนาความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ทำให้เกิดการเรียนรู้ที่มีความหมาย และส่งเสริมทักษะการแก้ปัญหา การให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ ความสามารถในการสื่อสารและการคิดวิเคราะห์ การบูรณาการความรู้ระหว่างวิชา (Asghar et al., 2012; Bell & Linn, 2000; Lin & Mintzes, 2010; Smyrniou et al., 2015; เอกภูมิ จันทร์ขันธ์, 2559) โดยในการวิจัยนี้ให้ผู้เรียนใช้ใบกิจกรรมประกอบด้วย สถานการณ์ปัญหา วัสดุอุปกรณ์และข้อคำถาม และใบบันทึกกิจกรรมที่ 2 เพื่อวัดทักษะการแก้ปัญหาทางสะเต็มตามตัวชี้วัดทั้ง 5 โดยข้อคำถามมีทั้งหมด 7 ข้อคำถาม เพื่อให้ผู้เรียนการกำหนดปัญหา (Problem) การสร้างข้อกล่าวอ้าง (Claims) แทนคำตอบหรือวิธีการแก้ปัญหา การระบุหลักฐาน (Evidence) การเขียนให้เหตุผล (Reasoning) ที่แสดงให้เห็นถึงวิธีการแก้ปัญหา ผู้วิจัยขอยกตัวอย่างการจัดการเรียนรู้ จากกิจกรรมสไลเดอร์ส่งของ โดยในการทำกิจกรรมการเรียนรู้นั้น โดยกำหนดสถานการณ์ปัญหา ดังนี้ หากท่านได้รับมอบหมายให้ออกแบบแบบจำลองสไลด์เดอร์ส่งสินค้า ที่สามารถส่งสินค้ามวล 300 กรัมต่อกล่อง ด้วยความเร็วสม่ำเสมอ ได้อย่างน้อย 25 กล่อง ภายในเวลา 1 นาที ผ่านเส้นทางที่ลาดชัน ยาว 120 เซนติเมตร และให้มีความแข็งแรง ทนทาน ใช้งานได้คุ้มค่า โดยจะต้องเลือกวัสดุเพื่อใช้เป็นพื้นที่ใช้ยึดติดกับแผ่นไม้เพื่อสร้างรางของสไลด์เดอร์ ซึ่งเลือกได้เพียง 2 อย่างเท่านั้น (ประกอบด้วย กั้นกระแทก, แผ่นยาง, พิวเจอร์บอร์ด, กระดาษลัง) ท่านจะมีวิธีการหรือแนวทางในการแก้ปัญหาอย่างไร

จากประเด็นข้อคำถามที่ว่า จงเสนอแนวทางวิธีการแก้ปัญหาดังกล่าว มาอย่างน้อย 2 วิธี (วัดทักษะการแก้ปัญหาด้านการสร้างข้อคิดเห็นหรือข้อโต้แย้ง) ผู้เรียนได้โต้แย้งกันเพื่อเสนอวิธีการแก้ปัญหาจากเงื่อนไขและอุปกรณ์ที่มี ผู้เรียนบางคนมีการพูดถึงแนวคิดทางวิทยาศาสตร์เกี่ยวกับมวล แรงเสียดทาน ความเร็ว และความเร่งของวัตถุ และกล่าวถึงแนวคิดทางคณิตศาสตร์เกี่ยวกับความชัน ความสูงของราง เพื่อเสนอวิธีการแก้ปัญหา เมื่อแต่ละกลุ่มได้วิธีแก้ปัญหามาแล้วอย่างน้อย 2 วิธี สมาชิกภายในกลุ่มทำการโต้แย้งเพื่อเลือกวิธีการแก้ปัญหา โดยแต่ละคนใช้หลักการทางวิทยาศาสตร์มาใช้ในการอ้างอิงให้เหตุผลสนับสนุน บางคนใช้วัสดุอุปกรณ์เป็นหลักฐานในการโต้แย้งเพื่อเลือกวิธีการแก้ปัญหาเพื่อนำไปสู่การออกแบบวิธีการแก้ปัญหา

ขั้นการออกแบบและดำเนินการแก้ปัญหา (Execution) เป็นขั้นตอนที่พัฒนาทักษะการแก้ปัญหาทางสะเต็ม 2 ตัวชี้วัด ดังนี้ 1)การบูรณาการแนวคิดทางสะเต็ม และ2) ด้านการประเมินความเป็นไปได้ของวิธีการแก้ปัญหา ซึ่งเป็นขั้นที่ให้ผู้เรียนกำหนดลำดับขั้นตอนการออกแบบและดำเนินการแก้ปัญหาที่ได้ลงข้อสรุปร่วมกันจากขั้นที่ 4 โดยประยุกต์ใช้ข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้อง เพื่อสร้างชิ้นงานหรือพัฒนาวิธีการที่เหมาะสมเพื่อใช้ในการแก้ปัญหา ในระหว่างการออกแบบผู้เรียนต้องประยุกต์ใช้และบูรณาการความรู้ เนื่องจากสถานการณ์ที่กำหนดให้มีความซับซ้อน มีเงื่อนไข และข้อกำหนด ทำให้ไม่สามารถแก้ปัญหาได้ด้วยองค์ความรู้เพียงอย่างเดียว (Burke, 2014; Katehi et al., 2009; Llewellyn & Rajesh, 2011; Corey A. Mathis et al., 2017) ) ยกตัวอย่างเช่น ในการวิจัยนี้ ผู้วิจัยใช้สถานการณ์การชนมิ่งคูดจากที่สูง ซึ่งในการแก้ปัญหาผู้เรียนต้องทราบหลักการการเคลื่อนที่และแรงของวัตถุ ในขณะเดียวกันต้องมีความรู้ด้านเทคโนโลยีในการเลือกและประยุกต์ใช้อุปกรณ์อย่างเหมาะสม และนำความรู้ทางคณิตศาสตร์เพื่อประมาณการความเป็นไปได้ ของอุปกรณ์ที่ออกแบบในขั้นขยายความรู้ (Enrich) และ ขั้นประเมิน (Evaluation) เป็นขั้นตอนที่ให้ผู้เรียนได้ยืนยันและขยายหรือเพิ่มเติมความรู้ความเข้าใจในแนวความคิดทางสะเต็มศึกษาให้กว้างขวางและลึกซึ้งยิ่งขึ้น หรือเปิดโอกาสให้ผู้เรียนนำวิธีการแก้ปัญหาที่ได้จากการเรียนรู้ไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวัน ใช้ประโยชน์หรือแก้ปัญหาในบริบทอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง

2. ประสิทธิภาพของรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาที่บูรณาการการสร้างข้อโต้แย้ง (6E+A) ฯ ด้านประสิทธิภาพของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ฯ แบ่งประเด็นสำคัญในการอภิปรายเป็น 2ประเด็น ดังนี้

2.1 ผลการใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาที่บูรณาการการสร้างข้อโต้แย้ง(6E+A) ที่มีต่อทักษะการแก้ปัญหาทางสะเต็มของนักศึกษาและความก้าวหน้าด้านทักษะการแก้ปัญหาทางสะเต็ม พบว่า ทักษะการแก้ปัญหาทางสะเต็มของผู้เรียนที่เรียนรู้ด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาที่บูรณาการการสร้างข้อโต้แย้ง (6E+A) หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยที่มีความก้าวหน้าด้านทักษะการแก้ปัญหาทางสะเต็มของนักศึกษา ความก้าวหน้าด้านทักษะการแก้ปัญหาในภาพรวมมีค่าเท่ากับ 0.412 ซึ่งอยู่ในระดับปานกลาง (medium gain) จึงสรุปได้ว่ารูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้นนี้สามารถส่งเสริมทักษะการแก้ปัญหาทางสะเต็มได้ ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Kaniawati and Suryadi.S. (2016)ที่ได้สรุปว่ารูปแบบการจัดการเรียนรู้ 6E สามารถพัฒนาทักษะการแก้ปัญหาของผู้เรียนได้และการศึกษาCorey A. Mathis et al. (2017) ที่ได้สรุปว่าการสร้างข้อโต้แย้งเป็นแนวทางการ

ส่งเสริมทักษะการแก้ปัญหาและการบูรณาการความรู้ของผู้เรียนได้ ดังนั้นเมื่อนำรูปแบบการเรียนรู้ทั้งสองมาผนวกกันจึงมีแนวโน้มที่จะพัฒนาทักษะการแก้ปัญหาเพิ่มเติมได้ โดยเมื่อวิเคราะห์ถึงพื้นฐานของรูปแบบที่พัฒนาขึ้น จะเห็นได้ว่า 6E มีพื้นฐานมาจากการเรียนรู้ด้วยกระบวนการสืบเสาะ 5 ขั้น ผนวกกับกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ซึ่งจะช่วยพัฒนาผู้เรียนในด้านทักษะการแก้ปัญหาได้ โดยผู้วิจัยได้เพิ่มกระบวนการโต้แย้งเข้าไปในระหว่างกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมของรูปแบบ 6E เดิม ซึ่งกระบวนการดังกล่าวมีความสำคัญเนื่องจากการส่งเสริมผู้เรียนทำความเข้าใจปัญหา รวบรวมข้อมูลหรือแนวคิดทางวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์เพื่อไปสนับสนุนการออกแบบทางวิศวกรรมศาสตร์ โดยมีส่วนร่วมในการสร้างข้อโต้แย้งที่แสดงให้เห็นถึงวิธีการแก้ปัญหา และร่วมกันโต้แย้งโดยให้เหตุผลสนับสนุนเพื่อเลือกวิธีการแก้ปัญหาที่เหมาะสม

อย่างไรก็ตามจากผลการวิเคราะห์ที่ข้อมูลเห็นได้ว่า หลังเรียนนักศึกษาที่มีทักษะการแก้ปัญหาสูงกว่าก่อนเรียนและสอดคล้องทุกตัวชี้วัด แต่ผลความก้าวหน้าด้านทักษะการแก้ปัญหาทางเพิ่มเติมหลังจากที่เรียนด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้เพิ่มเติมศึกษาที่บูรณาการการสร้างข้อโต้แย้ง (6E+A) อยู่ในระดับปานกลาง ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิเคราะห์ทักษะการแก้ปัญหาทางเพิ่มเติมเชิงคุณภาพที่พบว่าหลังเรียนผู้เรียนมีทักษะการแก้ปัญหาทางเพิ่มเติมที่พัฒนาขึ้น แต่ผู้เรียนมักขาดการสร้างข้อคิดเห็นหรือข้อโต้แย้ง ซึ่งเป็นทักษะที่ส่งเสริมผู้เรียนกำหนดเงื่อนไขที่เกี่ยวข้องกับบริบท และให้เหตุผลสนับสนุนตามหลักวิชาการเชื่อมโยงกับประเด็นปัญหาได้ อาจเนื่องมาจากบทบาทของผู้สอนระหว่างที่นักศึกษาทำกิจกรรมไม่ได้เข้าไปให้คำแนะนำอย่างทั่วถึง และระยะเวลาในการทำกิจกรรมอาจไม่เพียงพอที่จะส่งเสริมผู้เรียนให้เกิดทักษะการแก้ปัญหาทางเพิ่มเติมได้สมบูรณ์ทุกตัวชี้วัด ทั้งนี้เนื่องจากทักษะการแก้ปัญหาทางเพิ่มเติมมักต้องใช้เวลามากในการพัฒนาโดยเฉพาะอย่างยิ่งหากผู้เรียนที่ไม่มีความคุ้นเคยกับการเรียนรู้แบบเพิ่มเติมหรือการโต้แย้ง ผู้สอนต้องคอยให้ความช่วยเหลือแนะนำอย่างใกล้ชิด

2.2 ผลการใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้เพิ่มเติมศึกษาที่บูรณาการการสร้างข้อโต้แย้ง(6E+A) ที่มีต่อทักษะการแก้ปัญหาทางเพิ่มเติมในด้านความพึงพอใจของผู้เรียนต่อรูปแบบการจัดการเรียนรู้ จากสมมติฐาน ข้อที่ 3 ความพึงพอใจของผู้เรียนที่มีต่อรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบเพิ่มเติมศึกษาที่บูรณาการการสร้างข้อโต้แย้ง (6E+A) เพื่อส่งเสริมทักษะการแก้ปัญหาทางเพิ่มเติม มีค่าเฉลี่ยของระดับความพึงพอใจอยู่ในระดับมากในทุกด้านเนื่องจากรูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้นนั้นเป็นรูปแบบการเรียนรู้ที่ส่งเสริมการเรียนรู้และทักษะการแก้ปัญหาทางเพิ่มเติมของผู้เรียน ซึ่งเน้นให้ผู้เรียนลงมือแก้ปัญหาด้วยตนเอง และมีทัศนคติในการทำงานร่วมกับผู้อื่น ทำให้ผู้เรียนมีความสนใจและเข้าใจเนื้อหามากขึ้นและสามารถนำความรู้ที่ได้ไปสู่การออกแบบวิธี

แก้ปัญหา สอดคล้องกับ ลูทิตยา เนตรวงษ์ (2559) ได้กล่าวว่า การเรียนตามแนวสะเต็มนั้น ต้องมีการรวบรวมข้อมูล ค้นหาแนวคิดที่เกี่ยวข้องในการแก้ปัญหาและประเมินความเป็นไปได้ โดยการบูรณาการทั้ง 3 วิชาผ่านกระบวนการออกแบบวิศวกรรม เพื่อส่งเสริมการเรียนรู้และสร้างทักษะโดยเน้นการสร้างองค์ความรู้เพื่อใช้ในการแก้ปัญหา เป็นการเรียนรู้จากประสบการณ์จริงที่เน้นความสนุกและท้าทาย และเป็นการเรียนรู้ที่ให้ให้ความสำคัญกับกระบวนการในการนำความรู้มาใช้ในการคิด ค้นหา และคัดเลือกวิธีการที่เหมาะสมที่สุดในการแก้ปัญหาที่เกี่ยวข้องกับการดำเนินชีวิตและการทำงานอีกด้วย นอกจากนี้กิจกรรมการเรียนรู้ยังมีกิจกรรมการโต้แย้งเพื่อให้ได้มาซึ่งวิธีการที่เหมาะสมสอดคล้องกับ Smyrmaiou et al. (2015) ที่ได้กล่าวว่า การโต้แย้งเป็นเทคนิคการศึกษาในชั้นเรียนวิทยาศาสตร์พบว่ามีข้องเกี่ยวกับการได้มาซึ่งความรู้ทางวิทยาศาสตร์และส่งเสริมทักษะขั้นสูงทั้งด้านทักษะการแก้ปัญหา การให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ ความสามารถในการสื่อสารและการคิดวิเคราะห์ (3) และกิจกรรมมีความน่าสนใจเนื่องจากเป็นการนำเสนอสถานการณ์ที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวันที่สอดคล้องกับเนื้อหาฟิสิกส์ และในระหว่างการเรียนการสอน ผู้สอนทำหน้าที่คอยให้คำแนะนำและคอยกระตุ้นให้ผู้เรียนโดยการใช้คำถามทำให้ผู้เรียนเกิดความสนใจในกิจกรรม และในการวัดประเมินผลมีการวัดผลก่อนและหลังเรียนตามเนื้อหา

### ข้อเสนอแนะจากการวิจัย

การวิจัยเรื่อง การพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาที่บูรณาการการสร้างข้อโต้แย้ง (6E+A) เพื่อส่งเสริมทักษะการแก้ปัญหาทางสะเต็มของนักศึกษาปริญญาตรี มีข้อเสนอแนะ ดังนี้

#### 1. ข้อเสนอแนะสำหรับการนำผลการวิจัยไปใช้

1) การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ภายในกลุ่มนั้น ควรมีสมาชิก 3-5 คน เนื่องจากรูปแบบการเรียนรู้ เน้นผู้เรียนทำการโต้แย้งเพื่อให้ได้วิธีแก้ปัญหาที่เหมาะสมที่สุด ซึ่งจากการวิจัย ผู้วิจัยแบ่งกลุ่มนักศึกษาโดยมีสมาชิกจำนวน 5 คน เห็นได้ว่าในระหว่างการทำกิจกรรมภายในกลุ่มนั้น ผู้เรียนแต่ละคนจะเสนอวิธีการแก้ปัญหาที่หลากหลาย โดยการใช้หลักฐานที่ตนเองมีมาโต้แย้ง เพื่อให้ได้วิธีแก้ปัญหาที่ดีที่สุด

2) ควรเตรียมวัสดุ อุปกรณ์สำหรับการแก้ปัญหาให้หลากหลาย และให้อิสระผู้เรียนในการกำหนดและเลือกใช้อุปกรณ์ ซึ่งนอกจากจะช่วยส่งเสริมการโต้แย้งแล้วยังช่วยส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ของผู้เรียนได้

3) จากการจัดการเรียนการสอนพบว่า ในระหว่างการทำกิจกรรมนี้นักศึกษาแต่ละคนภายในกลุ่มร่วมกันกำหนดประเด็นปัญหา รวบรวมแนวคิดและหลักฐานที่เกี่ยวข้องที่ได้จากประสบการณ์และการศึกษาในชั้นเรียน เพื่อเสนอวิธีแก้ปัญหาและทำการโต้แย้งเพื่อเลือกวิธีแก้ปัญหาที่เหมาะสมที่สุด เนื่องจากนักศึกษาแต่ละคนมีพื้นฐานด้านการเรียนแตกต่างกัน ดังนั้นแนวทางในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ครั้งต่อไปสามารถนำไปปรับใช้กับนักศึกษาในระดับต่าง ๆ ได้ โดยพิจารณาความเหมาะสมของบริบทของนักศึกษาสามารถนำไปใช้ในเนื้อหาวิชาอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์เทคโนโลยี คณิตศาสตร์และวิศวกรรมศาสตร์ และในการกำหนดสถานการณ์ปัญหาควรเป็นปัญหาที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวันหรือสอดคล้องกับบริบทของนักศึกษาให้มากที่สุด

## 2. ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

1) เนื่องจากกิจกรรมการเรียนรู้ของผู้เรียนเป็นกระบวนการกลุ่ม จึงควรมีการศึกษาลักษณะของกระบวนการกลุ่มที่ส่งเสริมกระบวนการโต้แย้งเพื่อให้ได้วิธีการแก้ปัญหาที่ดีที่สุด เพราะหลังจากนักศึกษาร่างวิธีแก้ปัญหาแล้ว ต้องมีการทดสอบประสิทธิภาพเพื่อปรับปรุงแก้ไขอีกครั้ง หลังจากนั้นผู้เรียนแต่ละกลุ่มควรมีการโต้แย้งเพื่อเลือกวิธีการแก้ปัญหาที่ดีที่สุด

2) ควรศึกษาความสัมพันธ์ของทักษะการแก้ปัญหาทางสะเต็มในแต่ละตัวชี้วัดว่ามีความสัมพันธ์กันหรือไม่ อย่างไร เนื่องจากผลการวิเคราะห์จากแบบวัดทักษะการแก้ปัญหาทางสะเต็ม พบว่า หากนักศึกษาสามารถเสนอวิธีแก้ปัญหาได้ก็ส่งผลให้นักศึกษาสามารถให้เหตุผลในการเลือกวิธีการแก้ปัญหาได้ดีเช่นกัน

## บรรณานุกรม

- Asghar, A., Ellington, R., Rice, E., Johnson, F., & Johnson, F. (2012). Supporting STEM Education in Secondary Science Contexts. *Interdisciplinary. Journal of Problem-Based Learning*, 6(2), 85-125.
- Association, N. G. s. (2009). Building a Science, technology, Engineering and Math Agenda. Retrieved from <http://files.eric.ed.gov/fulltext/ED532528.pdf>
- Asunda, P. A. (2016, November). Standards for Technological Literacy and STEM Education Delivery through Career and Technical Education Program. *Journal of Technology Education*, 4(1), 9-19.
- Baran, E., Bilici, S. C., Mesutoglu, C., & Ocak, C. (2016). Moving STEM beyond schools: Students' perceptions about an out-of-school STEM education program. *International Journal of Education in Mathematics, Science and Technology*, 4(1), 9-19.
- Bell, P., & Linn, M. C. (2000). Scientific arguments as learning artifacts: designing for Learning from the web with KIE. *Journal of Science Education*, 22(8), 797-817.
- Berland, L. K., & Reiser, B. J. (2008). Making Sense of Argumentation and Explanation. Retrieved from [https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/28370/mod\\_resource/content/1/Making%20sense%20of%20argumentation%20and%20explanation.pdf](https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/28370/mod_resource/content/1/Making%20sense%20of%20argumentation%20and%20explanation.pdf)
- Brown, N. J. S., Timms, M., Nagashima, S. O., & Wilson, M. (2008). The Using Evidence Framework: A Model of Scientific Reasoning. Retrieved from [http://www.colorado.edu/education/sites/default/files/attached-files/Brown\\_et\\_al\\_AERA2008.pdf](http://www.colorado.edu/education/sites/default/files/attached-files/Brown_et_al_AERA2008.pdf)
- Burke, B. N. (2014). The ITEEA 6E Learning byDeSIGN™ Model, Maximizing Informed Design and Inquiry in the Integrative STEM Classroom. *Technology and Engineering Teacher*, 73(6), 14-19.
- Bybee, R. W. (2009). The BSCS 5E Instructional Model and 21ST Century Skills. Retrieved from



[https://sites.nationalacademies.org/cs/groups/dbassesite/documents/webpage/dbasse\\_073327.pdf](https://sites.nationalacademies.org/cs/groups/dbassesite/documents/webpage/dbasse_073327.pdf)

- Carmody, E. (2016). The Immediate Value of STEM Education. Retrieved from <http://www.stemvillage.com/the-immediate-value-of-stem-education/>
- Catherine, S. (2012). An investigation of science, technology, engineering and mathematics (STEM) focused high schools in the U.S. *Journal of STEM education*, 73(5), 30-39.
- Cavagnetto, A., & Hand, B. (2012). The importance of embedding argument within science Classrooms. Retrieved from [https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-94-007-2470-9\\_3](https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-94-007-2470-9_3)
- Chiu, J. L., & Linn, M. C. (2011). Knowledge Integration and Wise Engineering. *Journal of Pre-College Engineering Education Research*, 1(1).
- Choi, A. (2010, May). Argument Structure in the Science Writing Heuristic (SWH) Approach. *Journal of The Korean Association for Science Education*, 30(3), 323-336.
- Collier, M. (1991). Conflict Competence within, Mexican, and Anglo American Friendships *Cross-Culture Communication* (pp. 132-154).
- Council, N. R. (2012). A Framework for K-12 Science Education: Practices, Crosscutting Concepts, and Core Ideas. Retrieved from [http://www.nap.edu/catalog.php?record\\_id=13165](http://www.nap.edu/catalog.php?record_id=13165)
- Creswell, J. W., & Clark, V. L. P. (2007). *Designing and conducting mixed methods research*. California: Sage Publications.
- Davis, E. A. (2000). Scaffolding students' knowledge integration: prompts for reflection in KIE. Retrieved from <https://doi.org/10.1080/095006900412293>
- Davis, E. A. (2003). Knowledge Integration in Science Teaching: Analyzing Teachers' Knowledge Development. *Research in Science Education*, 34, 21–53.
- Dawson, V. M., & Venville, G. (2010). Teaching Strategies for Developing Students' Argumentation Skills About Socioscientific Issues in High School Genetics. *Journal of Research in Science Education*, 40, 133-148.

