



การพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมตามแนวคิดสะเต็มศึกษาที่
ส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ เรื่อง พลังงานความร้อน ของนักเรียนชั้น
มัธยมศึกษาปีที่ 1

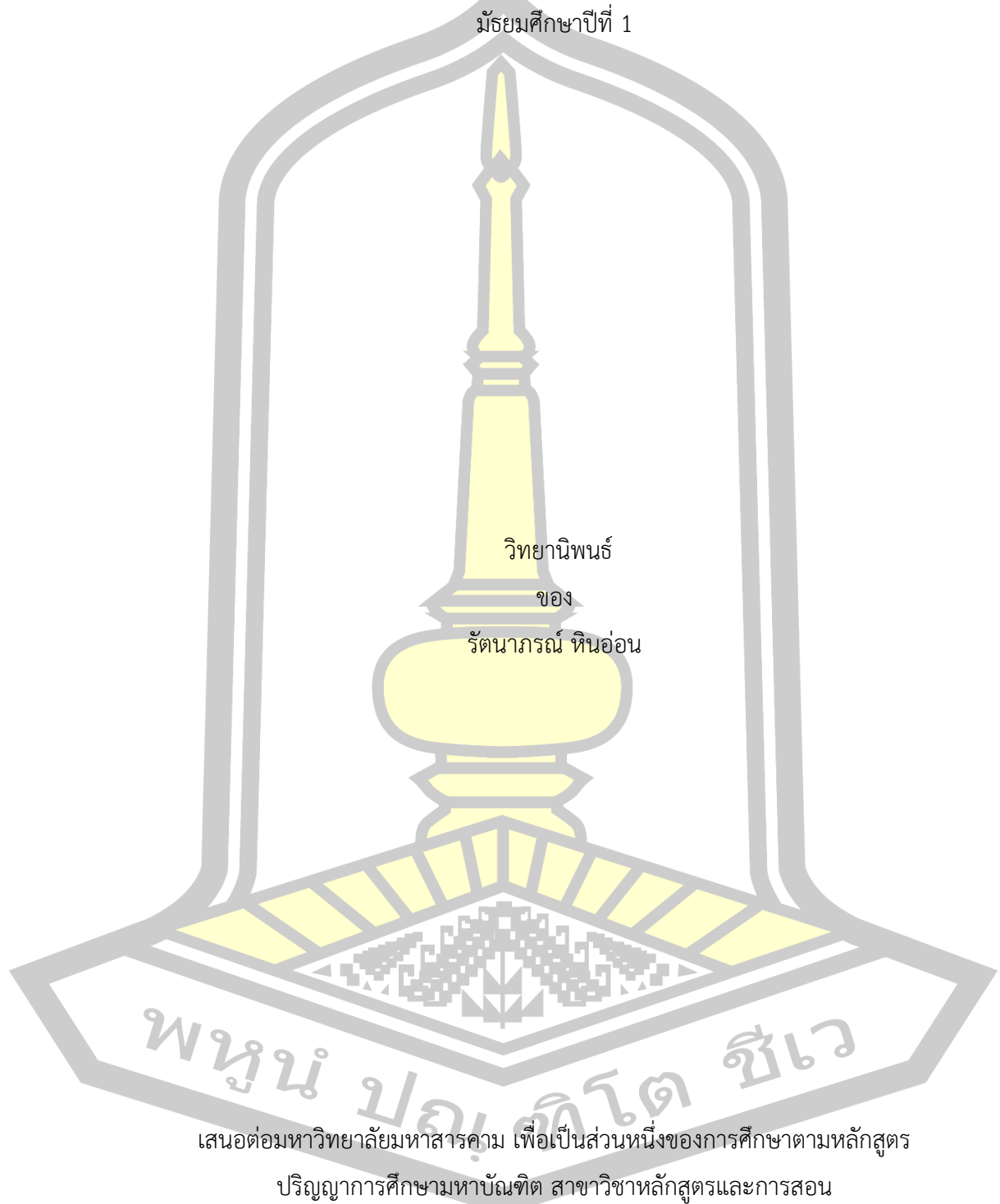
วิทยานิพนธ์
ของ
รัตนภรณ์ หินอ่อน

เสนอต่อมหาวิทยาลัยมหาสารคาม เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน
พฤษภาคม 2568