- Gagel, C. W. (1997). Literacy and Technology: Reflections and Insights of Technological Literacy. *Journal of Industrial Teacher Education*, 34(3), 6-34.
- Glazewski, K., & Ertmer, P. A. (2010). Foster socio-scientific reasoning in problem-based Learning : Examining teacher practice. *International Journal of Learning*, 16(12), 269-282.
- Good, C. V., & Kappa, P. D. (1973). *Dictionary of Education* (3 rd ed). New York: McGraw-Hill.
- Hake, R. R. (1998). Interactive-engagement versus traditional methods: A six-thousand-student survey of mechanics test data for introductory physics courses. *American Journal of Physics*, 66. Retrieved from <https://doi.org/10.1119/1.18809>
- Hand, B., & Choi, A. (2010). Examining the Impact of Student Use Of Multiple Modal Representations in Constructing Arguments in Organic Chemistry Laboratory Classes. *Journal of Research in Science Education*, 40, 29-44.
- Hassan, S. A. H. S., Mohd-Yusof, K., Abu, M. S., Mohammad, S., & Mohammad, S. (2011). An Instrument to Assess Students' Engineering Problem Solving Ability in Cooperative Problem-based Learning (CPBL). Retrieved from [https://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/42555179/AN\\_INSTRUMENT\\_TO\\_ASSESS](https://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/42555179/AN_INSTRUMENT_TO_ASSESS)
- Herschbach, D. R. (2011). The STEM Initiative: Constrains and Challenges. *Journal of STEM Teacher Education*, 48(1), 96-122.
- Heywood, J. (1993). Engineering Literacy for Non-Engineers K-12: A Curriculum Conundrum for the Engineering Profession. Retrieved from <https://ieeexplore.ieee.org/document/405450>
- Honey, M., Pearson, G., & Schweingruber, H. (2014). STEM Integration in K-12 Education: Status, Prospects, and an Agenda for Research. Retrieved from <http://nap.edu/18612>
- Howell, S. K. (1995). *A First Course in Engineering: Engineering Design and Problem Solving*. The Benjamin/Cummings Publishing Company, Inc.: United States.
- International technology education association. (2007). Standards for Technological

- Literacy: Content for the Study of Technology. Retrieved from <https://www.iteea.org/File.aspx?id=67767&v=b26b7852>
- Jamaludin, A., & Hung, D. (2017). Problem-solving for STEM learning: navigating games as narrativized problem spaces for 21st century competencies. Retrieved from <https://telrp.springeropen.com/track/pdf/10.1186/s41039-016-0038-0?site=telrp.springeropen.com>
- Janjua, N. K., & Hussain, F. K. (2013). Semantic information and knowledge integration through argumentative reasoning to support intelligent decision making. <https://www.researchgate.net/publication/255569311>
- Johnson, R. B., Onwuegbuzie, A. J., & Onwuegbuzie, A. (2004). Mixed methods research: A research paradigm whose time has come. Retrieved from <https://doi.org/10.3102/0013189X033007014>
- Jones, C. (2017). Innovative ideas: Thailand 4.0 and the fourth industrial revolution. Retrieved from [https://www.researchgate.net/publication/321337414\\_Innovative\\_ideas\\_Thailand\\_4\\_0\\_and\\_the\\_fourth\\_industrial\\_revolution](https://www.researchgate.net/publication/321337414_Innovative_ideas_Thailand_4_0_and_the_fourth_industrial_revolution)
- Joyce, B. R., & Weil, M. (1996). *Models of teaching* (5th ed). New Jersey: Prentice-Hall.
- Joyce, B. R., & Weil, M. (2000). *Model of teaching* (6th ed). New Jersey: Prentice-Hall.
- Kaniawati, D. S., & Suryadi.S. (2016). Integration of STEM Education In Learning Cycle 6E To Improve Problem Solving Skills on Direct Current Electricity. *International Conference on Mathematics Science and Education*, 3(1), 106-109.
- Katehi, L., Pearson, G., & Feder, M. (2009). The Status and Nature of K-12 Engineering Education in The United States. Retrieved from <https://www.nae.edu/16161/The-Status-and-Nature-of-K12-Engineering-Education-in-the-United-States>
- Khalil, N. M., & Osman, K. (2017, June-September). STEM-21CS Module: Fostering 21st Century Skills through Integrated STEM. *Journal of K-12 STEM Education*, 3(3), 225-233.
- Kim, M., Anthony, R., & Blades, D. (2012). Argumentation as a Tool to Understand

- Complexity of Knowledge Integration. Retrieved from  
[http://stem2012.bnu.edu.cn/data/long%20paper/stem2012\\_63.pdf](http://stem2012.bnu.edu.cn/data/long%20paper/stem2012_63.pdf)
- Lantz, H. B. (2009). Science, Technology, Engineering, and Mathematics (STEM) Education. Retrieved from  
<https://dornsife.usc.edu/assets/sites/1/docs/jep/STEMEducationArticle.pdf>
- Lederman, N. G., Abd-El-Khalick, F., Bell, R. L., & Schwartz, R. e. S. (2002). Views of Nature of Science Questionnaire: Toward Valid and Meaningful Assessment of Learners' Conceptions of Nature of Science. *Journal of Research in Science Teaching*, 39(6), 497-521.
- Lin, S.-S., & Mintzes, J. J. (2010). Learning argumentation skills through instruction in socioscientific issue: the effect of ability level. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 8(6), 993-1017. Retrieved from  
<https://link.springer.com/article/10.1007/s10763-010-9215-6>
- Linn, M. C., & Eylon, B.-S. (2011). *Science learning and instruction: Taking advantage of Technology to promote knowledge integration*. NewYork: Routledge.
- Linn, M. C., & Eylon, B. S. (2011). *Science learning and instruction: Taking advantage of Technology to promote knowledge integration*. NewYork: Routledge.
- Linn, M. C., Lee, J. H.-S., Tinker, R., Husic, F., & Chiu, J. L. (2006). Teaching and Assessing knowledge integration in science. Retrieved from  
<https://www.researchgate.net/publication/6856178>
- Llewellyn, D., & Rajesh, H. (2011, September). Fostering Argumentation Skills: Doing What Real Scientists Really Do. *Science Scope*, 35(1), 22-28. Retrieved from  
<https://eric.ed.gov/?id=EJ944038>
- Lou, S.-J., Shih, R.-C., Diez, C. R., & Tseng, K.-H. (2011). The impact of problem-based learning strategies on STEM knowledge integration and attitudes: an exploratory study among female Taiwanese senior high school students. *International Journal of Distance Education Technologies*, 21, 195–215.
- Lou, S.-J., Tsai, H.-Y., Tseng, K.-H., & Shih, R.-C. (2014, January-March). Effects of Implementing STEM-I Project-Based Learning Activities for Female High School

- Students. *International Journal of Distance Education Technologies*, 12(1), 52-73.
- Love, T. S., & Deck, A. (2015). The Ocean Platform Engineering design challenge. Retrieved from [https://s3.amazonaws.com/nstacontent/ss1503\\_33.pdf](https://s3.amazonaws.com/nstacontent/ss1503_33.pdf)
- Macagno, F., & Konstantinidou, A. (2012). What Students' Arguments Can Tell Us: Using Argumentation Schemes in Science Education. Retrieved from <https://link.springer.com/article/10.1007/s10503-012-9284-5>
- Marshall, M. M., Carrano, A. L., Dannels, W. A., & Dannels, W. A. (2016). Adapting Experiential Learning to Develop Problem-Solving Skills in Deaf and Hard-of-Hearing Engineering Students. *Journal of deaf studies and deaf education*, 21(4), 403-415.
- Maryland State Department of Education Office of STEM Initiatives. (2012). Maryland State STEM Standards of Practice Framework Grades 6-12. Retrieved from [http://mdk12.msde.maryland.gov/instruction/academies/MDSTEM\\_Framework\\_GradesK-5.pdf](http://mdk12.msde.maryland.gov/instruction/academies/MDSTEM_Framework_GradesK-5.pdf)
- Mathis, C. A., Siverling, E. A., Glancy, A. W., & Moore, T. J. (2015). Teachers' Use of Argumentation in the Development Of Integrated STEM Curricula (Fundamental) Retrieved from <https://www.asee.org/public/conferences/56/papers/12857/download>
- Mathis, C. A., Siverling, E. A., Glancy, A. W., & Moore, T. J. (2017). Teachers' Incorporation of Argumentation to Support Engineering Learning in STEM Integration Curricula. *Journal of Pre-College Engineering Education Research (J-PEER)*. 7(1), 76-89.
- McDonnell, L., & Mullally, M. (2016). Teaching Students How to Check Their Work While Solving Problems in Genetics. *Journal of College Science Teaching*, 46(1), 68-75.
- McNeill, K. L., & Krajcik, J. (2007). *Instructional strategies to support students writing scientific explanations*. Washington, DC:
- Morgan, J. R., Moon, A. M., & Barroso. (2013). *Engineering better projects*. In *STEM Project-Based Learning: An Integrated Science Technology Engineering and Mathematics Approach*. Paper presented at the STEM Project-Based Learning: An Integrated Science Technology Engineering and Mathematics Approach

Netherlands.

- Morrison, J. S. (2006). Ties STEM Education Monograph Series: Attributes of STEM Education. *Attributes of STEM Educational*, 1-7. Retrieved from [https://www.partnersforpubliced.org/uploadedFiles/TeachingandLearning/Career\\_and\\_Technical\\_Education/Attributes%20of%20STEM%20Education%20with%20Cover%20%20.pdf](https://www.partnersforpubliced.org/uploadedFiles/TeachingandLearning/Career_and_Technical_Education/Attributes%20of%20STEM%20Education%20with%20Cover%20%20.pdf)
- National Council of Teachers of Mathematics (NCTM). (1989). *Curriculum and Evaluation Standards for School Mathematics*. Reston VA: NCTM.
- National Research Council. (2011). *Successful K-12 STEM Education: Identifying Effective Approaches in Science, Technology, Engineering, and Mathematics*. Committee on Highly Successful Science Programs for K-12 Science Education. Washington, DC: The National Academies Press.
- National Research Council. (2012). A Framework for K-12 Science Education: Practices Crosscutting Concepts, and Core Ideas. Retrieved from [http://www.nap.edu/catalog.php?record\\_id=13165](http://www.nap.edu/catalog.php?record_id=13165)
- National Research Council. (2013). Appendix F–Science and Engineering Practices in the NGSS. Retrieved from <http://www.nextgenscience.org/sites/default/files/Appendix%20F%20%20Science%20and%20Engineering%20Practices%20in%20the%20NGSS%20-%20FINAL%20060513.pdf>
- NRC. (2013). The Standards Arranged by Disciplinary Core Ideas and by Topics. [http://epsc.wustl.edu/seismology/book/presentations/2014\\_Promotion/NGSS\\_2013.pdf](http://epsc.wustl.edu/seismology/book/presentations/2014_Promotion/NGSS_2013.pdf)
- Osborne, J., Erduran, S., & Simon, S. (2004). Enhancing the quality of argumentation in school science. *Journal of Research in Science Teaching*, 41(10). Retrieved from <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/tea.20035>
- Osborne, J. F., & Patterson, A. (2011, July). Scientific Argument and Explanation: A Necessary Distinction? *Science Education*, 95(4), 627-638.
- Phillips, J. A., McCallum, J. E., Clemmer, K. W., & Zachariah, T. M. (2016). A Problem-

- Solving Framework to Assist Students and Teachers in STEM Courses. Retrieved from [https://learningcenter.nsta.org/resource/?id=10.2505/4/jcst17\\_046\\_04\\_33](https://learningcenter.nsta.org/resource/?id=10.2505/4/jcst17_046_04_33)
- Richard, A. (1997). *Classroom Instruction and Management*. New York: McGraw-Hill.
- Richard, B. M., Christina, C., & Vinesh, C. (2012). STEM futures and practice, can we teach STEM in a more meaningful and integrated way? . Retrieved from [https://www.researchgate.net/publication/283288868\\_STEM\\_futures\\_and\\_practice\\_can\\_we\\_teach\\_STEM\\_in\\_a\\_more\\_meaningful\\_and\\_integrated\\_way](https://www.researchgate.net/publication/283288868_STEM_futures_and_practice_can_we_teach_STEM_in_a_more_meaningful_and_integrated_way)
- Rosicka, C. (2016). Translating STEM education research into practice. [https://research.acer.edu.au/cgi/viewcontent.cgi?article=1010&context=professional\\_dev](https://research.acer.edu.au/cgi/viewcontent.cgi?article=1010&context=professional_dev)
- Ruben, B. D., & Stewart, I. P. (1998). *Communication and Human Behavior*. Massachusetts: Allyn & Bacon.
- Sampson, V., & Blanchard, M. R. (2012). Science teachers and scientific argumentation: Trends in views and practice. *Research in Science Teaching*, 49(9). Retrieved from <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/tea.21037>
- Sampson, V., & Clark, D. B. (2008). Assessment of the ways students generate arguments in science education: Current perspectives and recommendations for future directions. Retrieved from <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/sce.20276>
- Sanders, M. (2012). Integrative STEM Education As “Best Practice”. Retrieved from <https://slideplayer.com/slide/4750041/>
- Siew, N. M. (2017). Integrating STEM in an Engineering Design Process: The Learning Experience of Rural Secondary School Students in an Outreach Challenge Program. *Journal of Baltic Science Education*, 15(4), 447-493.
- Siew, N. M., Goh, H., & Sulaiman, F. (2016). Integrating STEM in an Engineering Design Process: The Learning Experience of Rural Secondary School Students in an Outreach Challenge Program. *Journal of Baltic Science Education*, 15(4), 447-493.
- Silk, E. M., & Schunn, C. A Cognitive Perspective on Integrated STEM Learning. Retrieved from

[http://www.academia.edu/19387529/A\\_cognitive\\_perspective\\_on\\_integrated\\_STE\\_M\\_learning](http://www.academia.edu/19387529/A_cognitive_perspective_on_integrated_STE_M_learning)

Singh, S., Singh, A., & Singh, K. (2012). Education Systems and Academic Satisfaction: A Study on Rural and Urban Students of Traditional vs Open Education System in India. Retrieved from <https://eric.ed.gov/?id=EJ997829>

Smyrniou, Z., Petropoulou, E., & Sotiriou, M. (2015). Applying Argumentation Approach in STEM Education: A Case Study of the European Student Parliaments Project in Greece. *Educational Research*, 3(12), 1618-1628.

Tempich, C., Studer, R., Simperl, E., Luczak, M., & Pinto, H. S. (2007). Argumentation-Based Ontology Engineering. Retrieved from <https://sites.ualberta.ca/~reformat/ece720w2012/papers/IEEEXplore-10.pdf>

Training, D. o. E. a. (2017). STEM Framework for Flemish Schools Principles and Objectives. Retrieved from [www.onderwijs.vlaanderen.be](http://www.onderwijs.vlaanderen.be)

Vasquez, J. A., Comer, M., & Sneider, C. (2013). *STEM Lesson Essentials, Grades 3-8 Integrating Science, Technology, Engineering, and Mathematics*. Portsmouth: Heinemann.

กฤษลดา ชูสินคุณาวุฒิ. (2557, กันยายน-ตุลาคม). รอบรู้เทคโนโลยี กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม คืออะไร? นิตยสาร สสวท., 42(190), 37-41.

กองบริหารงานวิจัยและประกันคุณภาพการศึกษา. (2559). พิมพ์เขียว Thailand 4.0 โมเดล ขับเคลื่อนประเทศไทยสู่ความมั่งคั่ง มั่นคง และยั่งยืน. สืบค้นจาก <http://www.libarts.up.ac.th/v2/img/Thailand-4.0.pdf>

กิตติชัย สุทธิสินโนบล. (2557). การศึกษาแบบสะเต็ม. *สารานุกรมศึกษาศาสตร์*, 42, 81-93.

กิติมา บัณฑิตวิไล, & สุเทพ ช่อมเจริญ. (2559). การพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนที่เสริมสร้างทักษะการให้เหตุผล การแก้ปัญหาและการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5. *วารสารวิชาการมหาวิทยาลัยศิลปากร ฉบับภาษาไทย สาขามนุษยศาสตร์ สังคมศาสตร์ และศิลปะ*, 9(3).

เกียรติชัย พงษ์พาณิชย์. (2560). อุดมศึกษาในระบบสะเต็ม. *ไทยโพสต์*. <http://csirsu.com/6275-2/>  
คณะกรรมการการสื่อสารมวลชน การวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสารสนเทศ สภานิติบัญญัติแห่งชาติ. (2558). รายงานข้อเสนอเชิงนโยบายสะเต็มศึกษา (STEM Education) นโยบาย



เชิงรุกเพื่อพัฒนาเยาวชนและกำลังคนด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์และ  
คณิตศาสตร์. สืบค้นจาก

<http://www.senate.go.th/w3c/senate/pictures/comm/1547/%E0%B8%82%E0%B9%89%>

คณะทำงานปฏิรูปด้านการศึกษาของที่ประชุมอธิการบดีแห่งประเทศไทย (ทปอ). (มปป). กรอบ  
แนวทางการปฏิรูปการศึกษาจากร่างแผนการปฏิรูปการศึกษา พ.ศ.2558 – 2564. สืบค้น  
จาก

[http://www.parliament.go.th/ewtcommittee/ewt/edu/download/article/article\\_20141127130525.pdf](http://www.parliament.go.th/ewtcommittee/ewt/edu/download/article/article_20141127130525.pdf)

คุณากร จำปาหอม. (2552). การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนกลุ่มสาระการเรียนรู้  
คณิตศาสตร์ เรื่อง ลำดับและอนุกรม ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 และความพึงพอใจของนักเรียน  
ต่อการสอนที่มีการจัดกลุ่มนักเรียนและเรียงลำดับเนื้อหาสาระต่างกัน. (วิทยานิพนธ์  
การศึกษามหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยมหาสารคาม, มหาสารคาม.

จรรยา ดาสา. (2560). การสืบเสาะวิทยาศาสตร์ในมาตรฐานการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ยุคใหม่ของ  
ประเทศสหรัฐอเมริกา. วารสารมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์., 8(2).

จารีพร ผลมูล. (2558). การพัฒนาหน่วยการเรียนรู้บูรณาการแบบ STEAM สำหรับนักเรียนชั้น  
มัธยมศึกษาปีที่ 3: กรณีศึกษา ชุมชนวังตะกอก จังหวัดชุมพร. (ปริญญาานิพนธ์การศึกษา  
มหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, กรุงเทพฯ.

จารุวรรณ เทวกุล. (2555). ความพึงพอใจในการจัดการเรียนการสอนของนักเรียนระดับ  
ประกาศนียบัตรวิชาชีพ ประเภทวิชาพาณิชยกรรม ชั้นปีที่ 1 ชั้นปีที่ 2 ชั้นปีที่ 3 วิทยาลัย  
อาชีวศึกษาฉะเชิงเทรา จังหวัดฉะเชิงเทรา (สารนิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัย  
ศรีนครินทรวิโรฒ, กรุงเทพฯ.

จรัส อินทลาภาพร. (2558). การพัฒนาหลักสูตรฝึกอบรม เพื่อเสริมสร้างความสามารถในการ  
จัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา สำหรับครูระดับประถมศึกษา. (ปริญญาานิพนธ์ปรัชญา  
ดุษฎีบัณฑิต). มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, กรุงเทพฯ.

จรัส อินทลาภาพร, มารุต พัฒนาผล, วิชัย วงษ์ใหญ่, & ศรีสมร พุ่มสะอาด. (2558, มกราคม-  
เมษายน). การศึกษาแนวทางการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาสำหรับผู้เรียนระดับ  
ประถมศึกษา. วารสารมหาวิทยาลัยศิลปากร ฉบับภาษาไทย สาขามนุษยศาสตร์

สังคมศาสตร์และศิลปะ, 8(1), 62-74.

จุฬารัตน์ ต่อหิรัญพฤกษ์. (2551). การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนนิเทศศาสตร์และความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่1 โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร (ฝ่ายมัธยม) ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการและสืบเสาะหาความรู้. (ปริญญานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, กรุงเทพฯ.

ฉวีวรรณ สีสม. (2555). การพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้โดยใช้สมองเป็นฐานในหน่วยการเรียนรู้วิชาเคมีทั่วไปสำหรับนักศึกษาสถาบันการพลศึกษา. (ปริญญานิพนธ์การศึกษาดุษฎีบัณฑิต). มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, กรุงเทพฯ.

ชฎานนท์ คันทมาตย์, & มณฑา ชุ่มสุคนธ์. (2561). การพัฒนาทักษะการแก้ปัญหาและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรายวิชา ส22106 สังคมศึกษา 4 โดยการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับแหล่งเรียนรู้ในชุมชนภายใต้แนวคิดสะเต็มศึกษาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2. วารสารวิชาการแพรวกาฟ้าสีนรุ มหวิทยาลัยกาฟ้าสีนรุ, 5(1).

ชัยวัฒน์ สุวิชัย. (2559). แนวคิดแบบวิศวกรรมศาสตร์. สืบค้นจาก <https://siamrath.co.th/n/6787>

ชุมชัย, พ., & คำเพ็ง, ส. (2559). ประสิทธิภาพของรูปแบบการจัดการเรียนการสอนโดยใช้ปัญหาเป็นหลักด้านชีวอนามัยต่อผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้ทักษะการแก้ปัญหาการทำงานเป็นทีม และความพึงพอใจของนักศึกษาพยาบาล วารสารการพยาบาลและการศึกษา, 9(4), 64.

ฐิติยา เนตรวงษ์. (2559). การพัฒนาทักษะการแก้ปัญหาด้วยการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการตามแนวสะเต็มศึกษา. วารสารวิจัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี, 15(2).

ณัฐพัชญ์ เสริมสุข, ศศิเทพ ปิติพรเทพิน, & อุทัยวรรณ โกวิทวาที. (2558). การพัฒนาทักษะการโต้แย้งของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 หัวข้อชีวิตกับสิ่งแวดล้อมโดยการจัดการเรียนรู้โดยใช้ประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวเนื่องกับวิทยาศาสตร์. ใน การประชุมวิชาการระดับชาติ มหาวิทยาลัยรังสิต ประจำปี 2558 วันที่ 24 เมษายน 2558 (pp. 1348-1355). มหาวิทยาลัยรังสิต.

ดวงพร อิมแสงจันทร์. (2555, พฤษภาคม-สิงหาคม). การพัฒนาผลการเรียนรู้ เรื่อง หลักปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียงกับการพัฒนาเศรษฐกิจของประเทศและความสามารถในการแก้ปัญหาตามขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบโครงการของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5. วารสารวิชาการ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร., 5(2), 305-321.

เตชต์ เรืองธรรม. (2559). SWH การเขียนทางวิทยาศาสตร์. นิตยสาร สสวท, 45(203).

ทีศนา แชมมณี. (2554). ศาสตร์การสอน: องค์ความรู้เพื่อการจัดกระบวนการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพ (พิมพ์ครั้งที่ 15). กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ทีศนา แชมมณี. (2555). ศาสตร์การสอน: องค์ความรู้เพื่อการจัดกระบวนการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพ (พิมพ์ครั้งที่ 15). กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ธนาคารโลกภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงและแปซิฟิก. (2554). รายงานระดับภูมิภาค ภาพรวมการอุดมศึกษาที่เอื้อต่อการพัฒนาทักษะและงานวิจัยเพื่อขับเคลื่อนการเติบโตทางเศรษฐกิจในเอเชียตะวันออกเฉียง สืบค้นจาก

<http://documents.worldbank.org/curated/en/842001468025505039/pdf/649520THAI0PUB0ox370053B0HighEdTHAI.pdf>

ธวัช ชิตตระการ. (2555). การพัฒนาระบบการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และนวัตกรรมผ่านโปรแกรม STEM, การประชุมคณบดีวิทยาศาสตร์แห่งประเทศไทย ครั้งที่ 6/2555 วันที่ 15 ธันวาคม 2555.

ธีรภา ไชยเดช, สกนธ์ชัย ชะนูนันท์, & วิภารัตน์ เชื้อขวด ชัยสิทธิ์. (2560). การพัฒนาสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิจัยเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง เชื้อเพลิงซากดึกดำบรรพ์และผลิตภัณฑ์. วารสารหน่วยวิจัยวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสิ่งแวดล้อมเพื่อการเรียนรู้, 16(4).

นพเก้า ณ พัทลุง. (2552). การพัฒนาหน่วยการเรียนรู้ท้องถิ่น: โรงเรียนในจังหวัดพัทลุง. สงขลา:

นฤมาน นายะสุนทร. (2545). ความพึงพอใจในการจัดการเรียนการสอนสาขาเลขานุการของนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง วิทยาลัยเทคนิคราชบุรี บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, กรุงเทพฯ. (สารนิพนธ์ กศ.ม. (ธุรกิจศึกษา)).

นัสนรินทร์ ปือชา. (2558). ผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา (STEM Education) ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา ความสามารถในการแก้ปัญหาและความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5. (วิทยานิพนธ์ศึกษาศาสตร์มหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, สงขลา.

นุรอาซีกิน สาและ, ณัฐินี โมพันธ์, & มัยดี แวดราแมคคู. (2560, มกราคม-มิถุนายน). ผลของการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมีความสามารถในการคิดวิเคราะห์ และความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้

ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4. วารสารมหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์, 4(1), 42-53.

บุญชม ศรีสะอาด. (2545). การวิจัยเบื้องต้น (Vol. 9). กรุงเทพฯ: สุวีริยาสาส์น.

- บุญเลี้ยง ทุมทอง. (2556). ทฤษฎีและการพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้. กรุงเทพฯ: เอส.พรินติ้ง ไทยแพคคอรี่.
- เบญญาภา คงมาลัย, & ศรเนตร อารีโสภณพิเชษฐ. (2558). การพัฒนาสมรรถนะการจัดการความรู้ของ นิสิตนักศึกษาในระดับอุดมศึกษาในศตวรรษที่ 21. วารสารครุศาสตร์, 42(1).
- พรทิพย์ ศิริภัทราชัย. (2556, เมษายน-มิถุนายน). STEM Education กับการพัฒนาทักษะในศตวรรษ ที่ 21. วารสารนักบริหาร, 33(2), 49-56.
- พรหทัย ตันทีจิตานนท์, & พีระ จุ๋นน้อยสุวรรณ. (2556). รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการ ศาสตร์ที่เหมาะสมในการพัฒนาบัณฑิตรุ่นใหม่ วารสารวิชาการวิจัย มทร.พระนคร ฉบับ พิเศษ การประชุมวิชาการมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ครั้งที่ 5, 182-192.
- พัชรี ศรีสังข์. (2551). การพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้วิชาจิตวิทยาสังคมโดยใช้ชุมชนและ ประสบการณ์เป็นฐานเพื่อเสริมสร้างคุณลักษณะของบัณฑิตที่พึงประสงค์. (ปริญญาานิพนธ์ การศึกษาดุษฎีบัณฑิต). มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, กรุงเทพฯ.
- พัชรีวรรณ คุณชื่น. (2552). การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่องค่าของเงินและการใช้จ่ายและ ความพึงพอใจต่อการเรียนของนักเรียนช่วงชั้นที่ 1 ที่มีความบกพร่องทางสติปัญญาในระดับ เล็กน้อยจากการสอนโดยใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์มัลติมีเดีย. (ปริญญาานิพนธ์การศึกษา มหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, กรุงเทพฯ.
- ไพยม จันทร์น้อย. (2560). บทความพิเศษ: การศึกษา 4.0. . สืบค้นจาก <http://www.manager.co.th/qol/viewnews.aspx?NewsID=9600000025195>
- มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี. (2559). มจร.ชูแนว'สะเต็มศึกษา'สร้างบัณฑิตนำ ความรู้วิทยาศาสตร์-เทคโนโลยีแก้ปัญหาพัฒนาประเทศ. ข่าวสด.
- มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนดุสิต. (พ.ศ.2556). สรุปรายงานการสัมมนาเรื่องการจัดการศึกษาแบบ บูรณาการด้วยวิธี STEM Education สืบค้นจาก [http://research.dusit.ac.th/new\\_ver/seminar/25-11-56.pdf](http://research.dusit.ac.th/new_ver/seminar/25-11-56.pdf)
- ยงยุทธ แฉล้มวงษ์. (2560). ตลาดแรงงานกับการพัฒนาประเทศไทยแลนด์ 4.0. สืบค้นจาก <http://mt.rmutsv.ac.th/sites/default/files>
- ยุทธ ไกยวรรณ. (2555). หลักสถิติวิจัยและการใช้โปรแกรม SPSS. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่ง จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- รักษพล ธนาณรงค์. (2013). รายงานสรุปการอบรมเชิงปฏิบัติการ STEM Education: สถาบันส่งเสริม การสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.

- รุ่งนภา เบญจมาตย์. (2551). การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่เรียนโดยใช้ชุดกิจกรรมวิทยาศาสตร์บูรณาการ. (สารนิพนธ์ การศึกษามหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, กรุงเทพฯ.
- ล้วน สายยศ, & อังคณา สายยศ. (2538). เทคนิคการวิจัยทางการศึกษา (Vol. พิมพ์ครั้งที่ 5). กรุงเทพฯ: สุวีริยาสาส์น.
- ล้วน สายยศ, & อังคณา สายยศ. (2542). การวัดด้านจิตพิสัย. กรุงเทพฯ: สุวีริยาสาส์น.
- ล้วน สายยศ, & อังคณา สายยศ. (2553). เทคนิคการวัดและประเมินผลการเรียนรู้. กรุงเทพฯ: สุวีริยาสาส์น.
- วัลนิกา ฉลากบาง. (2560, พฤษภาคม-สิงหาคม). การวิจัยแบบผสมผสาน. วารสารมหาวิทยาลัยนครพนม, 7(2), 124-132.
- วิเศษ ชิดวงศ์. (2544). การจัดการเรียนการสอนแบบบูรณาการ. วารสารวิชาการ 4(10), 27-33.
- เวชฤทธิ์ อังกนะภัทรขจร. (2551). การพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้แบบการสอนแนะให้รู้คิด (CGI) ที่ใช้ทักษะการให้เหตุผลและการเชื่อมโยงโดยบูรณาการสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ เรื่อง การวิเคราะห์ข้อมูลกับสิ่งแวดล้อมศึกษาสำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6. (ปริญญาานิพนธ์การศึกษาดุษฎีบัณฑิต). มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, กรุงเทพฯ.
- ศารทูล อารีวรวิทย์กุล. (2554). การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์และความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการและการจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือ. (ปริญญาานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, กรุงเทพฯ.
- ศิริพร ครุฑกาศ, อัจฉรา ไชยูปถัมภ์, & วัลลภา เทพหัสดิน ณ อยุธยา. (2558). การวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันของทักษะการแก้ปัญหาในนักศึกษาวิทยาลัยพยาบาล สังกัดสถาบันพระบรมราชชนก. วารสารวิจัยทางวิทยาศาสตร์สุขภาพ, 9(2).
- สถาบันวิจัยเพื่อพัฒนาประเทศไทย. (2557). การจัดทำยุทธศาสตร์ปฏิรูปการศึกษาขั้นพื้นฐานให้เกิดความรับผิดชอบ. กรุงเทพฯ: สถาบันวิจัยเพื่อการพัฒนาประเทศไทย.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2556). พจนานุกรมศัพท์วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี ฉบับอิเล็กทรอนิกส์. สืบค้นจาก [http://escivocab.ipst.ac.th/index.php?option=com\\_evocab&view=detail&no=4000](http://escivocab.ipst.ac.th/index.php?option=com_evocab&view=detail&no=4000)
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2557). สะเต็มศึกษา (STEM Education).

- กรุงเทพฯ: สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2558). ความรู้เบื้องต้นสะเต็ม. กรุงเทพฯ: สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.
- สนธิ พลชัยยา. (2557, กรกฎาคม-สิงหาคม). สะเต็มศึกษากับการคิดขั้นสูง. นิตยสาร สสวท, 42(189), 7-10.
- สมหวัง พิธิยานุวัฒน์. (2544). วิธีวิทยาการประเมินทางการศึกษา. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- สมาคมพิสิทส์ไทย. (2551, กันยายน-พฤศจิกายน). เวลาเปลี่ยน.คะแนนพิสิทส์เธอเปลี่ยนข้างกระไรใครหนอใครทำ? (ผลการเรียนพิสิทส์ระดับมหาวิทยาลัย ชั้นปีที่ 1 ในช่วงการเปลี่ยนแปลงระบบการรับเข้าศึกษาต่อในมหาวิทยาลัย). วารสารพิสิทส์ไทย, 25, 19-24.
- สันติชัย อนุวรชัย. (2557, กรกฎาคม-ธันวาคม). การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้วยการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์. วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช, 7(2).
- สาโรจน์ ไสยสมบัติ. (2534). ความพึงพอใจในการทำงานของครูอาจารย์ในโรงเรียนมัธยมศึกษาสังกัดกรมสามัญศึกษา จังหวัดร้อยเอ็ด. (ปริญญานิพนธ์ศึกษาศาสตร์มหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยมหาสารคาม, มหาสารคาม.
- สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ. (2545). พระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ.2545. กรุงเทพฯ: พรินทวอนกราฟฟิค.
- สำนักงานราชบัณฑิตยสภา. (2555). พจนานุกรม ฉบับราชบัณฑิตยสถาน พ.ศ.2555. สืบค้นจาก <http://www.royin.go.th/dictionary/>
- สำนักวิชาการและมาตรฐานการศึกษา. (2551). ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลางกลุ่มสาระการเรียนรู้การงานอาชีพและเทคโนโลยี ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551. กรุงเทพฯ: ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย.
- สิปนนท์ เกตุทัต. (2543). ความผิดพลาดการศึกษาไทยเพราะหลงเน้นเรื่ององค์ความรู้ การศึกษาไทยในสถานการณ์โลก (พิมพ์ครั้งที่ 2). กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ดีแอลเอส.
- สิรินภา กิจเกื้อกูล. (2558a, เมษายน-มิถุนายน). สะเต็มศึกษา. วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร, 17(2), 201-207.
- สิรินภา กิจเกื้อกูล. (2558b, กรกฎาคม-กันยายน). สะเต็มศึกษา (ตอนที่ 2): การบูรณาการสะเต็มศึกษาสู่การจัดการเรียนรู้ในชั้นเรียน วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร, 17(3), 154-160.

- สุชีรา ภัทรายุควรตน์. (2548). คู่มือการวัดทางจิตวิทยา (พิมพ์ครั้งที่ 3). กรุงเทพฯ: เมติคัลมีเดีย.
- สุทธิดา จำรัส. (2560, กรกฎาคม-ธันวาคม). นิยามของสะเต็มศึกษาและลักษณะสำคัญของกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา. วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช, 10(2).
- สุธีระ ประเสริฐสุวรรณ. (2558). สะเต็มศึกษา: ความท้าทายใหม่ของการศึกษาไทย. สงขลา: นำศิลป์ โฆษณา.
- สุพรรณิชา ชาญประเสริฐ. (2558, มกราคม-กุมภาพันธ์). การออกแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษากับการพัฒนาทักษะในศตวรรษที่ 21. นิตยสาร สสวท, 192(43), 14-17.
- สุพัตรา โคตะวงค์. (2559). การส่งเสริมทักษะการทำงานเป็นทีมด้วยกิจกรรมการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนรู้แบบร่วมมือของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนชุมแพศึกษา. (ครุศาสตร์มหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม, มหาสารคาม.
- สุภัชฉาน ศรีเอี่ยม. (2556). อัตลักษณ์นิสิตนักศึกษาในสถาบันอุดมศึกษา. วารสารวิชาการ มหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเซีย, 2(2).
- สุน อมรวีวัฒน์. (2546). วิธีการเรียนรู้: คุณลักษณะที่คาดหวังในช่วงวัย. กรุงเทพฯ: บริษัทพริกหวานกราฟฟิค.
- สุรพล เย็นเจริญ. (2543). ความพึงพอใจต่อการเรียนวิชาอาชีพธุรกิจของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 และมัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนปทุมคงคา สังกัดกรมสามัญศึกษากรุงเทพมหานคร. (สารนิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, กรุงเทพฯ.
- สุระ วุฒิพรหม, & มานะ ชาติมนตรี. (2558, กรกฎาคม-ธันวาคม). การจัดการเรียนรู้แบบทำนายสังเกต อธิบาย เรื่องกลศาสตร์ของไหล. วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช., 8(2), 149-160.
- อภิสิทธิ์ ธงไชย. (2556, พฤศจิกายน-ธันวาคม). เทคโนโลยีและวิศวกรรมคืออะไรในสะเต็มศึกษา. นิตยสาร สสวท, 42(185).
- อภิสิทธิ์ ธงไชย. (2556). สะเต็มศึกษากับพัฒนาการศึกษาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์และคณิตศาสตร์ในประเทศสหรัฐอเมริกา. วารสารสมาคมครุวิทยาาสตร์ คณิตศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย., 19.
- อภิสิทธิ์ ธงไชย. (2559). ความสำคัญของวิศวกรรมในการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ในศตวรรษที่ 21. วารสารศึกษาศาสตร์ปริทัศน์, 31(3).
- อังสุรีย์ พันธุ์แก้ว. (2558). การพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนแบบ CLICK เพื่อส่งเสริม

- ความสามารถในการตกลึกทางปัญญา สำหรับนักศึกษาระดับปริญญาตรี สาขาการศึกษา  
ปฐมวัย (ปริญญาโททางการศึกษาดุษฎีบัณฑิต). มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, กรุงเทพฯ.  
อัจฉรา ไชยปฐมภัก. (2550). การพัฒนารูปแบบการพัฒนาทักษะทางสังคมสำหรับนิสิตนักศึกษา. (ครู  
ศาสตร์ดุษฎีบัณฑิต). จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.
- อาภรณ์ ใจเที่ยง. (2537). หลักการสอน. กรุงเทพฯ: โอเดียนสโตร์.
- อำพล พากษิต, มนตรี แยมกสิกร, & ทิพย์เกสร บุญอำไพ. (2559, พฤษภาคม-สิงหาคม). การ  
พัฒนารูปแบบการสอนเพื่อพัฒนาทักษะการแก้ปัญหาสำหรับนักเรียนโรงเรียนนายร้อยพระ  
จุลจอมเกล้า วารสารวิจัยและพัฒนา วไลยอลงกรณ์ ในระบมราชูปถัมภ์, 11(2).
- อุมาพร จารสมบัติ. (2557, พฤศจิกายน-ธันวาคม). โครงการ GLOBE กับสะเต็มศึกษา. นิตยสาร  
สสวท, 43(191), 16-19.
- อุมาพร จารสมบัติ. (2557). โครงการ GLOBE กับสะเต็มศึกษา. นิตยสาร สสวท, 191(43), 16-19.
- เอกภูมิ จันทร์ขันธ์. (2559, มกราคม-มิถุนายน). การจัดการเรียนการสอนเพื่อส่งเสริมทักษะการ  
โต้แย้งในชั้นเรียนวิทยาศาสตร์. วารสารมหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา, 11(1), 217-232.







ภาคผนวก ก  
รายนามผู้เชี่ยวชาญ

## รายนามผู้เชี่ยวชาญ

ประเมินความสอดคล้องรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาที่บูรณาการ การสร้างข้อโต้แย้ง (6E+A) เพื่อส่งเสริมทักษะการแก้ปัญหาทางสะเต็ม ประเมินความสอดคล้อง และความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้ของรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาที่ บูรณาการการสร้างข้อโต้แย้ง (6E+A) เพื่อส่งเสริมทักษะการแก้ปัญหาทางสะเต็ม และประเมิน ความสอดคล้องและความเหมาะสมของความพึงพอใจของนักศึกษาที่มีต่อการเรียนรู้ด้วยรูปแบบ การจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาที่บูรณาการการสร้างข้อโต้แย้ง(6E+A) เพื่อส่งเสริมทักษะการ แก้ปัญหาทางสะเต็ม

1. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เอกภูมิ จันทรวงศ์ คณะศึกษาศาสตร์  
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
2. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พิเชษฐ ศรีสังข์งาม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี  
มหาวิทยาลัยราชภัฏระนองศรีอยุธยา
3. อาจารย์ ดร.ธนศ สิ้นธุ์ประจิม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการประมง  
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย วิทยาเขตตรัง

ประเมินความสอดคล้องและความเหมาะสมของแบบประเมินทักษะการแก้ปัญหาทาง สะเต็ม และประเมินความสอดคล้องและความเหมาะสมของแบบวัดทักษะการแก้ปัญหาทางสะ เต็ม

1. รองศาสตราจารย์ ธีรวัฒน์ ประกอบผล คณะวิทยาศาสตร์  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
2. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุทธิดา จำรัส คณะศึกษาศาสตร์  
มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
3. ดร.อภิสิทธิ์ ธงไชย ผู้อำนวยการฝ่ายบริหารเครือข่ายและพัฒนาครู  
สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

ภาคผนวก ข

ผลการประเมินคุณภาพเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

- ผลการประเมินความสอดคล้องรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาที่บูรณาการ การสร้างข้อโต้แย้ง (6E+A) เพื่อส่งเสริมทักษะการแก้ปัญหาทางสะเต็ม โดยผู้เชี่ยวชาญ
- ผลการประเมินความสอดคล้องและความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้แบบสะ เต็มศึกษาที่บูรณาการการสร้างข้อโต้แย้ง (6E+A) เพื่อส่งเสริมทักษะการแก้ปัญหาทางสะเต็ม (โดยผู้เชี่ยวชาญ)
- ผลการประเมินความสอดคล้องและความเหมาะสมของนิยามศัพท์ของทักษะการ แก้ปัญหาทางสะเต็ม (โดยผู้เชี่ยวชาญ)
- ผลการประเมินความสอดคล้องและความเหมาะสมของเกณฑ์การให้คะแนนประเมิน กับตัวชี้วัดทักษะการแก้ปัญหาทางสะเต็ม (โดยผู้เชี่ยวชาญ)
- ผลการประเมินความสอดคล้องของข้อคำถามและตัวชี้วัดทักษะการแก้ปัญหาทางสะ เต็มในแบบวัดทักษะการแก้ปัญหาทางสะเต็ม (โดยผู้เชี่ยวชาญ)
- ผลการประเมินความสอดคล้องของแบบสอบถามความพึงพอใจ (โดยผู้เชี่ยวชาญ)

ข้อ ที่	รายการประเมิน	ผลการประเมินของ ผู้เชี่ยวชาญคนที่			IOC	ผลการ ประเมิน
		1	2	3		
1	รูปแบบการจัดการเรียนรู้มีความสอดคล้องกับการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา	0	+1	+1	0.67	สอดคล้อง
2	รูปแบบการจัดการเรียนรู้มีความสอดคล้องกับการเรียนรู้ที่ใช้การสืบเสาะหาความรู้	+1	+1	+1	1	สอดคล้อง
3	รูปแบบการจัดการเรียนรู้สามารถส่งเสริมให้ผู้เรียนสามารถบูรณาการแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี คณิตศาสตร์ วิศวกรรมศาสตร์และแนวคิดวิชาอื่น ๆ ที่เหมาะสมเพื่อตอบคำถามหรือสร้างวิธีการแก้ปัญหา	+1	+1	+1	1	สอดคล้อง
4	รูปแบบการจัดการเรียนรู้สามารถส่งเสริมให้ผู้เรียนสร้างข้อคิดเห็นหรือข้อโต้แย้งให้เหตุผลสนับสนุนข้อกล่าวอ้างและ/หรือข้อกล่าวอ้างที่ได้แย้ง	+1	+1	+1	1	สอดคล้อง
5	รูปแบบการจัดการเรียนรู้สามารถส่งเสริมให้ผู้เรียนทำการโต้แย้งเพื่อให้ได้มาซึ่งวิธีการแก้ปัญหาที่เหมาะสม	+1	+1	+1	1	สอดคล้อง
6	รูปแบบการจัดการเรียนรู้สามารถส่งเสริมผู้เรียนออกแบบวิธีการแก้ปัญหาที่หลากหลายผ่านกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม	0	+1	+1	0.67	สอดคล้อง

ภาพประกอบ 4 ผลการประเมินความสอดคล้องรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาที่บูรณาการการสร้างข้อโต้แย้ง (6E+A) เพื่อส่งเสริมทักษะการแก้ปัญหาทางสะเต็ม  
(โดยผู้เชี่ยวชาญ)

ข้อ ที่	รายการประเมิน	ผลการประเมินของ ผู้เชี่ยวชาญคนที่			IOC	ผลการ ประเมิน
		1	2	3		
7	รูปแบบการจัดการเรียนรู้สามารถส่งเสริม ผู้เรียนให้มีทักษะการแก้ปัญหาทางสะ เต็ม	+1	+1	+1	1	สอดคล้อง
8	รูปแบบการจัดการเรียนรู้มีลำดับขั้นตอน ต่อเนื่อง	+1	0	+1	0.67	สอดคล้อง
9	รูปแบบการจัดการเรียนรู้มีการให้คำ นิยามความหมายและบทบาทที่ชัดเจน	+1	+1	+1	+1	สอดคล้อง
10	รูปแบบการจัดการเรียนรู้สามารถปฏิบัติ ได้จริงในชั้นเรียน	1	0	1	0.67	สอดคล้อง

ภาพประกอบ 4 (ต่อ)