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

การพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมตามแนวคิดสะเต็มศึกษาที่
ส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ เรื่อง พลังงานความร้อน ของนักเรียนชั้น

มัธยมศึกษาปีที่ 1



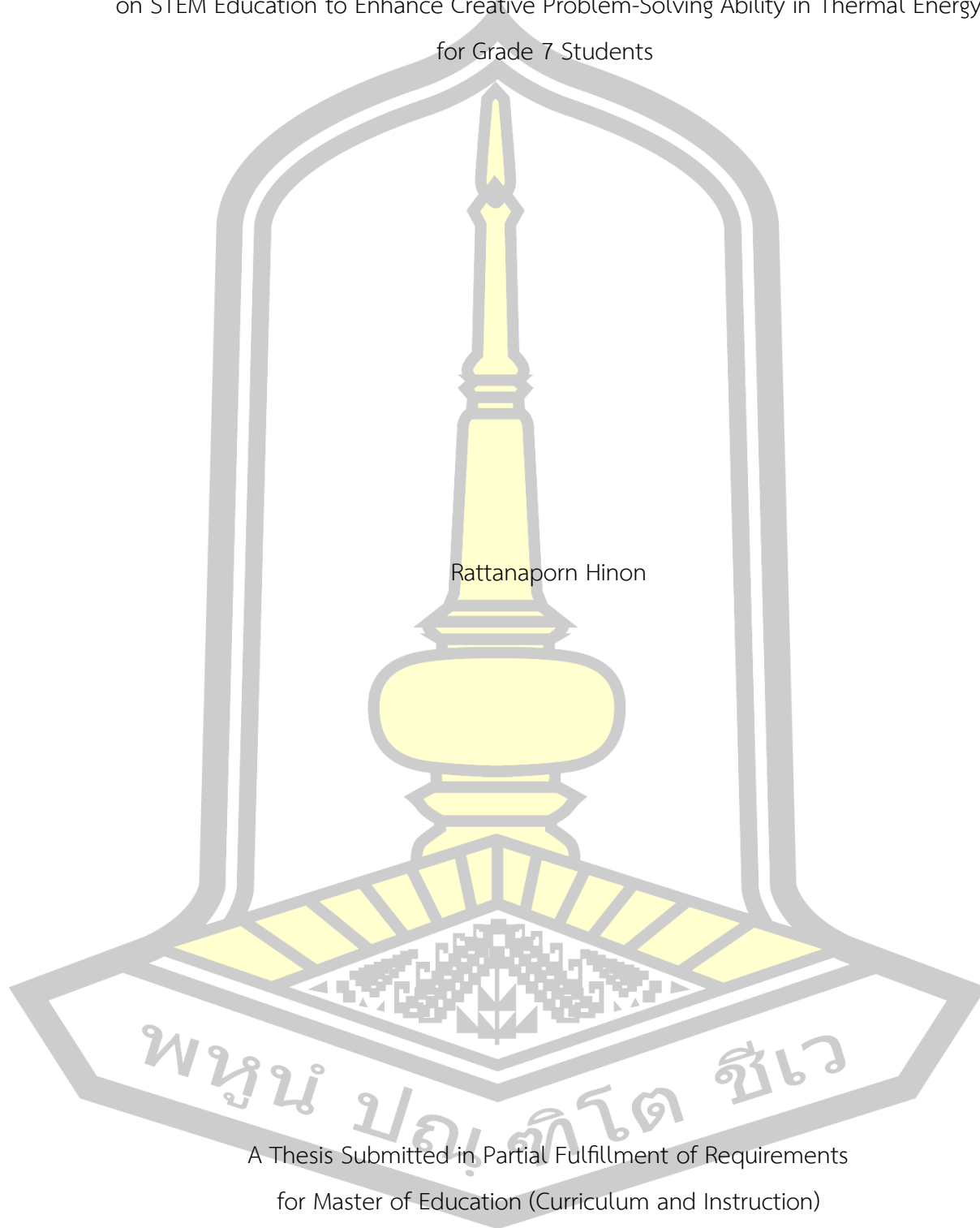
เสนอต่อมหาวิทยาลัยมหาสารคาม เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน

พฤษภาคม 2568

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

The Development of Learning Activities through the Engineering Design Process based
on STEM Education to Enhance Creative Problem-Solving Ability in Thermal Energy
for Grade 7 Students

Rattanaorn Hinon



A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of Requirements
for Master of Education (Curriculum and Instruction)

May 2025

Copyright of Mahasarakham University



คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ได้พิจารณาวิทยานิพนธ์ของนางสาวรัตนภรณ์ หินอ่อน
แล้วเห็นสมควรรับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชา
หลักสูตรและการสอน ของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ

(ผศ. ดร. กันยารัตน์ สอนสุภาพ)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(ผศ. ดร. รุติวรดา พลเยี่ยม)

.....กรรมการ

(รศ. ดร. กัญญารัตน์ โคจร)

.....กรรมการผู้ทรงคุณวุฒิภายนอก

(ผศ. ดร. ธีญลักษณ์ เขจรภักดิ์)

มหาวิทยาลัยอนุมัติให้รับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญา การศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน ของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

.....
(รศ. ดร. ขวลิต ชูกำแพง)

คณบดีคณะศึกษาศาสตร์

.....
(ผศ. ดร. พลเดช เขวรัตน์)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

ชื่อเรื่อง	การพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมตามแนวคิดสะเต็มศึกษาที่ส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ เรื่อง พลังงานความร้อน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1		
ผู้วิจัย	รัตนาภรณ์ หินอ่อน		
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. จูติวรดา พลเยี่ยม		
ปริญญา	การศึกษามหาบัณฑิต	สาขาวิชา	หลักสูตรและการสอน
มหาวิทยาลัย	มหาวิทยาลัยมหาสารคาม	ปีที่พิมพ์	2568

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) พัฒนากิจกรรมการเรียนรู้ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง พลังงานความร้อนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ให้มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 75/75 2) เปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ โดยการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง พลังงานความร้อนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ก่อนเรียนและหลังเรียน 3) เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน โดยการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง พลังงานความร้อนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ก่อนเรียนและหลังเรียน กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ คือ นักเรียนที่กำลังศึกษาอยู่ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1/12 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2567 โรงเรียนประสาทวิทยาคาร จังหวัดสุรินทร์ จำนวน 39 คน ได้มาโดยการเลือกสุ่มแบบกลุ่ม (Cluster Random Sampling) เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยได้แก่ 1) แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมตามแนวคิดสะเต็มศึกษา 2) แบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ 3) แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น ซึ่งวิเคราะห์ข้อมูลโดย ร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และทดสอบสมมุติฐานด้วยสถิติการหาประสิทธิภาพ (E_1/E_2) และ t-test (Dependent Samples)

ผลการวิจัยพบว่า

1. กิจกรรมการเรียนรู้ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง พลังงานความร้อนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 82.53/80.07

2. นักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง พลังงานความร้อน มีความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์คะแนนสอบหลังเรียนของนักเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

3. นักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง พลังงานความร้อน มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคะแนนสอบหลังเรียนของนักเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

คำสำคัญ : กิจกรรมการเรียนรู้ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม; แนวคิดสะเต็มศึกษา; ความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์; ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน



TITLE	The Development of Learning Activities through the Engineering Design Process based on STEM Education to Enhance Creative Problem-Solving Ability in Thermal Energy for Grade 7 Students		
AUTHOR	Rattanaorn Hinon		
ADVISORS	Assistant Professor Titiworada Polyiem , Ph.D.		
DEGREE	Master of Education	MAJOR	Curriculum and Instruction
UNIVERSITY	Maharakham University	YEAR	2025

ABSTRACT

The objectives of this research were: (1) develop learning activities through the engineering design process based on STEM education in thermal energy for grade 7 students , aiming to achieve an efficiency criterion of 75/75; (2) compare students' creative problem-solving ability before and after participating in learning activities though the engineering design process based on STEM education in thermal energy ; and (3) compare students' academic achievement before and after participating in the same activities. The sample consisted of 39 students on grade 7 in the second semester of the 2024 academic year at Prasat Witthayakarn School in Surin Province, selected cluster through random sampling. The research instruments included: (1) lesson plans of the engineering design process based on STEM education , (2) a creative problem-solving ability test, and (3) a science achievement test developed by the researcher. Data were analyzed using percentage, mean, standard deviation, and hypothesis testing through efficiency analysis (E_1/E_2) and t-test for dependent samples.

The research findings were as follows:

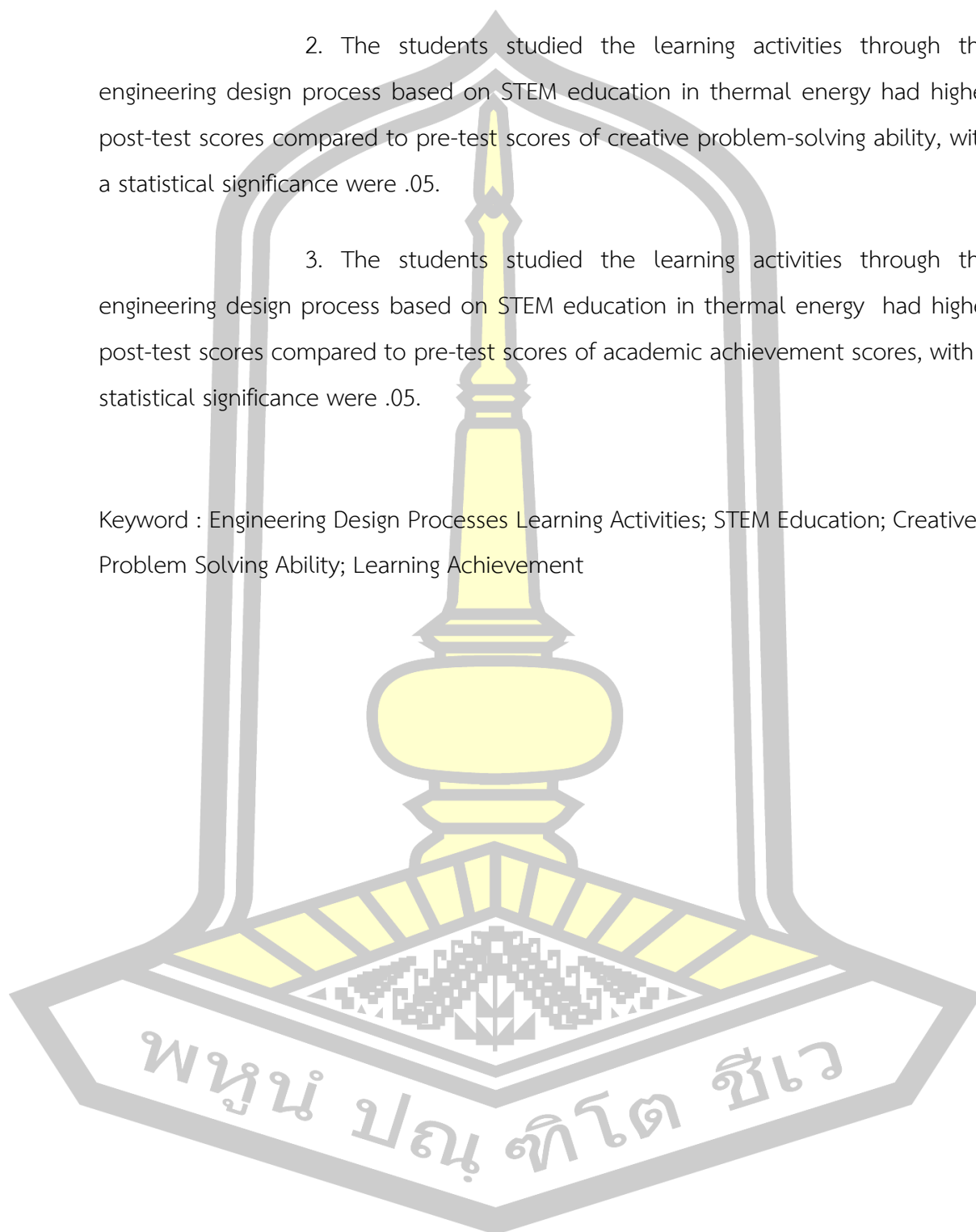
1. The engineering design process based on STEM education in thermal energy achieved an efficiency of 82.53/80.07, according to the expected