ตาราง แสดงผลการประเมินความสอดคล้องและความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาที่บูรณาการการสร้างข้อโต้แย้ง (6E+A) เพื่อส่งเสริมทักษะการแก้ปัญหาทางสะเต็ม โดยผู้เชี่ยวชาญ

ข้อ ที่	รายการประเมิน	ผลการประเมินของ ผู้เชี่ยวชาญคนที่			IOC	ผลการ ประเมิน
		1	2	3		
<b>แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 สไลด์เดอร์ส่งของ</b>						
<b>ส่วนที่ 1 : ประเมินความสอดคล้องของแผนการจัดการเรียนรู้ ๙</b>						
1	สาระการเรียนรู้เหมาะสมกับตัวชี้วัดทักษะการแก้ปัญหาทางสะเต็ม	+1	+1	+1	1	สอดคล้อง
2	จุดประสงค์การเรียนรู้พัฒนาผู้เรียนครอบคลุมตัวชี้วัดทักษะการแก้ปัญหาทางสะเต็ม	+1	+1	+1	1	สอดคล้อง
3	จุดประสงค์การเรียนรู้มีความสอดคล้องกับกิจกรรมการเรียนรู้	+1	+1	+1	1	สอดคล้อง
4	กิจกรรมการเรียนรู้ส่งเสริม พัฒนาทักษะการแก้ปัญหาทางสะเต็มของผู้เรียน	+1	+1	+1	1	สอดคล้อง
5	กิจกรรมการเรียนรู้มีความสอดคล้องกับรูปแบบสะเต็มศึกษาที่บูรณาการการสร้างข้อโต้แย้ง (6E+A)	+1	0	+1	0.67	สอดคล้อง
6	สื่อการเรียนรู้สอดคล้องกับสาระการเรียนรู้และกิจกรรมการเรียนรู้	+1	+1	+1	1	สอดคล้อง
7	กิจกรรมการเรียนรู้ส่งเสริมให้ผู้เรียนได้ปฏิบัติจริงและสรุปสร้างองค์ความรู้ได้ด้วยตนเอง	+1	+1	+1	1	สอดคล้อง
8	วิธีการวัดและประเมินผลการเรียนรู้มีความสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	+1	0	+1	0.67	สอดคล้อง
9	ใบกิจกรรมสอดคล้องกับกิจกรรมการจัดการเรียนรู้	+1	+1	+1	1	สอดคล้อง

ภาพประกอบ 5 ผลการประเมินความสอดคล้องและความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาที่บูรณาการการสร้างข้อโต้แย้ง (6E+A) เพื่อส่งเสริมทักษะการแก้ปัญหาทางสะเต็ม (โดยผู้เชี่ยวชาญ)

ข้อ ที่	รายการประเมิน	ผลการประเมินของ ผู้เชี่ยวชาญคนที่			$\bar{X}$	แปลผล
		1	2	3		
<b>แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 สไลด์เตอร์ส่งของ</b>						
<b>ส่วนที่ 2 : ประเมินความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้ ฯ</b>						
1	สาระสำคัญ	4	4	3	3.67	มาก
2	จุดประสงค์การเรียนรู้	2	3	5	3.33	ปานกลาง
3	กิจกรรมการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษาที่บูรณาการการสร้างข้อโต้แย้ง (6E+A)					
	3.1 ชั้นสร้างความสนใจและตรวจสอบ ความรู้เดิม	4	3	4	3.67	มาก
	3.2 ชั้นสำรวจและค้นหา	3	5	4	4	มาก
	3.3 ชั้นอธิบายและลงข้อสรุป	4	4	4	4	มาก
	3.4 ชั้นการโต้แย้ง	3	4	4	3.67	มาก
	3.5 ชั้นการออกแบบและดำเนินการ แก้ปัญหา	4	3	5	4	มาก
	3.6 ชั้นขยายความรู้	4	4	4	4	มาก
	3.7 ชั้นประเมิน	3	4	4	3.67	มาก
4	วิธีการวัดและประเมินผลการเรียนรู้	3	3	3	3	ปานกลาง
5	สื่อการเรียนรู้/อุปกรณ์/ใบความรู้	3	4	3	3.33	ปานกลาง
6	ความเหมาะสมของแผนฯ ต่อการนำไปใช้ โดยภาพรวม	3	4	4	3.67	มาก

ภาพประกอบ 5 (ต่อ)



ข้อ ที่	รายการประเมิน	ผลการประเมินของ ผู้เชี่ยวชาญคนที่			IOC	ผลการ ประเมิน
		1	2	3		
<b>แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 กระเช้าลอยฟ้า</b>						
<b>ส่วนที่ 1 : ประเมินความสอดคล้องของแผนการจัดการเรียนรู้ ฯ</b>						
1	สาระการเรียนรู้เหมาะสมกับตัวชี้วัด ทักษะการแก้ปัญหาทางสะเต็ม	+1	+1	+1	1	สอดคล้อง
2	จุดประสงค์การเรียนรู้พัฒนาผู้เรียน ครอบคลุมตัวชี้วัดทักษะการแก้ปัญหา ทางสะเต็ม	+1	0	+1	0.67	สอดคล้อง
3	จุดประสงค์การเรียนรู้มีความสอดคล้อง กับกิจกรรมการเรียนรู้	+1	+1	0	0.67	สอดคล้อง
4	กิจกรรมการเรียนรู้ส่งเสริม พัฒนาทักษะ การแก้ปัญหาทางสะเต็มของผู้เรียน	+1	0	+1	0.67	สอดคล้อง
5	กิจกรรมการเรียนรู้มีความสอดคล้องกับ รูปแบบสะเต็มศึกษาที่บูรณาการการ สร้างข้อโต้แย้ง (6E+A)	0	+1	+1	0.67	สอดคล้อง
6	สื่อการเรียนรู้สอดคล้องกับสาระการ เรียนรู้และกิจกรรมการเรียนรู้	+1	+1	0	0.67	สอดคล้อง
7	กิจกรรมการเรียนรู้ส่งเสริมให้ผู้เรียนได้ ปฏิบัติจริงและสรุปสร้างองค์ความรู้ได้ ด้วยตนเอง	+1	+1	+1	1	สอดคล้อง
8	วิธีการวัดและประเมินผลการเรียนรู้มี ความสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	+1	0	+1	0.67	สอดคล้อง
9	ใบกิจกรรมสอดคล้องกับกิจกรรมการ จัดการเรียนรู้	0	+1	+1	0.67	สอดคล้อง

ภาพประกอบ 5 (ต่อ)

ข้อ ที่	รายการประเมิน	ผลการประเมินของ ผู้เชี่ยวชาญคนที่			$\bar{X}$	แปลผล
		1	2	3		
<b>แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 กระเช้าลอยฟ้า</b>						
<b>ส่วนที่ 2 : ประเมินความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้ ฯ</b>						
1	สาระสำคัญ	4	5	2	3.67	มาก
2	จุดประสงค์การเรียนรู้	3	5	4	4	มาก
3	กิจกรรมการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษาที่บูรณาการการสร้างข้อโต้แย้ง (6E+A)					
	3.1 ขั้นสร้างความสนใจและตรวจสอบ ความรู้เดิม	4	4	5	4.67	มากที่สุด
	3.2 ขั้นสำรวจและค้นหา	4	5	5	4.67	มากที่สุด
	3.3 ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป	4	5	4	4.33	มาก
	3.4 ขั้นการโต้แย้ง	3	5	5	4.33	มาก
	3.5 ขั้นการออกแบบและดำเนินการ แก้ปัญหา	4	4	3	3.67	มาก
	3.6 ขั้นขยายความรู้	5	5	3	4.33	มาก
	3.7 ขั้นประเมิน	4	4	4	4	มาก
4	วิธีการวัดและประเมินผลการเรียนรู้	4	4	4	4	มาก
5	สื่อการเรียนรู้/อุปกรณ์/ใบความรู้	4	4	3	3.67	มาก
6	ความเหมาะสมของแผนฯ ต่อการนำไปใช้ โดยภาพรวม	4	4	4	4	มาก

ภาพประกอบ 5 (ต่อ)

ข้อ ที่	รายการประเมิน	ผลการประเมินของ ผู้เชี่ยวชาญคนที่			IOC	ผลการ ประเมิน
		1	2	3		
<b>แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 ยกน้ำด้วยล้อและเพลา</b>						
<b>ส่วนที่ 1 : ประเมินความสอดคล้องของแผนการจัดการเรียนรู้ ฯ</b>						
1	สาระการเรียนรู้เหมาะสมกับตัวชี้วัด ทักษะการแก้ปัญหาทางสะเต็ม	0	+1	+1	0.67	สอดคล้อง
2	จุดประสงค์การเรียนรู้พัฒนาผู้เรียน ครอบคลุมตัวชี้วัดทักษะการแก้ปัญหา ทางสะเต็ม	0	+1	+1	0.67	สอดคล้อง
3	จุดประสงค์การเรียนรู้มีความสอดคล้อง กับกิจกรรมการเรียนรู้	0	+1	+1	0.67	สอดคล้อง
4	กิจกรรมการเรียนรู้ส่งเสริม พัฒนาทักษะ การแก้ปัญหาทางสะเต็มของผู้เรียน	+1	0	+1	0.67	สอดคล้อง
5	กิจกรรมการเรียนรู้มีความสอดคล้องกับ รูปแบบสะเต็มศึกษาที่บูรณาการการ สร้างข้อโต้แย้ง (6E+A)	0	+1	+1	0.67	สอดคล้อง
6	สื่อการเรียนรู้สอดคล้องกับสาระการ เรียนรู้และกิจกรรมการเรียนรู้	+1	+1	+1	1	สอดคล้อง
7	กิจกรรมการเรียนรู้ส่งเสริมให้ผู้เรียนได้ ปฏิบัติจริงและสรุปสร้างองค์ความรู้ได้ ด้วยตนเอง	0	+1	+1	0.67	สอดคล้อง
8	วิธีการวัดและประเมินผลการเรียนรู้มี ความสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	+1	0	+1	0.67	สอดคล้อง
9	ใบกิจกรรมสอดคล้องกับกิจกรรมการ จัดการเรียนรู้	+1	+1	+1	1	สอดคล้อง

ภาพประกอบ 5 (ต่อ)

ข้อ ที่	รายการประเมิน	ผลการประเมินของ ผู้เชี่ยวชาญคนที่			$\bar{X}$	แปลผล
		1	2	3		
<b>แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 ยกน้ำด้วยล้อและเพลลา</b>						
<b>ส่วนที่ 2 : ประเมินความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้ ๕</b>						
1	สาระสำคัญ	3	5	4	4	มาก
2	จุดประสงค์การเรียนรู้	3	5	4	4	มาก
3	กิจกรรมการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษาที่บูรณาการการสร้างข้อโต้แย้ง (6E+A)					
	3.1 ชั้นสร้างความสนใจและตรวจสอบ ความรู้อเดิม	4	4	5	4.33	มาก
	3.2 ชั้นสำรวจและค้นหา	3	5	5	4.33	มาก
	3.3 ชั้นอธิบายและลงข้อสรุป	3	5	4	4	มาก
	3.4 ชั้นการโต้แย้ง	3	5	5	4.33	มาก
	3.5 ชั้นการออกแบบและดำเนินการ แก้ปัญหา	3	4	4	3.67	มาก
	3.6 ชั้นขยายความรู้	3	5	4	4	มาก
	3.7 ชั้นประเมิน	3	4	4	3.67	มาก
4	วิธีการวัดและประเมินผลการเรียนรู้	3	4	4	3.67	มาก
5	สื่อการเรียนรู้/อุปกรณ์/ใบความรู้	3	5	3	3.67	มาก
6	ความเหมาะสมของแผนฯ ต่อการนำไปใช้ โดยภาพรวม	3	5	4	4	มาก

ภาพประกอบ 5 (ต่อ)

ข้อ ที่	รายการประเมิน	ผลการประเมินของ ผู้เชี่ยวชาญคนที่			IOC	ผลการ ประเมิน
		1	2	3		
<b>แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 การสร้างแบบจำลองแตรมโพลีน</b>						
<b>ส่วนที่ 1 : ประเมินความสอดคล้องของแผนการจัดการเรียนรู้ ฯ</b>						
1	สาระการเรียนรู้เหมาะสมกับตัวชี้วัด ทักษะการแก้ปัญหาทางสะเต็ม	+1	+1	0	0.67	สอดคล้อง
2	จุดประสงค์การเรียนรู้พัฒนาผู้เรียน ครอบคลุมตัวชี้วัดทักษะการแก้ปัญหา ทางสะเต็ม	0	+1	+1	0.67	สอดคล้อง
3	จุดประสงค์การเรียนรู้มีความสอดคล้อง กับกิจกรรมการเรียนรู้	+1	+1	+1	1	สอดคล้อง
4	กิจกรรมการเรียนรู้ส่งเสริม พัฒนาทักษะ การแก้ปัญหาทางสะเต็มของผู้เรียน	+1	+1	+1	1	สอดคล้อง
5	กิจกรรมการเรียนรู้มีความสอดคล้องกับ รูปแบบสะเต็มศึกษาที่บูรณาการการ สร้างข้อโต้แย้ง (6E+A)	+1	+1	+1	1	สอดคล้อง
6	สื่อการเรียนรู้สอดคล้องกับสาระการ เรียนรู้และกิจกรรมการเรียนรู้	+1	0	+1	0.67	สอดคล้อง
7	กิจกรรมการเรียนรู้ส่งเสริมให้ผู้เรียนได้ ปฏิบัติจริงและสรุปสร้างองค์ความรู้ได้ ด้วยตนเอง	+1	+1	+1	1	สอดคล้อง
8	วิธีการวัดและประเมินผลการเรียนรู้มี ความสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	+1	0	+1	0.67	สอดคล้อง
9	ไปกิจกรรมสอดคล้องกับกิจกรรมการ จัดการเรียนรู้	+1	+1	0	0.67	สอดคล้อง

ภาพประกอบ 5 (ต่อ)

ข้อ ที่	รายการประเมิน	ผลการประเมินของ ผู้เชี่ยวชาญคนที่			$\bar{X}$	แปลผล
		1	2	3		
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 การสร้างแบบจำลองแตรมโพลิน						
ส่วนที่ 2 : ประเมินความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้ ๙						
1	สาระสำคัญ	4	4	4	4	มาก
2	จุดประสงค์การเรียนรู้	2	4	5	3.67	มาก
3	กิจกรรมการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษาที่บูรณาการการสร้างข้อโต้แย้ง (6E+A)					
	3.1 ขั้นสร้างความสนใจและตรวจสอบ ความรู้เดิม	4	3	4	3.67	มาก
	3.2 ขั้นสำรวจและค้นหา	2	4	5	3.67	มาก
	3.3 ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป	4	4	3	3.67	มาก
	3.4 ขั้นการโต้แย้ง	4	4	4	4	มาก
	3.5 ขั้นการออกแบบและดำเนินการ แก้ปัญหา	4	3	4	3.67	มาก
	3.6 ขั้นขยายความรู้	3	4	5	4	มาก
	3.7 ขั้นประเมิน	3	3	4	3.33	ปานกลาง
4	วิธีการวัดและประเมินผลการเรียนรู้	3	3	4	3.33	ปานกลาง
5	สื่อการเรียนรู้/อุปกรณ์/ใบความรู้	3	3	3	3	ปานกลาง
6	ความเหมาะสมของแผนฯ ต่อการนำไปใช้ โดยภาพรวม	3	3	3	3	ปานกลาง

ภาพประกอบ 5 (ต่อ)

ส่วนที่ 1 : ประเมินความสอดคล้องของนิยามศัพท์ของทักษะการแก้ปัญหาทางสะเต็ม						
ตัวชี้วัด ที่	รายการประเมิน	ผลการประเมิน ของผู้เชี่ยวชาญคน ที่			IOC	ผลการ ประเมิน
		1	2	3		
1	การกำหนดประเด็นปัญหา	+1	+1	+1	1	สอดคล้อง
2	การบูรณาการแนวคิดทางสะเต็ม	+1	0	+1	0.67	สอดคล้อง
3	การสร้างข้อคิดเห็นหรือข้อโต้แย้ง	+1	+1	+1	1	สอดคล้อง
4	การให้เหตุผลในการเลือกวิธีการ แก้ปัญหา	+1	+1	+1	1	สอดคล้อง
5	การประเมินความเป็นไปได้ของวิธีการ แก้ปัญหา	+1	0	+1	0.67	สอดคล้อง
ส่วนที่ 2 : ประเมินความเหมาะสมของนิยามศัพท์ของทักษะการแก้ปัญหาทางสะเต็ม						
ตัวชี้วัด ที่	รายการประเมิน	ผลการประเมิน ของผู้เชี่ยวชาญคน ที่			$\bar{X}$	แปลผล
		1	2	3		
1	การกำหนดประเด็นปัญหา	5	4	4	4.33	เหมาะสมมาก
2	การบูรณาการแนวคิดทางสะเต็ม	5	2	4	3.67	เหมาะสมมาก
3	การสร้างข้อคิดเห็นหรือข้อโต้แย้ง	4	4	4	4	เหมาะสมมาก
4	การให้เหตุผลในการเลือกวิธีการ แก้ปัญหา	5	5	5	5	เหมาะสมมาก ที่สุด
5	การประเมินความเป็นไปได้ของวิธีการ แก้ปัญหา	5	3	4	4	เหมาะสมมาก

ภาพประกอบ 6 ผลการประเมินความสอดคล้องและความเหมาะสมของนิยามศัพท์ของทักษะการ  
แก้ปัญหาทางสะเต็ม (โดยผู้เชี่ยวชาญ)

ตาราง แสดงผลการประเมินความสอดคล้องและความเหมาะสมของเกณฑ์การให้คะแนนประเมินกับ  
ตัวชี้วัดทักษะการแก้ปัญหาทางสะเต็ม โดยผู้เชี่ยวชาญ

ตัวชี้วัดที่ 1 การตั้งคำถามหรือกำหนดประเด็นปัญหา										
ส่วนที่ 1 : ประเมินความสอดคล้องของเกณฑ์การให้ คะแนน						ส่วนที่ 2 : ประเมินความเหมาะสมของเกณฑ์การ ให้คะแนน				
ระดับ คะแนน	ผลการประเมินของ ผู้เชี่ยวชาญคนที่			IOC	ผลการ ประเมิน	ผลการประเมินของ ผู้เชี่ยวชาญคนที่			$\bar{X}$	แปลผล
	1	2	3			1	2	3		
3	+1	+1	+1	1	สอดคล้อง	5	4	5	4.67	เหมาะสมมาก ที่สุด
2	+1	+1	+1	1	สอดคล้อง	5	4	4	4.33	เหมาะสมมาก
1	+1	+1	+1	1	สอดคล้อง	5	4	4	4.33	เหมาะสมมาก
0	+1	+1	+1	1	สอดคล้อง	5	4	4	4.33	เหมาะสมมาก
ตัวชี้วัดที่ 2 การบูรณาการแนวคิดทางสะเต็ม										
ส่วนที่ 1 : ประเมินความสอดคล้องของเกณฑ์การให้ คะแนน						ส่วนที่ 2 : ประเมินความเหมาะสมของเกณฑ์การ ให้คะแนน				
ระดับ คะแนน	ผลการประเมินของ ผู้เชี่ยวชาญคนที่			IOC	ผลการ ประเมิน	ผลการประเมินของ ผู้เชี่ยวชาญคนที่			$\bar{X}$	แปลผล
	1	2	3			1	2	3		
3	+1	+1	+1	1	สอดคล้อง	5	5	4	4.67	เหมาะสมมาก ที่สุด
2	+1	+1	+1	1	สอดคล้อง	5	5	4	4.67	เหมาะสมมาก ที่สุด
1	+1	+1	+1	1	สอดคล้อง	5	4	4	4.33	เหมาะสมมาก
0	+1	+1	0	0.67	สอดคล้อง	5	4	3	4	เหมาะสมมาก

ภาพประกอบ 7 ผลการประเมินความสอดคล้องและความเหมาะสมของเกณฑ์การให้คะแนน  
ประเมินกับตัวชี้วัดทักษะการแก้ปัญหาทางสะเต็ม (โดยผู้เชี่ยวชาญ)



ตัวชี้วัดที่ 3 การสร้างข้อคิดเห็นหรือข้อโต้แย้ง											
ส่วนที่ 1 : ประเมินความสอดคล้องของเกณฑ์การให้คะแนน						ส่วนที่ 2 : ประเมินความเหมาะสมของเกณฑ์การให้คะแนน					
ระดับคะแนน	ผลการประเมินของผู้เชี่ยวชาญคนที่			IOC	ผลการประเมิน	ผลการประเมินของผู้เชี่ยวชาญคนที่			$\bar{X}$	แปลผล	
	1	2	3			1	2	3			
3	+1	+1	+1	1	สอดคล้อง	5	3	4	4	เหมาะสมมาก	
2	+1	+1	+1	1	สอดคล้อง	5	3	4	4	เหมาะสมมาก	
1	+1	+1	+1	1	สอดคล้อง	5	3	4	4	เหมาะสมมาก	
0	+1	+1	0	0.67	สอดคล้อง	5	3	3	3.67	เหมาะสมมาก	
ตัวชี้วัดที่ 4 การให้เหตุผลในการเลือกวิธีการแก้ปัญหา											
ส่วนที่ 1 : ประเมินความสอดคล้องของเกณฑ์การให้คะแนน						ส่วนที่ 2 : ประเมินความเหมาะสมของเกณฑ์การให้คะแนน					
ระดับคะแนน	ผลการประเมินของผู้เชี่ยวชาญคนที่			IOC	ผลการประเมิน	ผลการประเมินของผู้เชี่ยวชาญคนที่			$\bar{X}$	แปลผล	
	1	2	3			1	2	3			
3	+1	+1	+1	1	สอดคล้อง	5	4	4	4.33	เหมาะสมมาก	
2	+1	+1	+1	1	สอดคล้อง	5	4	4	4.33	เหมาะสมมาก	
1	+1	+1	+1	1	สอดคล้อง	5	4	5	4.67	เหมาะสมมากที่สุด	
0	+1	+1	0	0.67	สอดคล้อง	5	4	3	4	เหมาะสมมาก	

ภาพประกอบ 7 (ต่อ)

ตัวชี้วัดที่ 5 การประเมินความเป็นไปได้ของวิธีการแก้ปัญหา										
ส่วนที่ 1 : ประเมินความสอดคล้องของเกณฑ์การให้คะแนน						ส่วนที่ 2 : ประเมินความเหมาะสมของเกณฑ์การให้คะแนน				
ระดับคะแนน	ผลการประเมินของผู้เชี่ยวชาญคนที่			IOC	ผลการประเมิน	ผลการประเมินของผู้เชี่ยวชาญคนที่			$\bar{X}$	แปลผล
	1	2	3			1	2	3		
3	+1	+1	+1	1	สอดคล้อง	5	5	5	5	เหมาะสมมากที่สุด
2	+1	+1	+1	1	สอดคล้อง	5	4	5	4.67	เหมาะสมมากที่สุด
1	+1	+1	+1	1	สอดคล้อง	5	4	5	4.67	เหมาะสมมากที่สุด
0	+1	+1	0	0.67	สอดคล้อง	5	4	3	4	เหมาะสมมาก

ภาพประกอบ 7 (ต่อ)



สถานการณ์	ข้อ	ผลการประเมินของผู้เชี่ยวชาญคนที่			IOC	ผลการประเมิน
		1	2	3		
สถานการณ์ที่ 1 ส่งมั่งคุดจากเขา	1.1	+1	+1	+1	1	สอดคล้อง
	1.2	+1	+1	+1	1	สอดคล้อง
	1.3	+1	0	+1	1	สอดคล้อง
	1.4	+1	+1	+1	1	สอดคล้อง
	1.5	+1	+1	+1	1	สอดคล้อง
	1.6	+1	+1	+1	1	สอดคล้อง
สถานการณ์ที่ 2 หนังสือถึงกิงไกล	2.1	+1	+1	+1	1	สอดคล้อง
	2.2	+1	+1	+1	1	สอดคล้อง
	2.3	+1	0	+1	0.67	สอดคล้อง
	2.4	+1	+1	+1	1	สอดคล้อง
	2.5	+1	+1	+1	1	สอดคล้อง
	2.6	+1	+1	+1	1	สอดคล้อง
สถานการณ์ที่ 3 ฝ่าวิกฤตอุทกภัย	3.1	+1	+1	+1	1	สอดคล้อง
	3.2	+1	+1	+1	1	สอดคล้อง
	3.3	+1	0	+1	0.67	สอดคล้อง
	3.4	+1	+1	+1	1	สอดคล้อง
	3.5	+1	+1	+1	1	สอดคล้อง
	3.6	+1	+1	+1	1	สอดคล้อง
สถานการณ์ที่ 4 โกดังส่งของ	4.1	+1	+1	+1	1	สอดคล้อง
	4.2	+1	+1	+1	1	สอดคล้อง
	4.3	+1	0	+1	0.67	สอดคล้อง
	4.4	+1	+1	+1	1	สอดคล้อง
	4.5	+1	+1	+1	1	สอดคล้อง
	4.6	+1	+1	+1	1	สอดคล้อง

ภาพประกอบ 8 ผลการประเมินความสอดคล้องของข้อคำถามและตัวชี้วัดทักษะการแก้ปัญหาทาง  
สะเต็มในแบบวัดทักษะการแก้ปัญหาทางสะเต็ม (โดยผู้เชี่ยวชาญ)

สถานการณ์	ข้อ	ผลการประเมินของผู้เชี่ยวชาญคนที่			IOC	ผลการประเมิน
		1	2	3		
สถานการณ์ที่ 5 ชนอีฐุ-ชนปุ่น	5.1	+1	+1	+1	1	สอดคล้อง
	5.2	+1	+1	+1	1	สอดคล้อง
	5.3	+1	0	+1	0.67	สอดคล้อง
	5.4	+1	+1	+1	1	สอดคล้อง
	5.5	+1	+1	+1	1	สอดคล้อง
	5.6	+1	+1	+1	1	สอดคล้อง
สถานการณ์ที่ 6 พื้นห้องน้ำลีน	6.1	+1	+1	+1	1	สอดคล้อง
	6.2	+1	+1	+1	1	สอดคล้อง
	6.3	+1	0	+1	0.67	สอดคล้อง
	6.4	+1	+1	+1	1	สอดคล้อง
	6.5	+1	+1	+1	1	สอดคล้อง
	6.6	+1	+1	+1	1	สอดคล้อง

ภาพประกอบ 8 (ต่อ)



ข้อ ที่	รายการประเมิน	ผลการประเมินของ ผู้เชี่ยวชาญคนที่			IOC	ผลการ ประเมิน
		1	2	3		
<b>ประเมินความสอดคล้องของข้อคำถามในตอนที 2</b>						
<b>1. ด้านเนื้อหา</b>						
1.1	เนื้อหาที่เรียนตรงตามจุดประสงค์การเรียนรู้	+1	+1	+1	1	สอดคล้อง
1.2	เนื้อหาที่เรียนมีความน่าสนใจ สอดคล้องกับ สถานการณ์ปัจจุบันหรือบริบทรอบตัว	+1	+1	+1	1	สอดคล้อง
1.3	เนื้อหาที่เรียนส่งเสริมการบูรณาการความรู้ทาง วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยีและ วิศวกรรม	+1	+1	+1	1	สอดคล้อง
1.4	เนื้อหาที่เรียนเหมาะสมกับระยะเวลาที่กำหนด	+1	+1	+1	1	สอดคล้อง
1.5	เนื้อหาที่เรียนสามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้	+1	+1	+1	1	สอดคล้อง
<b>2. ด้านกิจกรรมการเรียนรู้</b>						
2.1	การจัดกิจกรรมการเรียนรู้มีการสร้างความสนใจ และตรวจสอบความรู้เดิมของผู้เรียน	+1	+1	+1	1	สอดคล้อง
2.2	การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ส่งเสริมผู้เรียนสร้าง องค์ความรู้ด้วยตนเอง ผ่านการเรียนรู้แบบ สืบเสาะ เช่น ค้นหาข้อมูล สืบเสาะตรวจสอบ ทำ การทดลอง แปรผลและสรุปผล ทำให้มีแนวคิด ทางวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้อง	+1	+1	+1	1	สอดคล้อง
2.3	การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ส่งเสริมผู้เรียนบูรณา การความรู้ทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยีและวิศวกรรม เพื่อสร้างวิธีการ แก้ปัญหาและสามารถประยุกต์ใช้กับ สถานการณ์อื่น ๆ ได้	+1	+1	+1	1	สอดคล้อง

ภาพประกอบ 9 ผลการประเมินความสอดคล้องของแบบสอบถามความพึงพอใจ(โดยผู้เชี่ยวชาญ)

ข้อ ที่	รายการประเมิน	ผลการประเมินของ ผู้เชี่ยวชาญคนที่			IOC	ผลการ ประเมิน
		1	2	3		
2.4	การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ส่งเสริมผู้เรียนภายใน กลุ่มสร้างข้อกล่าวอ้างจากข้อมูลหรือหลักฐาน ที่ แสดงถึงแนวทางการแก้ปัญหา และทำการ โต้แย้งเพื่อหาข้อสรุป คำตอบหรือวิธีการ แก้ปัญหาที่เหมาะสม	+1	+1	+1	1	สอดคล้อง
2.5	การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ส่งเสริมให้ผู้เรียนให้ เหตุผลในการเลือกวิธีการแก้ปัญหา บนพื้นฐาน การคิดเชิงเหตุและผล ทั้งด้านความคุ้มค่า หรือ ประโยชน์ที่ได้รับ	+1	+1	0	0.67	สอดคล้อง
2.6	การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ส่งเสริมผู้เรียนใช้ กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ในการ กำหนดปัญหา สืบค้นข้อมูลเพื่อนำมาสร้าง วิธีการแก้ปัญหา ดำเนินการสร้างและปรับปรุง ชิ้นงาน	+1	+1	+1	1	สอดคล้อง
2.7	การจัดกิจกรรมการเรียนรู้สอดคล้องกับ จุดประสงค์ เนื้อหา และการวัดผลประเมินผล	+1	+1	+1	1	สอดคล้อง
2.8	การจัดกิจกรรมการเรียนรู้มีความน่าสนใจ	+1	+1	+1	1	สอดคล้อง
2.9	การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ใช้สื่อประกอบการ เรียนการสอนที่หลากหลาย	+1	+1	+1	1	สอดคล้อง
<b>3. ด้านผู้สอน</b>						
3.1	ผู้สอนกระตุ้นความสนใจโดยจัดกิจกรรมหรือใช้ ตัวอย่างสถานการณ์ที่น่าสนใจ เพื่อทบทวน ความรู้เดิมของผู้เรียน	+1	+1	+1	1	สอดคล้อง
3.2	ผู้สอนใช้คำถาม หรือสถานการณ์ปัญหาที่เร้า ความสนใจของผู้เรียน	+1	+1	+1	1	สอดคล้อง
3.3	ผู้สอนนำประเด็นปัญหาจากสิ่งเกิดขึ้นใน ชีวิตประจำวันมาใช้ เพื่อให้ผู้เรียนร่วมกัน แก้ปัญหา	+1	+1	+1	1	สอดคล้อง

ข้อ ที่	รายการประเมิน	ผลการประเมินของ ผู้เชี่ยวชาญคนที่			IOC	ผลการ ประเมิน
		1	2	3		
3.4	ผู้สอนกระตุ้นให้ผู้เรียนศึกษาค้นคว้าหาความรู้ด้วยตนเอง	+1	+1	+1	1	สอดคล้อง
3.5	ผู้สอนใช้สื่อประกอบการสอนเพื่อให้ผู้เรียนสืบค้นเพื่อสร้างแนวคิด	+1	+1	+1	1	สอดคล้อง
3.6	ผู้สอนกระตุ้นให้ผู้เรียนคิดเป็น ทำเป็น แก้ปัญหาเป็น	+1	+1	+1	1	สอดคล้อง
3.7	ผู้สอนคอยให้คำแนะนำเมื่อผู้เรียนประสบปัญหา ระหว่างทำกิจกรรม	+1	+1	+1	1	สอดคล้อง
<b>4. ด้านบรรยากาศการเรียนรู้</b>						
4.1	การจัดการเรียนรู้ที่น่าสนใจ ทำให้ผู้เรียนอยากเข้าร่วมกิจกรรม	+1	+1	+1	1	สอดคล้อง
4.2	การจัดการเรียนรู้ช่วยให้บรรยากาศในการเรียนรู้สนุกสนานเป็นกันเองระหว่างเพื่อนในชั้นเรียน	+1	+1	+1	1	สอดคล้อง
4.3	การจัดการเรียนรู้ช่วยให้ผู้เรียนมีอิสระในการเรียนรู้	+1	+1	+1	1	สอดคล้อง
4.4	การจัดการเรียนรู้ช่วยให้ผู้เรียนกล้าแลกเปลี่ยนเรียนรู้/ความคิดเห็นกับเพื่อน	+1	+1	+1	1	สอดคล้อง
4.5	การจัดการเรียนรู้ช่วยให้ผู้เรียนเรียนรู้ด้วยความสุข	+1	+1	+1	1	สอดคล้อง
<b>5. ด้านการวัดและประเมินผล</b>						
5.1	มีการวัดผลและประเมินผลที่สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้และกิจกรรมการจัดการเรียนรู้	+1	+1	+1	1	สอดคล้อง
5.2	มีการประเมินพัฒนาการของผู้เรียนครอบคลุมทั้งความรู้ ทักษะและจิตพิสัย	+1	+1	+1	1	สอดคล้อง
5.3	มีการวัดผลก่อนและหลังเรียน	+1	+1	+1	1	สอดคล้อง
5.4	เครื่องมือวัดผลมีความง่ายเหมาะสม	+1	+1	0	0.67	สอดคล้อง
5.5	การประเมินผลครอบคลุมเนื้อหาที่เรียน	+1	+1	0	0.67	สอดคล้อง

ภาพประกอบ 9 (ต่อ)

ตาราง แสดงความเหมาะสมของแบบสอบถามความพึงพอใจ โดยผู้เชี่ยวชาญ

ข้อ ที่	รายการประเมิน	ผลการประเมินของ ผู้เชี่ยวชาญคนที่			$\bar{X}$	แปลผล
		1	2	3		
<b>ประเมินความเหมาะสมของข้อคำถามในตอนที 2</b>						
<b>1. ด้านเนื้อหา</b>						
1.1	เนื้อหาที่เรียนตรงตามจุดประสงค์การเรียนรู้	4	5	4	4.33	มาก
1.2	เนื้อหาที่เรียนมีความน่าสนใจ สอดคล้องกับ สถานการณ์ปัจจุบันหรือบริบทรอบตัว	4	5	4	4.33	มาก
1.3	เนื้อหาที่เรียนส่งเสริมการบูรณาการความรู้ทาง วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยีและ วิศวกรรม	4	5	5	4.67	มากที่สุด
1.4	เนื้อหาที่เรียนเหมาะสมกับระยะเวลาที่กำหนด	4	5	4	4.33	มาก
1.5	เนื้อหาที่เรียนสามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้	4	5	4	4.33	มาก
<b>2. ด้านกิจกรรมการเรียนรู้</b>						
2.1	การจัดกิจกรรมการเรียนรู้มีการสร้างความสนใจ และตรวจสอบความรู้เดิมของผู้เรียน	4	5	5	4.67	มากที่สุด
2.2	การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ส่งเสริมผู้เรียนสร้างองค์ ความรู้ด้วยตนเอง ผ่านการเรียนรู้แบบสืบเสาะ เช่น ค้นหาข้อมูล สืบค้นตรวจสอบ ทำการทดลอง แปรผลและสรุปผล ทำให้มีแนวคิดทาง วิทยาศาสตร์ที่ถูกต้อง	4	5	5	4.67	มากที่สุด
2.3	การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ส่งเสริมผู้เรียนบูรณา การความรู้ทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยีและวิศวกรรม เพื่อสร้างวิธีการ แก้ปัญหาและสามารถประยุกต์ใช้กับสถานการณ์ อื่นๆ ได้	4	5	5	4.67	มากที่สุด

ภาพประกอบ 10 ความเหมาะสมของแบบสอบถามความพึงพอใจ (โดยผู้เชี่ยวชาญ)



ข้อ ที่	รายการประเมิน	ผลการประเมินของ ผู้เชี่ยวชาญคนที่			$\bar{X}$	แปลผล
		1	2	3		
2.4	การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ส่งเสริมผู้เรียนภายใน กลุ่มสร้างข้อกล่าวอ้างจากข้อมูลหรือหลักฐาน ที่ แสดงถึงแนวทางการแก้ปัญหา และทำการโต้แย้ง เพื่อหาข้อสรุป คำตอบหรือวิธีการแก้ปัญหาที่ เหมาะสม	4	5	5	4.67	มากที่สุด
2.5	การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ส่งเสริมให้ผู้เรียนให้ เหตุผลในการเลือกวิธีการแก้ปัญหา บนพื้นฐาน การคิดเชิงเหตุและผล ทั้งด้านความคุ้มค่า หรือ ประโยชน์ที่ได้รับ	4	5	4	4.33	มาก
2.6	การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ส่งเสริมผู้เรียนใช้ กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ในการกำหนด ปัญหา สืบค้นข้อมูลเพื่อนำมาสร้างวิธีการ แก้ปัญหา ดำเนินการสร้างและปรับปรุงชิ้นงาน	4	5	4	4.33	มาก
2.7	การจัดกิจกรรมการเรียนรู้สอดคล้องกับ จุดประสงค์ เนื้อหา และการวัดผลประเมินผล	4	5	5	4.67	มากที่สุด
2.8	การจัดกิจกรรมการเรียนรู้มีความน่าสนใจ	4	5	5	4.67	มากที่สุด
2.9	การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ใช้สื่อประกอบการเรียน การสอนที่หลากหลาย	4	5	5	4.67	มากที่สุด
<b>3. ด้านผู้สอน</b>						
3.1	ผู้สอนกระตุ้นความสนใจโดยจัดกิจกรรมหรือใช้ ตัวอย่างสถานการณ์ที่น่าสนใจ เพื่อทบทวน ความรู้เดิมของผู้เรียน	4	5	4	4.33	มาก
3.2	ผู้สอนใช้คำถาม หรือสถานการณ์ปัญหาที่เร้า ความสนใจของผู้เรียน	4	5	4	4.33	มาก
3.3	ผู้สอนนำประเด็นปัญหาจากสิ่งเกิดขึ้นใน ชีวิตประจำวันมาใช้ เพื่อให้ผู้เรียนร่วมกัน แก้ปัญหา	4	5	5	4.67	มากที่สุด

ข้อ ที่	รายการประเมิน	ผลการประเมินของ ผู้เชี่ยวชาญคนที่			$\bar{X}$	แปลผล
		1	2	3		
3.4	ผู้สอนกระตุ้นให้ผู้เรียนศึกษาค้นคว้าหาความรู้ด้วยตนเอง	4	5	5	4.67	มากที่สุด
3.5	ผู้สอนใช้สื่อประกอบการสอนเพื่อให้ผู้เรียนสืบค้นเพื่อสร้างแนวคิด	4	5	5	4.67	มากที่สุด
3.6	ผู้สอนกระตุ้นให้ผู้เรียนคิดเป็น ทำเป็น แก้ปัญหาเป็น	4	5	5	4.67	มากที่สุด
3.7	ผู้สอนคอยให้คำแนะนำเมื่อผู้เรียนประสบปัญหาระหว่างทำกิจกรรม	4	5	5	4.67	มากที่สุด
<b>4. ด้านบรรยากาศการเรียนรู้</b>						
4.1	การจัดการเรียนรู้ที่น่าสนใจ ทำให้ผู้เรียนอยากเข้าร่วมกิจกรรม	4	5	4	4.33	มาก
4.2	การจัดการเรียนรู้ช่วยให้บรรยากาศในการเรียนรู้สนุกสนานเป็นกันเองระหว่างเพื่อนในชั้นเรียน	4	5	5	4.67	มากที่สุด
4.3	การจัดการเรียนรู้ช่วยให้ผู้เรียนมีอิสระในการเรียนรู้	4	5	5	4.67	มากที่สุด
4.4	การจัดการเรียนรู้ช่วยให้ผู้เรียนกล้าแลกเปลี่ยนเรียนรู้/ความคิดเห็นกับเพื่อน	4	5	5	4.67	มากที่สุด
4.5	การจัดการเรียนรู้ช่วยให้ผู้เรียนเรียนรู้ด้วยความสุข	4	5	4	4.33	มาก
<b>5. ด้านการวัดและประเมินผล</b>						
5.1	มีการวัดผลและประเมินผลที่สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้และกิจกรรมการจัดการเรียนรู้	4	5	4	4.33	มาก
5.2	มีการประเมินพัฒนาการของผู้เรียนครอบคลุมทั้งความรู้ ทักษะและจิตพิสัย	4	5	4	4.33	มาก
5.3	มีการวัดผลก่อนและหลังเรียน	4	5	5	4.67	มากที่สุด
5.4	เครื่องมือวัดผลมีความง่ายเหมาะสม	4	5	5	4.67	มากที่สุด
5.5	การประเมินผลครอบคลุมเนื้อหาที่เรียน	4	5	5	4.67	มากที่สุด

ภาพประกอบ 10 (ต่อ)

ข้อ ที่	รายการประเมิน	ผลการประเมินของ ผู้เชี่ยวชาญคนที่			$\bar{X}$	แปลผล
		1	2	3		
<b>ประเมินความเหมาะสมของข้อคำถามตอนที่ 3 ข้อเสนอแนะ</b>						
1	นักศึกษาพบปัญหาได้บ้างในการปฏิบัติการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาที่บูรณาการการสร้างข้อโต้แย้ง (6E+A) เพื่อส่งเสริมทักษะการแก้ปัญหาทางสะเต็ม	4	5	4	4.33	มาก
2	นักศึกษามีข้อเสนอแนะอย่างไรบ้าง ที่คิดว่าจะทำให้เกิดความพึงพอใจเกี่ยวกับกิจกรรมการเรียนรู้ ด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาที่บูรณาการการสร้างข้อโต้แย้ง (6E+A) เพื่อส่งเสริมทักษะการแก้ปัญหาทางสะเต็ม	4	5	5	4.67	มากที่สุด

ภาพประกอบ 10 (ต่อ)



## ภาคผนวก ค

## ตัวอย่างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

- ตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 สไลด์เดอร์ส่งของ
- ตัวอย่างใบความรู้ ที่ 1 แรง และกฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน
- ตัวอย่างใบกิจกรรมที่ 1 แรงเสียดทาน
- ตัวอย่างใบกิจกรรมที่ 2 สไลด์เดอร์ส่งของลงโขง
- ตัวอย่างใบความรู้ ที่ 2 แรงเสียดทาน
- ตัวอย่างแบบวัดทักษะการแก้ปัญหาทางสะเต็ม
- ตัวอย่างการตรวจให้คะแนน

## แผนการจัดการเรียนรู้ ที่ 1

หน่วยการเรียนรู้ แรงและกฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน

วิชา ฟิสิกส์พื้นฐาน )Fundamental Physics (

ชื่อกิจกรรม สไลด์เดอร์ส่งของ

ชั้นปีที่ 1-2

เวลา 5 ชั่วโมง

### 1. สาระสำคัญ

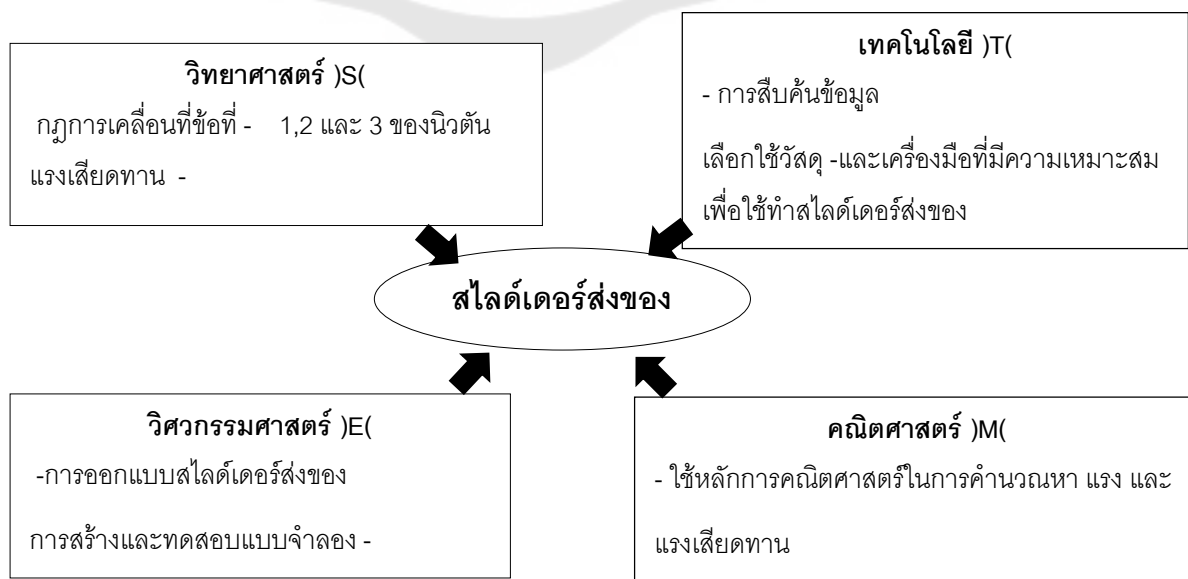
การเคลื่อนที่โดยทั่วไปของวัตถุเกี่ยวข้องกับแรงที่กระทำต่อวัตถุนั้น โดยนำกฎการเคลื่อนที่ของนิวตันมาใช้ในการอธิบาย

แรงเสียดทาน เป็นแรงที่ต้านการเคลื่อนที่ของวัตถุ เกิดขึ้นเมื่อผิวสัมผัสของวัตถุเคลื่อนที่สัมผัสกัน ทำให้เกิดแรงต้านการเคลื่อนที่ ที่มีขนาดแปรผันตรงกับแรงปฏิกิริยาที่พื้นสัมผัสกระทำกับวัตถุ )Normal force) เนื่องจากน้ำหนักหรือแรงกดของวัตถุ แรงเสียดทานมีทิศตรงข้ามกับทิศของการเคลื่อนที่และแปรผันตรงกับแรงปฏิกิริยาที่พื้นสัมผัสกระทำกับวัตถุ (Normal force)

$$f = \mu N$$

วัตถุสองก้อนที่สัมผัสกัน จะมีแรงเสียดทานเกิดขึ้นที่ผิวสัมผัสระหว่างผิววัตถุสองก้อนในทิศทางตรงข้ามกับทิศทางการเคลื่อนที่หรือแนวโน้มที่จะเคลื่อนที่ของวัตถุ แรงเสียดทานที่กระทำต่อวัตถุขณะอยู่นิ่ง เรียกว่า แรงเสียดทานสถิต )Static friction force;  $f_s$ ( ส่วนแรงเสียดทานที่กระทำต่อวัตถุขณะกำลังเคลื่อนที่ เรียกว่า แรงเสียดทานจลน์ )Kinetic friction force;  $f_k$  (การเปลี่ยนแปลงแรงเสียดทานมีผลต่อการเคลื่อนที่ของวัตถุ

### กรอบแนวคิด



## 2. จุดประสงค์การเรียนรู้

- 2.1 ผู้เรียนสามารถทำการทดลองและอธิบายแนวคิดทางฟิสิกส์ที่เกี่ยวกับกฎการเคลื่อนที่ของนิวตันข้อที่ 1, 2 และ 3 ของนิวตัน จากสถานการณ์ต่าง ๆ ได้
- 2.2 ผู้เรียนสามารถออกแบบวิธีการแก้ปัญหาจากการบูรณาการแนวคิดทางสะเต็มได้
- 2.3 ผู้เรียนมีทักษะในการแก้ปัญหาทางสะเต็ม

## 3. วัสดุอุปกรณ์

1. แท่งไม้ มวล 350 กรัม
2. แผ่นไม้ขนาด 20 cm X 120 cm
3. แผ่นโฟมแบบบาง, แผ่นยาง, พิวเจอร์บอร์ด, กระดาษลัง (ขนาด 20 cm X 60 cm)
4. มีดคัตเตอร์, กรรไกร
5. ปากกาเมจิก, ไม้เมตร, กระดาษกาว 2 หน้า

## 4. กิจกรรมการเรียนรู้

1) **ขั้นสร้างความสนใจและตรวจสอบความรู้เดิม** (Engagement and Elicitation) 20 นาที

1.1) ผู้สอนตรวจสอบความรู้เดิมของผู้เรียน โดยสาธิตการทดลองการเคลื่อนที่ของวัตถุบนรางยาว เพื่อให้ผู้เรียนพิจารณาการเคลื่อนที่ในกรณีต่าง ๆ ดังนี้

กรณีที่ 1 วัตถุวางนิ่งอยู่บนพื้นราบ

กรณีที่ 2 ปล่อยวัตถุเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่บนพื้นราบและพื้นเอียง

กรณีที่ 3 ออกแรงลากวัตถุเคลื่อนที่ด้วยความเร่งพื้นราบและพื้นเอียง

และใช้คำถามดังนี้

-จงอธิบายลักษณะการเคลื่อนที่ของวัตถุแต่ละกรณี และสอดคล้องกับกฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน ข้อใดบ้างคำตอบที่คาด) ว่าผู้เรียนจะตอบ ดังนี้

กรณีที่ 1 วัตถุวางนิ่งอยู่บนพื้นราบ และกรณีที่ 2 วัตถุเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่

สอดคล้องกับกฎข้อที่ 1 ของนิวตัน ที่กล่าวว่า วัตถุทุกชนิดจะดำรงสภาพอยู่นิ่ง หรือเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่ ตราบเท่าที่ไม่มีแรงภายนอกมากระทำ หรือกล่าวอีกนัยหนึ่ง เมื่อไม่มีแรงภายนอกมากระทำวัตถุหรือแรงลัพธ์ที่กระทำต่อวัตถุเป็นศูนย์ วัตถุจะรักษาสภาพการเคลื่อนที่ขณะนั้น ๆ นั้น

คือถ้าวัตถุหยุดนิ่งอยู่ก็จะหยุดนิ่งต่อไป ถ้าวัตถุเคลื่อนที่อยู่ก็จะเคลื่อนที่ต่อไป เขียนเป็นสมการ  
ดังนี้  $\sum F = 0$

กรณีที่ 3 วัตถุเคลื่อนที่ด้วยความเร่งพื้นราบและพื้นเอียง สอดคล้องกับกฎข้อที่ 2  
ของนิวตัน ที่กล่าวว่า เมื่อมีแรงภายนอกที่ไม่เป็นศูนย์มากระทำต่อวัตถุ วัตถุจะเคลื่อนที่ด้วย  
ความเร่ง โดยความเร่งของวัตถุจะแปรผันตรงกับแรงสุทธิที่กระทำต่อวัตถุ และแปรผกผันกับ  
มวลของวัตถุ ) เขียนเป็นสมการ ดังนี้  $\sum F = ma$

ในการเคลื่อนที่ของวัตถุแต่ละกรณี มีแรงอะไรบ้างที่กระทำกับวัตถุ -  
(แรงที่กระทำต่อวัตถุในทิศพุ่งลงสู่พื้นล่างเสมอ) แรงโน้มถ่วง (แรงกิริยา) แนวน้ำหนัก แรงลาก)  
แรงที่กรน้ำหนักร แรงเสียดทาน (แรงปฏิกิริยา) แรงที่พื้นเอียงกระทำต่อวัตถุกระทำต่อวัตถุในทิศตรง  
ข้ามกับการเคลื่อนที่ของวัตถุ((

1.2) ผู้สอนตั้งคำถามต่อดังนี้ ในชีวิตประจำวันมีสถานการณ์อะไรบ้างที่เกี่ยวข้องกับ  
กฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน จงยกตัวอย่าง (ให้ผู้เขียนแสดงความคิดเห็นโดยการสุ่มถาม เพื่อเป็น  
การกระตุ้นความสนใจและตรวจสอบความรู้เดิม)

## 2) ขั้นสำรวจและค้นหา )Exploration) (60 นาที)

2.1) ผู้สอนแบ่งกลุ่มผู้เรียนออกเป็นกลุ่ม กลุ่มละ 4-5 คน แล้วให้ผู้เรียนพิจารณา  
สถานการณ์ และใช้คำถามประกอบการพิจารณาดังนี้

จาก -5 สถานการณ์ต่อไปนี้จะเรียงลำดับสถานการณ์ที่มีค่าสัมประสิทธิ์ความ  
เสียดทานมากไปยังสถานการณ์ที่มีค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานน้อยที่สุด (แนวคำตอบ)  
1>2>4>3>5)

- 1) ยางรถยนต์กับถนนคอนกรีตแห้ง (1.02 kinetic)
- 2) ยางรถยนต์กับถนนคอนกรีตเปียก rubber (0.97 kinetic)
- 3) ไม้บนไม้ (0.25-0.5 static)
- 4) ไม้บนอิฐ (0.6 static)
- 5) โลหะบนน้ำแข็ง (0.02 kinetic)

เราจะรู้ได้อย่างไรว่าวัสดุชิ้นไหนมีแรงเสียดทานมาก หรือวัสดุชิ้นไหนมีแรงเสียด -  
แนวคำตอบ ดูจากแรงที่กระทำต่อวัตถุที่มีมวลเท่ากันและวางบนวัสดุที่มีผิวสัมผัส) ทานน้อยสวน  
ทางกันพิจารณาแรงที่กระทำต่อวัตถุ หากออกแรงมากแสดงว่าระหว่างผิวสัมผัสมีแรงเสียดทาน  
มาก และหากออกแรงน้อยแสดงว่ามีแรงเสียดทานน้อย(

2.2) ผู้สอนใช้คำถามเพื่อให้ผู้เรียนยกตัวอย่างสถานการณ์ที่พบเจอในชีวิตประจำวัน ที่แสดงให้เห็นแนวคิดเกี่ยวกับแรงและกฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 1,2 และ 3 ของนิวตันมาอธิบาย

2.3) ผู้สอนให้ผู้เรียนปฏิบัติการทดลอง เรื่องแรงเสียดทาน โดยศึกษาจากใบกิจกรรมที่ 1 และศึกษาใบความรู้ที่ 1 แรงและกฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน และสืบค้นจากแหล่งข้อมูลต่าง ๆ เช่น อินเทอร์เน็ต หนังสือ เอกสารประกอบ ฯลฯ เพื่อให้ผู้เรียนศึกษาทำความเข้าใจ ฝึกปฏิบัติ เพื่อใช้สรุปแนวคิดทางฟิสิกส์ได้ถูกต้องในขั้นตอนต่อไป

### 3) ขั้นตอนอธิบายและลงข้อสรุป )Explanation( 30 นาที

3.1) ผู้สอนตั้งคำถาม เพื่อให้ผู้เรียนอธิบายแนวคิดทางฟิสิกส์ที่ได้จากการศึกษา ใบความรู้ และจากการฝึกปฏิบัติการทดลอง จากใบกิจกรรมที่ 1 แรงเสียดทาน รวมถึงการสืบค้น จากแหล่งข้อมูลต่าง ๆ เช่น อินเทอร์เน็ต หนังสือ เอกสารประกอบ ฯลฯ โดยสามารถเชื่อมโยงกับ ประสบการณ์หรือสถานการณ์ที่กำหนดได้ ดังนี้

แนวคิดหลักที่ได้จากการศึกษาเพื่อนำไปใช้ในการออกแบบวิธีการแก้ปัญหา - แนวคำตอบ) ประกอบด้วยอะไรบ้าง

ก -กฎการเคลื่อนที่ข้อหนึ่งของนิวตัน คือ วัตถุจะดำรงสภาวะหยุดนิ่งหรือเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่เมื่อไม่มีแรงภายนอกมากระทำ

กฎการเคลื่อนที่ข้อที่สองของนิวตัน คือ วัตถุจะเคลื่อนที่ด้วยความเร่งตามแนว - แรงลัพธ์ที่กระทำกับวัตถุ

กฎการเคลื่อนที่ข้อที่สามของนิวตัน คือ ทุก ๆ แรงกิริยาย่อมมีแรงปฏิกิริยาขนาดเท่ากันกระทำในทิศทางที่ตรงกันข้าม

หลักการของพื้นเอียง คือ เป็นเครื่องกลพื้นฐานชนิดหนึ่งใช้ผ่อนแรงอยู่ใน - รูปแบบเป็นไม้กระดานยาวเรียบ ใช้พาดบนพื้นต่างระดับได้ เคลื่อนที่วัตถุด้วยการลากหรือการผลัก ช่วยอำนวยความสะดวกและช่วยผ่อนแรงในการย้ายของขึ้นหรือลง

แรงเสียดทานที่เกิดขึ้นระหว่างวัตถุกับพื้นผิว - สัมผัส จากการทดลองระหว่าง แผ่นไม้กับแผ่นไม้ กรณีที่วัตถุเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่ เรียกว่า แรงเสียดทานจลน์  $f_k = \mu_k N$  เมื่อ  $\mu_k$  เป็นค่าสัมประสิทธิ์ของความเสียดทานจลน์ ซึ่งหมายถึงอัตราส่วนระหว่างแรงเสียดทาน  $f_k$  กับแรงปฏิกิริยาที่ผิววัตถุอีกผิวหนึ่งที่กระทำต่อผิววัตถุนั้นในแนวตั้งฉากกับผิวสัมผัส ( $N$ )

3.2) ผู้สอนและผู้เรียนร่วมกันสรุปแนวคิดทางฟิสิกส์ที่เกี่ยวข้องอีกครั้ง เพื่อให้ได้ข้อสรุปร่วมกัน เกี่ยวกับแรง กฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน และแรงเสียดทาน



#### 4) ขั้นการโต้แย้ง (Argumentation for the best solution) 60 นาที

ผู้สอนเปิดคลิป ประมาณ "สไลด์เดอร์ส่งของลงโขง" 3 นาที หลังจากนั้น ให้แต่ละกลุ่มร่วมกันทำกิจกรรมภายในกลุ่ม

4.1) ผู้สอนแจกใบกิจกรรมที่ 2 สไลด์เดอร์ส่งของลงโขง ให้แต่ละกลุ่ม โดยกำหนดประเด็นปัญหาว่า การขนถ่ายสินค้าลงเรือ จากไทยส่งไปฝั่งลาว แต่ช่วงนี้หน้าแล้ง ปริมาณน้ำในแม่น้ำโขงลดลงต่ำ สำหรับเส้นทางขนถ่ายสินค้าเป็นทางลาดชันร่วม 50 เมตร ดังนั้นการขนถ่ายสินค้าถ้าจะให้ไวต้องขนถ่ายทางราง หากท่านได้รับมอบหมายให้ออกแบบสไลด์เดอร์ส่งสินค้าที่สามารถส่งสินค้าด้วยความเร็วสม่ำเสมอ ผ่านเส้นทางที่ลาดชัน ความยาวร่วม 50 เมตร และให้มีความแข็งแรง ทนทาน ใช้งานได้คุ้มค่า ท่านจะมีวิธีการหรือแนวทางในการแก้ปัญหาอย่างไร

โดยผู้สอนตั้งคำถาม ดังนี้

จากสถานการณ์ปัญหาดังกล่าว จงระบุประเด็นปัญหาหลัก -

- เงื่อนไขหรือเกณฑ์ มีอะไรบ้าง

แนวคิดทางฟิสิกส์ - คณิตศาสตร์และเทคโนโลยี เรื่องใดบ้าง ที่นำมาประกอบการออกแบบหรือสร้างวิธีแก้ปัญหาดังกล่าว

4.2) ให้ผู้เรียนในแต่ละกลุ่มร่วมกันศึกษาใบกิจกรรมที่ 2 สไลด์เดอร์ส่งของลงโขง เพื่อร่วมกันอภิปรายเพื่อกำหนดวิธีการแก้ปัญหการสร้างแบบจำลองสไลด์เดอร์ส่งของ

4.3) ผู้เรียนในแต่ละกลุ่มระดมความคิด ร่วมกันการกำหนดปัญหา (Problem) จากสถานการณ์ที่กำหนด และสร้างข้อกล่าวอ้าง (Claims) แทนคำตอบของปัญหา แสดงถึงแนวทางการแก้ปัญหา พร้อมเสนอหลักฐาน (Evidence) ประกอบด้วย (ข้อมูลที่เกี่ยวข้อง อาจเป็นแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยี ผลการทดลอง หรือข้อมูลจากประสบการณ์ รวมถึงเงื่อนไขและข้อจำกัดที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์ที่ผู้สอนกำหนด และเขียนให้เหตุผล (Reasoning) ที่แสดงให้เห็นถึงวิธีการแก้ปัญหา โดยบันทึกข้อมูลในใบบันทึกกิจกรรม ในระหว่างที่ผู้เรียนกำลังดำเนินกิจกรรม ผู้สอนเดินไปตามกลุ่มต่าง ๆ เพื่อกระตุ้นให้ผู้เรียนได้ดำเนินกิจกรรมได้ทันเวลา และไม่ออกนอกประเด็นปัญหาที่ได้กำหนดไว้

4.4) เมื่อบันทึกข้อมูลต่าง ๆ เสร็จ ผู้เรียนภายในกลุ่มทำการโต้แย้ง เพื่อเลือกวิธีการแก้ปัญหที่เหมาะสมที่สุด

#### 5) ขั้นการออกแบบและดำเนินการแก้ปัญหา (Execution) 90 นาที

5.1) ผู้เรียนร่วมกันออกแบบสไลด์เดอร์ส่งของ โดยทำการออกแบบตามวิธีการที่กำหนดไว้

5.2) นำแบบจำลองสไลด์เดอรัที่สร้างเสร็จไปทดสอบคุณภาพ โดยวางกล่องไม้ที่บรรจุดินน้ำมันวางบนสไลด์เดอรัที่ได้ออกแบบไว้ จับเวลาในการเคลื่อนที่ของวัตถุให้ได้ตามเกณฑ์ที่กำหนด ตรวจสอบว่าสามารถใช้งานได้ดีหรือไม่ มีจุดบกพร่องใดต้องแก้ไข

5.3) เมื่อพบข้อบกพร่องของแบบจำลองแล้วให้นำมาปรับปรุงแก้ไขพัฒนาชิ้นงาน โดยทำการปรับเปลี่ยนแบบ หรือปรับเปลี่ยนวัสดุให้เหมาะสมยิ่งขึ้น จากนั้นให้ทดสอบอีกครั้ง โดยครั้งนี้ให้แต่ละกลุ่มจะต้องเลือกแบบจำลองสไลด์เดอรัส่งของที่สร้างขึ้นโดยที่สมาชิกในกลุ่มพอใจที่สุดเพียงชิ้นเดียว เพื่อนำมาประเมินร่วมกับกลุ่มอื่น ๆ

5.4) ผู้เรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอผลงาน แนวคิดที่เกี่ยวข้องและขั้นตอนการแก้ปัญหาที่ได้ออกแบบและดำเนินการสร้างแบบจำลอง เพื่อให้สมาชิกทุกคนให้คะแนนโหวต โดยผลการทดสอบแข่งขัน ตามเงื่อนไขและเกณฑ์ที่กำหนด และความเหมาะสมของชิ้นงาน

#### 6) **ชั้นขยายความรู้ (Enrich) (20 นาที)**

6.1) ผู้สอนตั้งคำถาม เพื่อขยายความรู้ ดังนี้  
สามารถนำไปใช้แก้ปัญหสถานการณ์อะไรได้ จากแนวทางการแก้ปัญหาที่ได้ -  
อีกบ้างในชีวิตประจำวัน

-หากจะพัฒนาชิ้นงานดังกล่าวให้สามารถใช้ประโยชน์ยิ่งขึ้น จะปรับปรุง หรือพัฒนาในส่วนใด

วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยี และ) จากแนวคิดที่ได้จากการศึกษา -  
วิศวกรรมศาสตร์สามารถนำไปใช้ประโยชน์เรื่องใดหรืออธิบายปรากฏการณ์เรื่องใดได้บ้างจง ( ยกตัวอย่าง

#### 7) **ชั้นประเมิน )Evaluation( )20 นาที**

7.1) ผู้สอนประเมินความรู้ความเข้าใจ โดยสังเกตพฤติกรรมการเรียนรู้และการร่วมกิจกรรมของผู้เรียน

7.2) ประเมินจากใบกิจกรรมเพื่อวัด....ทักษะการแก้ปัญหาทางสะเต็มของผู้เรียน

### 5. การวัดและประเมินผลการเรียนรู้

2.1 ผู้เรียนสามารถทำการทดลองและอธิบายแนวคิดทางฟิสิกส์ที่เกี่ยวข้องกับกฎการเคลื่อนที่ของนิวตันข้อที่ 1, 2 และ 3 ของนิวตัน จากสถานการณ์ต่าง ๆ ได้

2.2 ผู้เรียนสามารถออกแบบวิธีการแก้ปัญหาจากการบูรณาการแนวคิดทางสะเต็มได้

2.3 ผู้เรียนมีทักษะในการแก้ปัญหาทางสะเต็ม

จุดประสงค์การเรียนรู้	วิธีการวัดและประเมินผลการเรียนรู้	เกณฑ์การประเมิน
2.1 สามารถระบุ อธิบายและสรุปแนวคิดทางฟิสิกส์ เรื่องกฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 1, 2 และ 3 ของนิวตัน และแรงเสียดทาน ที่เกี่ยวข้องกับการสถานการณ์ปัญหาได้	การทำกิจกรรม จาก - ใบกิจกรรมที่ 1 - ใบกิจกรรมที่ 2	ผ่านเกณฑ์ ร้อยละ 50 เมื่อเปรียบเทียบจากตารางเกณฑ์การให้คะแนนทักษะการแก้ปัญหาทางสะเต็ม
2.2 สามารถออกแบบและประเมินวิธีการแก้ปัญหาจากการบูรณาการแนวคิดทางสะเต็มได้	การทำกิจกรรม จาก - ใบกิจกรรมที่ 2	ผ่านเกณฑ์ ร้อยละ 50 เมื่อเปรียบเทียบจากตารางเกณฑ์การให้คะแนนทักษะการแก้ปัญหาทางสะเต็ม
2.3 มีทักษะในการแก้ปัญหาทางสะเต็ม	การทำกิจกรรม จาก - ใบกิจกรรมที่ 2	ผ่านเกณฑ์ ร้อยละ 50 เมื่อเปรียบเทียบจากตารางเกณฑ์การให้คะแนนทักษะการแก้ปัญหาทางสะเต็ม

#### 6. สื่อการเรียนรู้ใบความรู้/อุปกรณ์/

1. ใบความรู้ที่ 1 แรง กฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน
2. ใบความรู้ที่ 2 แรงเสียดทาน
3. ใบกิจกรรมที่ 1 แรงเสียดทาน
4. ใบกิจกรรมที่ 2 สไลด์เดอร์ส่งของลงโขง
5. วีดีโอคลิป เรื่อง สไลด์เดอร์ส่งของลงโขง

## ใบความรู้ที่ 1 เรื่อง แรง กฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน

### 1. มวล น้ำหนัก และแรง (Mass; Weight and Forces)

1.1 มวล (Mass; m) เป็นสมบัติของก้อนสสารที่บ่งบอกถึงค่าความต้านทานในการเปลี่ยนสภาพการเคลื่อนที่ หรือ เป็นปริมาณของเนื้อสสารที่มีอยู่ในวัตถุ ซึ่งจะมีค่าคงที่ตลอดเวลาไม่ว่าวัตถุจะอยู่ที่ไหนก็ตาม เป็นปริมาณที่บ่งบอกถึงความสามารถที่วัตถุสามารถต้านการเปลี่ยนสภาพการเคลื่อนที่ หรือเรียกว่า ความเฉื่อย ยิ่งวัตถุมีมวลมากก็จะมี ความเฉื่อยมาก ด้านการเปลี่ยนสภาพการเคลื่อนที่ได้มากกว่าวัตถุที่มีมวลน้อย

ควรรู้ 1 มวลในหน่วยมาตรฐาน .S.I.จะใช้เป็นกิโลกรัม ( $kg$ )

2มวลเป็นปริมาณที่คงที่ .ยกเว้นในระดับสูงขึ้นไป เช่น กลศาสตร์สัมพัทธภาพ

3(ความเฉื่อย) มวล อาจหมายถึง สภาพต้านการเคลื่อนที่ .

1.2 น้ำหนัก (Weight; W) หมายถึง แรงที่เกิดจากความเร่งโน้มถ่วงของโลกกระทำต่อวัตถุ จากการศึกษารถตกแบบเสรีของวัตถุใกล้ผิวโลก เราทราบว่าความเร่งของวัตถุมีค่าคงตัว และจากกฎการเคลื่อนที่ข้อที่สองของนิวตันเราทราบว่า จะต้องมีความเร่งลัพธ์ที่ไม่เป็นศูนย์มากระทำต่อวัตถุ วัตถุนั้นจึงจะมีความเร่ง แรงลัพธ์ที่กระทำต่อวัตถุขณะตกนี้ ก็คือ แรงดึงดูดของโลกซึ่งกระทำต่อวัตถุอยู่ตลอดเวลา นั่นเองเราเรียกว่า น้ำหนักของวัตถุ

จากกฎข้อที่สองของนิวตัน เมื่อวัตถุมีแรงมากระทำจะเกิดความเร่ง ถ้าแรงที่กระทำกับวัตถุเป็นแรงโน้มถ่วงของโลกซึ่งทำให้วัตถุมีความเร่งคงที่ ดังนั้น

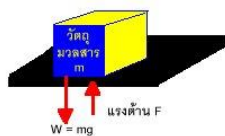
$$\vec{F} = m\vec{a}$$

$$\vec{F} = mg$$

ซึ่งแรงที่ได้ก็คือ น้ำหนักของวัตถุนั่นเอง

$$\vec{F} = W = mg$$

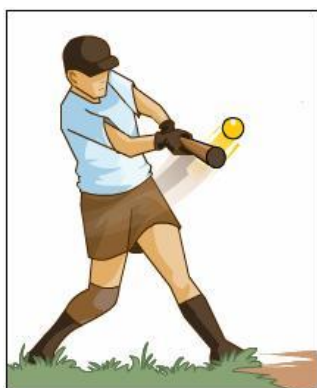
น้ำหนัก (W) เป็นปริมาณเวกเตอร์ ซึ่งมีทิศเดียวกับความเร่งเนื่องจากแรงดึงดูดของโลก และมีหน่วยเป็น นิวตัน (N หรือ  $kg \cdot m/s^2$ )



รูปที่ 1 แสดงน้ำหนักของวัตถุ

ที่มา : [http://web.ku.ac.th/schoolnet/snet3/jee/newton\\_rule/NEWTONRU.HTM](http://web.ku.ac.th/schoolnet/snet3/jee/newton_rule/NEWTONRU.HTM)

1.3 แรง )Force ;  $F$  คือ อำนาจอำนาจหนึ่งที่ทำให้วัตถุเปลี่ยนสภาพ เช่น หยุดนิ่ง หรือ ( เคลื่อนที่ หรือ สิ่งที่ทำต่อวัตถุ แล้วทำให้วัตถุนั้นเปลี่ยนสภาพการเคลื่อนที่ ) state of motion)



รูปที่ 2 การออกแรงตีลูกเบสบอล

ที่มา : <http://images.tutorvista.com/content/force-laws-motion/hitting-a-ball-apply-of-force.jpeg>

สิ่งที่ควรรู้

1 แรงใช้หน่วยมาตรฐาน .S.I. เป็นนิวตัน ( $N$ )

2 แรงลัพธ์ คือ แรงที่เกิดขึ้นจากแรงย่อย ๆ หลายแรงรวมกัน .

ในเหตุการณ์ประจำวันทุก ๆ คนสามารถสัมผัสหรือรับรู้เกี่ยวกับแรงได้เสมอ ๆ เช่นการ ผลักหรือการลากวัตถุ โดยแรงผลักหรือแรงลากวัตถุ เกิดจากการกระทำของกล้ามเนื้อ ซึ่งทำให้ วัตถุเคลื่อนที่ได้ แต่แรงไม่ได้ทำให้เกิดการเคลื่อนที่เสมอไป เช่นในขณะที่อ่านหนังสือจะมีแรงโน้ม ถ่วงกระทำตลอดเวลา โดยที่เราไม่ได้เคลื่อนที่ไปไหน หรือการออกแรงผลักก้อนหินที่มีขนาด ใหญ่ ๆ ก้อนหินดังกล่าวอาจไม่เคลื่อนที่ เป็นต้น

## 2. กฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน

ไอแซค นิวตัน (Isaac Newton, ค 1642 .ศ.– (1727 ได้บรรยายถึงกฎการเคลื่อนที่สาม ข้อไว้ ซึ่งสามารถใช้อธิบายการเคลื่อนที่ของวัตถุได้ ซึ่งกฎสามข้อนี้เป็นที่รู้จักกันดีในชื่อ กฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน กฎข้อที่หนึ่งจะเกี่ยวกับมวลและความเฉื่อยซึ่ง กาลิเลโอเป็นผู้ศึกษาไว้คนแรก กฎข้อที่สองเกี่ยวกับแรงและการเคลื่อนที่ที่มีความเร่ง ส่วนกฎข้อที่สามเกี่ยวกับความสมมาตรของแรง กิริยาและแรงปฏิกิริยา โดยได้แถลงไว้ ข้อดังนี้ 3

การรักษาสถานะภาพของการเคลื่อนที่ของวัตถุ กล่าวว่า วัตถุทุกชนิดจะดำรงสภาพอยู่นิ่งหรือเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่ ตราบเท่าที่ไม่มีแรงภายนอกมากระทำหรือกล่าวอีกนัยหนึ่งได้ว่าเมื่อไม่มีแรงภายนอกมากระทำวัตถุหรือแรงลัพธ์ที่กระทำต่อวัตถุเป็นศูนย์ วัตถุจะรักษาสภาพการเคลื่อนที่ขณะนั้นๆ นั้น คือถ้าวัตถุหยุดนิ่งอยู่ก็จะหยุดนิ่งต่อไป ถ้าวัตถุเคลื่อนที่อยู่ว่าจะเคลื่อนที่ต่อไป และสามารถเขียนได้ดังนี้

$$\sum \vec{F} = 0$$

กฎข้อนี้ แสดงถึงลักษณะของวัตถุที่เป็นวัตถุอิสระ (Free Body หรือ Isolate Body) ที่ไม่มีอันตรกิริยากับวัตถุอื่น วัตถุนั้นก็ไม่มีแรงมากระทำ สภาพการเคลื่อนที่ของวัตถุนั้นก็ไม่เปลี่ยนแปลง ดังนั้นความเร็วของวัตถุมีค่าคงที่ และเคลื่อนที่ในแนวเส้นตรงตลอดไป

เมื่อมีการกล่าวถึงความเร็วของวัตถุนั้นจำเป็นต้องเทียบกับกรอบอ้างอิงหนึ่ง เพราะว่าวัตถุอยู่ในสภาพนิ่งหรือเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่ในกรอบอ้างอิงหนึ่ง อาจจะมีมองเห็นว่ากำลังเคลื่อนที่ด้วยความเร็วในอีกกรอบอ้างอิงหนึ่งได้และจากความจริงนี้จึงชี้ให้เห็นว่ากฎข้อนี้เป็นจริงเมื่อพูดถึงสภาพการเคลื่อนที่ของวัตถุหนึ่งจะต้องบอกเทียบกับกรอบอ้างอิงเฉพาะเท่านั้น เรียกกรอบอ้างอิงนี้ว่า *กรอบอ้างอิงเฉื่อย* (Inertial Frames of Reference) ซึ่งกรอบอ้างอิงเฉื่อยมีความสำคัญในทางฟิสิกส์มาก เพราะกฎพื้นฐานทางฟิสิกส์สร้างขึ้นมาจากอ้างอิงกับระบบแกนพิกัดเฉื่อยแทบทั้งสิ้น ดังนั้น บางครั้งจึงมักเรียกกฎข้อนี้ว่า *กฎของความเฉื่อย* (Law of Inertia)

### **กฎการเคลื่อนที่ข้อที่สองของนิวตัน หรือ กฎความเร่ง**

เมื่อมีแรงภายนอกที่ไม่เป็นศูนย์มากระทำต่อวัตถุ วัตถุจะเคลื่อนที่ด้วยความเร่ง โดยความเร่งของวัตถุจะแปรผันตรงกับแรงสุทธิที่กระทำต่อวัตถุ และแปรผกผันกับมวลของวัตถุ ทิศของความเร่งจะมีทิศเดียวกับแรงสุทธิที่กระทำบนวัตถุ สามารถเขียนอยู่ในรูปของสมการทางคณิตศาสตร์จะได้

$$\sum \vec{F} = m\vec{a}$$

หรือ ถ้าการเคลื่อนที่ของวัตถุ (โมเมนตัม) มีการเปลี่ยนแปลงเทียบกับเวลา แสดงว่าต้องมีแรงลัพธ์กระทำกับมัน

$$\sum \vec{F} = \frac{\Delta(m\vec{v})}{\Delta t}$$

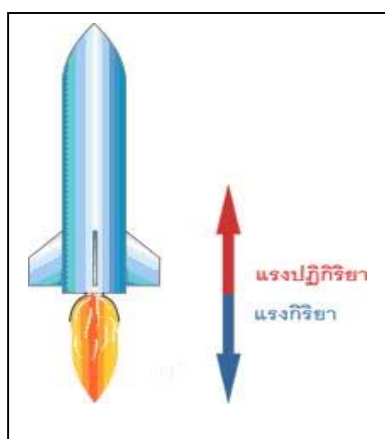
### **กฎการเคลื่อนที่ข้อที่สามของนิวตัน หรือ กฎของกิริยาและปฏิกิริยา**

เมื่อวัตถุชิ้นหนึ่งออกแรง (แรงกิริยา-action) กระทำต่อวัตถุอีกชิ้นหนึ่ง วัตถุอันหลังจะออกแรงด้วยขนาดที่เท่ากันแต่ทิศตรงกันข้าม (แรงปฏิกิริยา-reaction) กับแรงที่เกิดจากวัตถุอันแรก

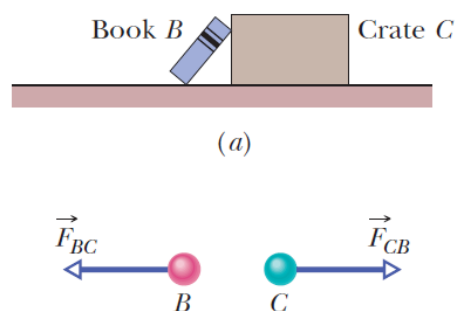
หรือ ทุกแรงกิริยาย่อมมีแรงปฏิกิริยาซึ่งมีขนาดเท่ากันแต่มีทิศตรงข้ามกันเสมอ หรือ เมื่อใดที่มีแรงกิริยาจะมีแรงปฏิกิริยาเกิดขึ้นเสมอ แรงกิริยาใด ๆ จะต้องมีแรงคู่ปฏิกิริยากระทำสวนมาในทิศตรงข้ามเสมอ

$$\vec{F}_A = -\vec{F}_B$$

เรียกว่า กฎของแรงกิริยาและแรงปฏิกิริยา (Law of action and reaction)



รูปที่ 3 แรงกิริยา = แรงปฏิกิริยา



รูปที่ 3 แรงกิริยา = แรงปฏิกิริยา

ที่มา : [http://school.obec.go.th/wbi\\_danpit/law.3htm](http://school.obec.go.th/wbi_danpit/law.3htm)

## ใบกิจกรรมที่ 1 เรื่อง แรงเสียดทาน

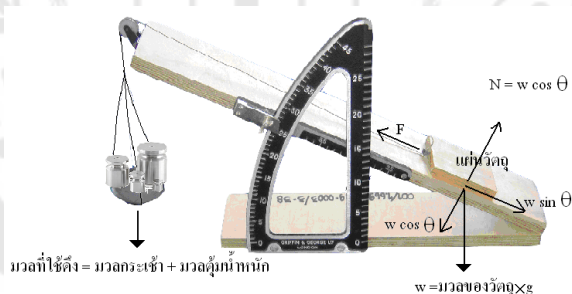
### วัตถุประสงค์

1. เพื่อให้นักศึกษาเข้าใจแนวคิดของกฎการเคลื่อนที่ของนิวตันทั้งสามข้อได้
2. เพื่อให้นักศึกษาเข้าใจแนวคิดของแรงเสียดทานสถิตและแรงเสียดทานจลน์ได้
3. สามารถคำนวณค่าสัมประสิทธิ์แรงเสียดทานได้

### อุปกรณ์

1. พื้นเอียงแบบปรับค่ามุมได้
2. แผ่นเหล็ก และแผ่นไม้
3. ตาชั่ง
4. ลูกเหล็กสำหรับถ่วงน้ำหนัก
5. กระเช้าสำหรับใส่ลูกเหล็ก

### ทฤษฎี



ในการทดลองนี้ใช้พื้นเอียงในการคำนวณหาสัมประสิทธิ์ความเสียดทานระหว่างพื้นผิว ถ้าวัตถุเคลื่อนที่ลงด้วยความเร็วคงที่แสดงว่าผลรวมของแรงลัพธ์ที่กระทำกับวัตถุมีค่าเป็นศูนย์ ตามกฎการเคลื่อนที่ข้อที่หนึ่งของนิวตัน ดังนั้นสามารถเขียนเป็นสมการได้คือ

$$F - w \sin \theta - f = 0 \quad \dots\dots\dots (1)$$

เมื่อ

$$f = \mu N$$

$$N = W \cos \theta$$

$$W = mg$$

เพราะฉะนั้นสามารถเขียนสมการเพื่อสัมประสิทธิ์แรงเสียดทานได้ใหม่เป็น



$$F - mg \sin \theta - \mu mg \cos \theta = 0 \quad \dots\dots\dots (2)$$

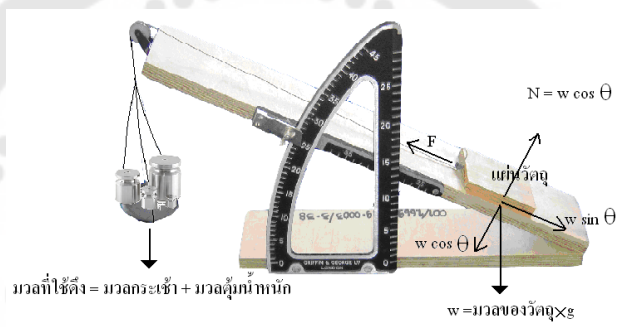
$$\mu = \frac{F - mg \sin \theta}{mg \cos \theta} \quad \dots\dots\dots (3)$$

หรืออีกวิธีหนึ่งถ้าปล่อยให้วัตถุเคลื่อนที่ลงจากอิสระมุมที่วัตถุเริ่มเคลื่อนที่จะได้ค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานคือ

$$\mu = \tan \theta \quad \dots\dots\dots (4)$$

**วิธีการทดลอง**

ติดตั้งอุปกรณ์ดังภาพประกอบ



รูปที่ 1 แสดงองค์ประกอบของแรงขณะทดลอง

**ตอนที่ 1**

1. ปรับพื้นเอียงทำมุม 10° นำวัตถุบนพื้นเอียง นำเชือกผูกกับวัตถุที่ใช้ทดลองแล้วนำไปผูกกับกระเช้าแล้วคล้องผ่านรอกดังรูปที่ 1
2. เอาลูกเหล็กใส่ลงในกระเช้า และเพื่อตั้งให้วัตถุเกิดการเคลื่อนที่ สังเกตจุดที่แผ่นไม้เริ่มเคลื่อนที่หรือเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่บันทึกมวลที่ใส่ลงในกระเช้ารวมกับค่ามวลกระเช้าลงในตารางช่องมวลที่ใช้ดึง

$$\text{มวลที่ใช้ดึง} = \text{มวลกระเช้า} + \text{มวลตุ้มน้ำหนัก} +$$

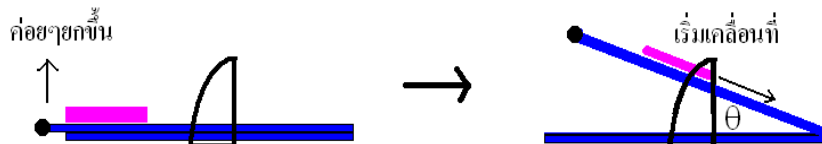
3. นำค่าที่ได้จากข้อที่ 2 คูณกับความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วง ( $g = 9.81 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$ ) แล้วบันทึกเป็นค่าของแรง ( $F$ )

$$F = \text{มวลที่ใช้ดึง} \times g$$

4. คำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานจากสมการ (3)
5. เปลี่ยนมุมเป็น 20° และ 30° แล้วทดลองเหมือนเดิม

## ตอนที่ 2

1. ปรับพื้นเอียงไปที่  $0^\circ$  แล้วนำวัตถุที่ใช้ทดลองในตอนที่ผ่านมาวางไว้บนรางพื้นเอียง 1 สำหรับทดลองโดยไม่ต้องผูกกระเช้า



รูปที่ 2 แสดงลักษณะการทดลองของตอนที่ 2

2. ค่อยๆ ยกพื้นเอียงให้มุมเพิ่มมากขึ้นที่ละนิดสังเกตมุมเอียงที่ทำให้แผ่นวัตถุเริ่มเคลื่อนที่หรือเคลื่อนที่ลงด้วยความเร็วคงที่ บันทึกค่ามุมของพื้นเอียง
3. เปลี่ยนเป็นอีกสองอย่างที่เหลือตามลำดับ
4. คำนวณค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานโดยสมการที่ (4)
5. เปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานที่ได้จากสมการ (3) และสมการ (4) ว่าเท่ากันหรือไม่ หาเปอร์เซ็นต์ความแตกต่าง

$$\% = \left| \frac{\mu_4 - \mu_3}{\mu_4} \right| \times 100$$

## ใบบันทึกกิจกรรมที่ 1

### เรื่อง แรงเสียดทาน

วันที่ศ.พ .....เดือน.....

#### ผู้ร่วมปฏิบัติการ

- 1.....ชื่อ.....รหัส.....สาขา.....  
 2.....ชื่อ.....รหัส.....สาขา.....  
 3.....ชื่อ.....รหัส.....สาขา.....  
 4.....ชื่อ.....รหัส.....สาขา.....

#### ผลการทดลองตอนที่ 1

มวลกระเช้า .....kg

มวลวัตถุชิ้นที่ 1 ..... kg

แผ่นไม้			
$\theta$	มวลที่ใช้ดึง (kg)	$F$ (N)	$\mu_3$
10			
20			
30			
$\mu_{เฉลี่ย}$			

มวลวัตถุชิ้นที่ 2 ..... kg

แผ่นเหล็ก			
$\theta$	มวลที่ใช้ดึง (kg)	$F$ (N)	$\mu_3$
10			
20			
30			
$\mu_{เฉลี่ย}$			

## วิเคราะห์ผล

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

## ผลการทดลองตอนที่ 2

วัตถุที่ใช้ทดลอง	$\theta(^{\circ})$	$\mu_4$
แผ่น.....		
$\mu_{เฉลี่ย}$		
แผ่น.....		
$\mu_{เฉลี่ย}$		

.....

.....

.....

.....

## สรุปและอภิปรายผลการทดลอง

.....

.....

.....

**คำถาม**

1. แรงเสียดทานคือ

.....  
.....  
.....

2. สัมประสิทธิ์แรงเสียดทานคือ

.....  
.....  
.....

3. ยกตัวอย่างข้อดี และข้อเสียของการมีแรงเสียดทาน

.....  
.....  
.....  
.....  
.....

4. แรงเสียดทาน กับแรงโน้มถ่วง เหมือนหรือต่างกันอย่างไร

.....  
.....  
.....  
.....

5. ในการทดลองเรื่องแรงเสียดทาน ใช้กฎข้อไหนของนิวตัน มาอธิบาย

.....  
.....  
.....  
.....  
.....

## ใบกิจกรรมที่ 2

### เรื่อง สไลด์เดอร์ส่งของของลงโขง



ภาพประกอบ จากคลิปสไลด์เดอร์ส่งของลงโขง

แม่น้ำโขงสถานสัมพันธไทยลาว ผู้คนข้ามแดนไปมาหาสู่ ณ จุดผ่อนปรนบ้านหม้อ อ.ศรีพนองคาย มีการขนถ่ายสินค้าลงเรือเปิดวันอังคาร วันพฤหัสบดีและวันเสาร์ มีสินค้า .เชียงใหม่ ๑ พืชผัก ผลไม้จากไทยส่งไปฝั่งลาว แต่ช่วงนี้หน้าแล้ง ปริมาณน้ำในแม่น้ำโขงลดลงต่ำ สำหรับการขนถ่ายสินค้าเป็นทางลาดชันร่วม 50 เมตร ดังนั้นการขนถ่ายสินค้าถ้าจะให้ไวต้องขนถ่ายทางราง เพื่อให้รวดเร็วทันใจลูกค้าทางประเทศลาว ในการลำเลียงขนถ่ายนั้นคนงานจับตะกร้าวางลงบนรางจากนั้นปล่อยตะกร้าให้ไหลลงไปด้วยความเร็ว และใช้ไม้กั้นชะลอให้ช้าลงดักรอเป็นช่วง ๆ จนตะกร้าผลไม้ไหลลงไปถึงริมตลิ่ง ซึ่งมีคนงานใช้เท้าเพื่อรับตะกร้าผลไม้ เพื่อให้พนักงานจัดเรียงลงสินค้าในเรือ เนื่องจากสินค้ามีมาก จำเป็นต้องใช้คนงานเยอะเพื่อให้ทันส่งไปยังประเทศลาว

หากท่านได้รับมอบหมายให้ออกแบบแบบจำลองสไลด์เดอร์ส่งสินค้า ที่สามารถส่งสินค้ามวล 300 กรัมต่อกล่อง ด้วยความเร็วสม่ำเสมอ ได้อย่างน้อย 25 กล่อง ภายในเวลา 1 นาที ผ่านเส้นทางที่ลาดชัน ยาว 120 เซนติเมตร และให้มีความแข็งแรง ทนทาน ใช้งานได้คุ้มค่า โดยจะต้องเลือกวัสดุเพื่อใช้เป็นพื้นที่ใช้ยึดติดกับแผ่นไม้เพื่อสร้างรางของสไลด์เดอร์ ซึ่งเลือกได้เพียง 2 อย่างเท่านั้น ประกอบด้วย) กั้นกระแทกกระดาดาลัง ,ฟิวเจอร์บอร์ด ,แผ่นยาง ,) ท่านจะมีวิธีการหรือแนวทางในการแก้ปัญหาอย่างไร

ที่มา: สไลด์เดอร์ขนของลงโขง สืบค้นเมื่อ .28 ธันวาคม 2561 จาก

<https://www.youtube.com/watch?v=3L-x0IN9uaM>

### วัสดุอุปกรณ์

1. แท่งไม้ มวล 330 กรัม
2. แผ่นไม้ขนาด 20 cm X 120 cm
3. แผ่นโฟมแบบบาง, แผ่นยาง, ฟิวเจอร์บอร์ด, กระดาษลั่ง (ขนาด 20 cm X 60 cm)
4. มีดคัตเตอร์, กรรไกร
5. ปากกาเมจิก, ไม้เมตร, กระดาษขาว 2 หน้า,

### ใบบันทึกกิจกรรมที่ 2

#### ผู้ร่วมปฏิบัติการ

- 1.....ชื่อ.....รหัส.....สาขา.....
- 2.....ชื่อ.....รหัส.....สาขา.....
- 3.....ชื่อ.....รหัส.....สาขา.....
- 4.....ชื่อ.....รหัส.....สาขา.....

#### ตารางบันทึกผล

ครั้งที่	วัสดุที่เลือกใช้ 1	วัสดุที่ปรับปรุง (เลือก)	ความสูง (cm)	จำนวนครั้งต่อ 1 นาที

#### คำถาม

1. จากสถานการณ์ "สไลด์เดอร์ส่งของลงโขง"จงกำหนดปัญหาหลัก (Problem) จากสถานการณ์ดังกล่าวและตั้งคำถามที่เกี่ยวข้องกับปัญหา

.....

.....

2. เงื่อนไขหรือข้อจำกัดในการแก้ปัญหาจากสถานการณ์ดังกล่าว ประกอบด้วยอะไรบ้าง

.....

.....

3. ท่านคิดว่ามีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์คณิตศาสตร์ เทคโนโลยีและวิศวกรรมศาสตร์ เรื่อง  
อะไรบ้างที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์ปัญหาดังกล่าว จงอธิบายมาพอสังเขป

แนวคิดทางวิทยาศาสตร์

.....  
.....

แนวคิดทางคณิตศาสตร์

.....  
.....

แนวคิดทางเทคโนโลยี

.....  
.....

แนวคิดทางวิศวกรรมศาสตร์

.....  
.....

4. จากแนวคิดที่ระบุในข้อที่ 3 จงเสนอแนวทางวิธีการแก้ปัญหาดังกล่าว มาอย่างน้อย 2 วิธี

.....  
.....

5. จากแนวทางวิธีการแก้ปัญหาที่ระบุในข้อที่ 4 จงเลือกวิธีการแก้ปัญหาที่ท่านคิดว่าเหมาะสม  
ที่สุด พร้อมให้เหตุผลตามหลักวิชาการสนับสนุนวิธีแก้ปัญหาดังกล่าว

.....  
.....

6. จากวิธีการแก้ปัญหาที่เลือกไว้ในข้อที่ 5 จงเขียนแบบร่างวิธีการแก้ปัญหา โดยเขียนรายละเอียด  
ของการแก้ปัญหา การทำงาน องค์ประกอบ โครงสร้างและวัสดุที่ใช้ในการออกแบบลงในแบบร่าง

.....  
.....

7. จากวิธีการแก้ปัญหาที่ได้ออกแบบมา ท่านมีวิธีการทดสอบอย่างไร เพื่อประเมินความเหมาะสม  
ของวิธีการแก้ปัญหา

.....  
.....



## ใบความรู้ที่ 2

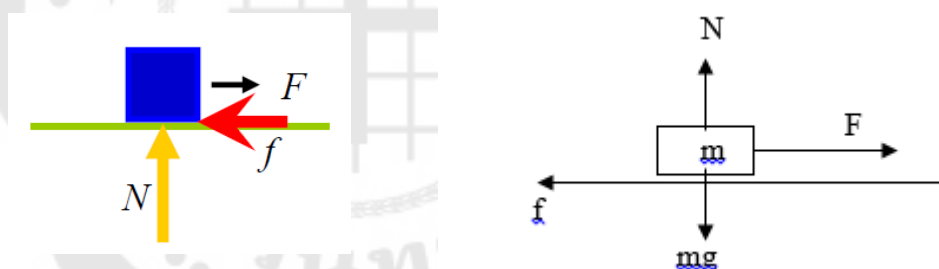
### เรื่อง แรงเสียดทาน

#### 1. แรงเสียดทาน (friction force ; $f$ )

เมื่อวัตถุเคลื่อนที่ในตัวกลางที่มีความหนืด เช่น น้ำ หรือ อากาศ จะมีการต่อต้านการเคลื่อนที่ของวัตถุ เนื่องจากอันตรกิริยา (Interaction) ระหว่างวัตถุกับสิ่งแวดล้อม เรียกว่าแรงต้านนี้ (ซึ่งเป็นแรงที่มีความสำคัญต่อชีวิตประจำวันของเรามาก ถ้าไม่มีแรงเสียดทาน "แรงเสียดทาน" ว่าแล้ว เราคงจะหกล้มในขณะที่เดินหรือวิ่ง และวัตถุคงมีการชนกันตลอดเวลา

แรงเสียดทาน เป็นแรงที่ต้านการเคลื่อนที่ของวัตถุ เกิดขึ้นเมื่อผิวสัมผัสของวัตถุ เคลื่อนที่สัมผัสกัน ทำให้เกิดแรงต้านการเคลื่อนที่ ที่มีขนาดแปรผันตรงกับน้ำหนักหรือแรงกดของวัตถุ แรงเสียดทานมีทิศตรงข้ามกับทิศของการเคลื่อนที่และแปรผันตรงกับแรงปฏิกิริยาที่พื้นสัมผัสกระทำกับวัตถุ (Normal force)

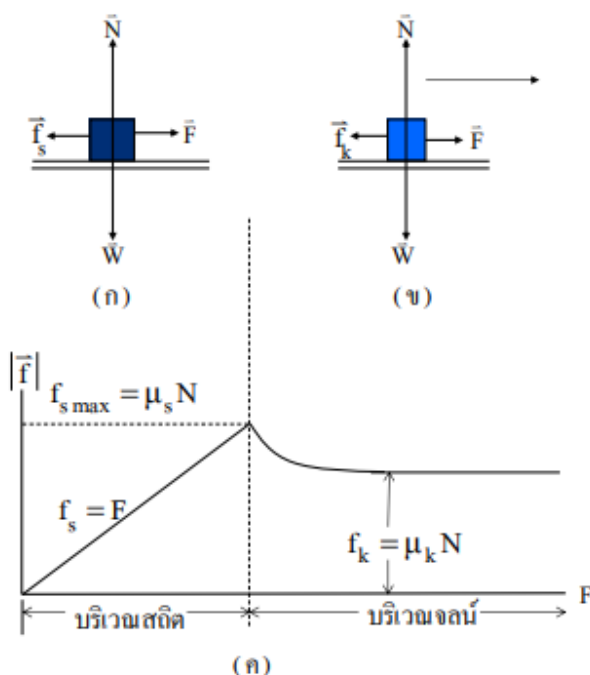
$$f = \mu N$$



รูปที่ 1 แสดงแรงเสียดทาน

#### 2. ประเภทของแรงเสียดทาน

พิจารณากล่องมวล  $m$  เคลื่อนที่ในแนวราบด้วยอิทธิพลของแรงภายนอก  $\vec{F}$  ซึ่งเป็นแรงที่มีขนาดใหญ่พอ โดยมีขนาดอย่างน้อยต้องเท่ากับแรงเสียดทาน  $f$  จึงทำให้วัตถุสามารถเคลื่อนที่ได้ เมื่อ กล่องมวล  $m$  อยู่นิ่งจะเรียกแรงเสียดทานในขณะนั้นว่า ) แรงเสียดทานสถิต "Force of static friction;  $f_s$  " (ถ้าค่อยๆเพิ่มแรง  $\vec{F}$  จนกระทั่งกล่องเริ่มจะเคลื่อนที่ซึ่งจัดเป็นที่แรงเสียดทานสถิตมีค่ามากที่สุด เมื่อกล่องเคลื่อนที่แล้วจะเรียกแรงเสียดทานว่า ) แรงเสียดทานจลน์ "Force of kinetic friction;  $f_k$  " (ซึ่งมีค่าน้อยกว่าแรงเสียดทานสถิตเล็กน้อย และมีขนาดคงที่ตลอดการเคลื่อนที่ ดังแสดงในรูปที่ 2



รูปที่ 2 (ก) แรงเสียดทานสถิตเท่ากับแรงที่ให้กับวัตถุ  
 (ข) แรงที่ทำให้วัตถุมีค่ามากกว่แรงเสียดทานสถิต และ  
 (ค) กราฟของแรงที่ให้กับวัตถุและแรงเสียดทาน แรงเสียดทานสถิต ( $f_s$ ) ที่กระทำ  
 กับวัตถุที่กำลังจะเคลื่อนที่ แรงเสียดทานจลน์ ( $f_k$ ) ที่กระทำกับวัตถุที่กำลัง  
 เคลื่อนที่

ที่มา : ภาควิชาฟิสิกส์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี (2556). เอกสารประกอบการสอนรายวิชาฟิสิกส์ทั่วไป 1. มหาวิทยาลัย  
 เกษตรศาสตร์หน้า. 52.

จากการทดลองพบว่า ทั้งแรงเสียดทานสถิตและแรงเสียดทานจลน์จะเป็นสัดส่วนโดยตรง  
 กับแรงปกติ (Normal Force) ที่กระทำกับวัตถุ และขึ้นกับความขรุขระของผิววัตถุ สามารถสรุปผล (การสังเกตจากการทดลองไว้ดังนี้

2.1) แรงเสียดทานสถิต (static friction force ;  $f_s$ ) เป็นแรงเสียดทานขณะที่วัตถุยังไม่  
 เคลื่อนที่ โดยแรงเสียดทานสถิตจะแปรผันตามแรงที่กระทำกับวัตถุ แรงเสียดทานสถิตจะมี  
 ค่ามากที่สุด ( $f_s$ ) ได้ค่าหนึ่งจากนั้นวัตถุก็จะเริ่มเคลื่อนที่ โดยที่  $N$  (แรงของพื้นผิวกระทำต่อวัตถุ)  
 เขียนเป็นสมการได้ว่า

$$f_s = \mu_s N$$

โดย  $f_s$  = แรงเสียดทานสถิต

$\mu_s$  = สัมประสิทธิ์ของความเสียดทานสถิต (Coefficient of Static Friction)

$N$  = แรงปฏิกิริยาดังฉาก

และแรงเสียดทานสถิตในช่วงก่อนเคลื่อนที่จะเป็น  $f_s \leq \mu_s N$  จากนั้นวัตถุก็จะเริ่มเคลื่อนที่ ดังรูปที่ 2) a) ในขณะที่แรงเสียดทานจะลดลงและคงตัวที่ค่าหนึ่งเรียกว่าแรงเสียดทานจลน์ ดังรูปที่ 2) b) แรงเสียดทานจลน์จะมีค่าน้อยกว่าแรงเสียดทานสถิตสูงสุด

2.2) แรงเสียดทานจลน์ (kinetic friction force ;  $f_k$ ) เป็นแรงเสียดทานขณะวัตถุกำลังเคลื่อนที่ มีทิศทางตรงข้ามกับทิศทางการเคลื่อนที่ของวัตถุ เขียนเป็นสมการได้ดังนี้

$$f_k = \mu_k N$$

เมื่อ  $\mu_k$  เป็นค่าสัมประสิทธิ์ของความเสียดทานจลน์ (Coefficient of Kinetic Friction) ซึ่งค่าของ  $\mu_s$  และ  $\mu_k$  ขึ้นกับธรรมชาติของผิว โดยทั่วไปแล้ว  $\mu_k \leq \mu_s$

ดังนั้นจึงเรียกรวมๆ ว่า สัมประสิทธิ์ของความเสียดทาน

### 3. สมบัติของสัมประสิทธิ์ความเสียดทาน

- เป็นอัตราส่วนระหว่างแรงเสียดทานต่อแรงปฏิกิริยา
- ไม่ขึ้นอยู่กับขนาดของพื้นที่ผิวสัมผัส
- ขึ้นอยู่กับชนิดของวัตถุที่เป็นคู่ผิวสัมผัส
- ขึ้นอยู่กับลักษณะของคู่ผิวสัมผัส
- ขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของผิวสัมผัส ถ้าคุณสมบัติสูงขึ้นค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานจะลดลง

**แรงเสียดทานระหว่างผิวสัมผัสจะมีค่ามากหรือน้อยขึ้นอยู่กับปัจจัย ต่อไปนี้**

1) แรงกดตั้งฉากกับผิวสัมผัส ถ้าแรงกดตั้งฉากกับผิวสัมผัสมากจะเกิดแรงเสียดทานมาก ถ้าแรงกดตั้งฉากกับผิวสัมผัสน้อยจะเกิดแรงเสียดทานน้อย

2) ลักษณะของผิวสัมผัส ถ้าผิวสัมผัสหยาบ ขรุขระจะเกิดแรงเสียดทานมาก ถ้าผิวสัมผัสเรียบลื่นจะเกิดแรงเสียดทานน้อย

3) ชนิดของผิวสัมผัส เช่น คอนกรีตกับเหล็ก เหล็กกับไม้ จะเห็นว่าผิวสัมผัสแต่ละคู่มีความหยาบ ขรุขระ หรือเรียบลื่น เป็นมันแตกต่างกัน ทำให้เกิดแรงเสียดทานไม่เท่ากัน

ชื่อ.....สาขา.....รหัส.....สกุล-

### แบบวัดทักษะการแก้ปัญหาทางสะเต็ม (ก่อนเรียน)

#### คำชี้แจง 1

1. แบบวัดทักษะการแก้ปัญหาทางสะเต็มฉบับนี้ใช้เพื่อวัดทักษะการแก้ปัญหาทางสะเต็มของนักศึกษาระดับปริญญาตรี เป็นแบบอัตนัย ซึ่งประกอบด้วยสถานการณ์ปัญหา 3 สถานการณ์ สถานการณ์ละ 6 ข้อคำถาม
  2. ให้นักศึกษาอ่านสถานการณ์ปัญหา แล้วตอบคำถามข้างท้ายของสถานการณ์ปัญหาให้ครบทุกข้อ
  3. แบบวัดทักษะการแก้ปัญหาทางสะเต็มฉบับนี้ใช้เวลา 1 ชั่วโมง 30 นาที
  4. ขอให้นักศึกษาตั้งใจทำข้อสอบให้เต็มศักยภาพที่มี
-

### สถานการณ์ที่ 1 ส่งมังคุดจากเขา

บ้านโนง ตระนอง เป็นพื้นที่ที่อยู่ในหุบเขาสูง บนยอดเขาทับสุรินทร์ .ละอุ่น จ.โนงใต้ อ. อยู่สูงจากระดับน้ำทะเลประมาณ 200-400 เมตร พื้นที่การเกษตรส่วนใหญ่อยู่ตามเชิงเขา



หลายปีที่ผ่านมาเกษตรกรต้องเสียค่าใช้จ่ายในการเก็บเกี่ยวผลผลิตอยู่ 2 อย่าง คือค่าจ้างเก็บมังคุด และค่าจ้างแบกตะกร้าจากบนเขาลงไปด้านล่าง โดยตะกร้าหนึ่งจะมีมังคุดน้ำหนักราว 20 กิโลกรัม และจ่ายค่าจ้างเก็บตะกร้าละ 100 บาท ค่าจ้างแบกตะกร้าละ 20 บาท ซึ่งฤดูกาลหนึ่งๆ มีผลผลิตประมาณ 2,000 ตะกร้า นั้นหมายถึงต้องเสียเงินค่าจ้างไปแบก 40,000 บาท ซึ่งหากปีไหนที่ผลผลิตออกมาก ค่าใช้จ่ายในส่วนนี้ก็เพิ่มตามไปด้วยและพบว่าหลายครั้งที่มังคุดต้องเสียหาย เนื่องจากผลผลิตออกในช่วงฤดูฝน พื้นที่เชิงเขามีความชื้นมาก ผู้รับจ้างแบกก็จะเดินลำบาก เกิดการเดินพลาด ซึ่งอาจลื่นและล้มทำให้ผลมังคุดแตก มูลค่าความเสียหายตกตะกร้าละประมาณ 2,000 บาท

ที่มา: ประชาชาติธุรกิจ .(2561, กุมภาพันธ์). กิ่งชาวสวน ลดต้นทุนแถม "บ้านโนง" ปลอดภัย. สืบค้นเมื่อ 3 พฤศจิกายน 2561. จาก

[https://www.prachachat.net/news\\_detail.php?newsid=1448263071](https://www.prachachat.net/news_detail.php?newsid=1448263071)

1. จากสถานการณ์ที่ 1 จงตอบคำถามตั้งแต่ข้อ 1.1- 1.6 ให้ครบทุกข้อ

1.1 จากสถานการณ์ดังกล่าว ปัญหาคืออะไร และคำถามที่เกี่ยวข้องกับปัญหามีอะไรบ้าง  
จงระบุมาอย่างน้อย 2 คำถาม

.....  
.....

1.2. เงื่อนไขหรือข้อจำกัดของวิธีการแก้ปัญหาที่สำคัญที่สุดของสถานการณ์ปัญหานี้คือ  
อะไร เพราะเหตุใดจึงมีความสำคัญ

.....  
.....

1.3 จงเสนอวิธีแก้ปัญหาดังกล่าวมาอย่างน้อย 2 วิธี

.....  
.....

1.4 วิธีแก้ปัญหาใดเหมาะสมที่สุด พร้อมอธิบายเหตุผลตามหลักวิชาการว่าเพราะเหตุใด  
วิธีการดังกล่าวจึงเหมาะสมที่สุด

.....  
.....  
.....  
.....

1.5 จงเขียนแบบร่างวิธีแก้ปัญหา โดยเขียนรายละเอียดของการแก้ปัญหา การทำงาน  
องค์ประกอบ โครงสร้างและวัสดุที่ใช้

.....  
.....  
.....  
.....  
.....

1.6 จากวิธีการแก้ปัญหาที่ได้ออกแบบมา ท่านมีวิธีการทดสอบอย่างไร เพื่อประเมินความ  
เหมาะสมของวิธีการแก้ปัญหา

.....  
.....

### แนวทางการตรวจให้คะแนน แบบวัดทักษะการแก้ปัญหาทางสะเต็ม (ก่อนเรียน)

สถานการณ์ที่ 1 ส่งมิ่งคุดจากเขา				
ข้อ คำถาม	แนวคำตอบ	การให้ คะแนน	เกณฑ์การให้คะแนน	ตัวอย่างคำตอบ (รหัสอ้างอิง)
1.1 การ กำหนด ประเด็น ปัญหา	<p>ปัญหาที่ต้องกล่าวถึงมีดังนี้</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- ต้นทุนสูง(ค่าใช้จ่ายสูง)</li> <li>- พื้นที่ลื่นในหน้าฝน</li> </ul> <p>(หากนักศึกษาระบุสั้นๆ แบบนี้ให้ประเด็นละ 0.5 คะแนน)</p> <p>หากระบุปัญหา</p> <p>เช่น เกษตรกรมีค่าใช้จ่ายสูงในจ้างเก็บและแบกมิ่งคุดลงจากเขา โดยเฉพาะช่วงหน้าฝนทำให้ลื่นล้มจนเกิดความเสียหาย (ให้ 2 คะแนน)</p> <p>พร้อมคำถามกล่าวถึง 2 ประเด็น จากประเด็นต่อไปี้ให้ประเด็นละ 0.5 คะแนน) เช่น</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) ต้นทุน เช่น ค่าใช้จ่ายเกิดจากอะไรบ้าง</li> <li>2) สาเหตุที่ทำให้มิ่งคุดเสียหายเนื่องจากสาเหตุอะไรบ้าง</li> </ol>	3	กำหนดประเด็นปัญหาและตั้งคำถามที่เกี่ยวข้องได้เหมาะสม สอดคล้องกับบริบทของสถานการณ์	
		2	กำหนดประเด็นปัญหาและตั้งคำถามและแสดงให้เห็นถึงความเข้าใจในบริบทของสถานการณ์ปัญหาได้ 2 ประเด็น	
		1	กำหนดประเด็นปัญหาจากการตั้งคำถามแต่แสดงให้เห็นถึงความเข้าใจในบริบทของสถานการณ์ปัญหาได้เพียงบางส่วน 1 ประเด็น	
		0	ไม่ระบุปัญหาหรือระบุปัญหาแต่ไม่แสดงให้เห็นถึงความเข้าใจในบริบทของสถานการณ์ปัญหา	
	<p>3) ลักษณะสภาพพื้นที่ เช่น พื้นที่สวนมิ่งคุดเป็นอย่างไร, ความสูงของพื้นที่เท่าไร, ความชันเท่าไร</p> <p>4) ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการขนย้าย เช่น มิ่งคุดหนักตะกร้าละเท่าไร, มิ่งคุดมีกี่ตะกร้า</p>			
1.2 การสร้าง ข้อคิดเห็น หรือข้อ โต้แย้ง	<p>กล่าวถึง เงื่อนไขที่สอดคล้องกับสถานการณ์ (ได้ 1 คะแนน) และให้เหตุผลสนับสนุนได้ สอดคล้อง (ได้ 2คะแนน) โดยกล่าวถึงเงื่อนไข 1 ประเด็น จากต่อไปนี้</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- มิ่งคุดเสียหายน้อยที่สุด (ได้ 1 คะแนน)</li> </ul> <p>เนื่องจากมิ่งคุดที่มีคุณภาพจะทำให้ขายได้จำนวนมากและได้ราคาดี (ได้ 2คะแนน)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- ความทนทานและต้นทุนการผลิตต่ำที่สุด (ได้ 1 คะแนน) เนื่องจากต้องใช้เป็นประจำทุกปี จึงต้องใช้เวลานานและต้นทุนต้องไม่แพงกว่าแรงงานคน (ได้ 2คะแนน)</li> </ul>	3	สร้างข้อกล่าวอ้างจากข้อมูลและหลักฐานที่มี (เงื่อนไข) พร้อมให้เหตุผลตามหลักวิชาการ สนับสนุนข้อกล่าวอ้างได้อย่างถูกต้องทุกประเด็นและและเชื่อมโยงกับประเด็นปัญหา	
		2	สร้างข้อกล่าวอ้างจากข้อมูลและหลักฐานที่มี (เงื่อนไข) แต่ไม่สามารถให้เหตุผลสนับสนุนให้ข้อโต้แย้งมีความน่าเชื่อถือได้	
		1	สร้างข้อกล่าวอ้างจากข้อมูลและหลักฐานที่มีได้ (เงื่อนไข) แต่ไม่ชัดเจนและไม่เชื่อมโยงกับประเด็นปัญหา	
		0	ไม่สามารถสร้างข้อกล่าวอ้างจากข้อมูลและหลักฐานที่มีได้ หรือ สร้างเงื่อนไขได้ แต่ไม่ถูกต้องตามหลักวิชาการ	

## ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-สกุล

วัน เดือน ปี เกิด

3 พฤษภาคม 2522

สถานที่เกิด

ตรัง

วุฒิการศึกษา

ระดับปริญญาตรี กศ.บ. สาขาวิทยาศาสตร์ - ฟิสิกส์

มหาวิทยาลัยทักษิณ จ.สงขลา

ระดับปริญญาโท กศ.ม.สาขาวิทยาศาสตร์ศึกษา - ฟิสิกส์

มหาวิทยาลัยนเรศวร จ.พิษณุโลก

ที่อยู่ปัจจุบัน

146/1 หมู่ที่ 3 ตำบลไม้ฝาด อำเภอสิเกา จังหวัดตรัง 92150