criterion.

2. The students studied the learning activities through the engineering design process based on STEM education in thermal energy had higher post-test scores compared to pre-test scores of creative problem-solving ability, with a statistical significance were .05.

3. The students studied the learning activities through the engineering design process based on STEM education in thermal energy had higher post-test scores compared to pre-test scores of academic achievement scores, with a statistical significance were .05.

Keyword : Engineering Design Processes Learning Activities; STEM Education; Creative Problem Solving Ability; Learning Achievement



กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยการให้ความช่วยเหลือแนะนำจาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ฐิติวรดา พลเยี่ยม อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก ที่ได้กรุณาให้คำแนะนำข้อคิดเห็นตรวจสอบ และแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ มาโดยตลอด ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอขอบพระคุณผู้ช่วย ศาสตราจารย์ ดร. กันยารัตน์ สอนสุภาพ ประธานกรรมการสอบ รองศาสตราจารย์ ดร. กัญญารัตน์ โคจร และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ธัญญลักษณ์ เขจรภักดิ์เป็น กรรมการในการสอบวิทยานิพนธ์ ได้กรุณาตรวจสอบ แก้ไขวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ให้ถูกต้องสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณรองศาสตราจารย์ ดร. ปาริชาติ ประเสริฐสังข์, อาจารย์ ดร. ธัญญาพร ก่องจันทร์, ครูพิพัฒน์พงศ์ พลเยี่ยม และครูพรหม ผูกดวง ที่เป็นผู้เชี่ยวชาญในการช่วยตรวจสอบเครื่องมือการวิจัย ในครั้งนี้

ขอขอบคุณผู้อำนวยการ คณะครู โรงเรียนประสาทวิทยาคาร ที่อนุเคราะห์ในการทดลอง และเก็บรวบรวมข้อมูลในการวิจัย และขอขอบใจนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ทุกคนที่ได้ให้ความร่วมมือในการทำวิจัยจนเสร็จสมบูรณ์

ขอขอบพระคุณ บิดา มารดา และครอบครัวของผู้วิจัย ที่เสียสละ ตลอดจนสนับสนุนส่งเสริม คอยให้กำลังใจมาโดยตลอด รวมถึงญาติพี่น้องทุกท่านที่ให้การสนับสนุนช่วยเหลือแก่ผู้วิจัยตลอดมา คุณค่าและประโยชน์ของวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้วิจัยขอมอบเป็นเครื่องบูชาพระคุณบิดา มารดา ครู อาจารย์ และผู้มีพระคุณทุกท่านที่ได้อบรม สั่งสอน ชี้แนะแนวทางการศึกษาผู้วิจัยมาโดยตลอดจนทำให้ วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี

รัตนภรณ์ หินอ่อน

พนุน ปณ จิตโต ชีเว

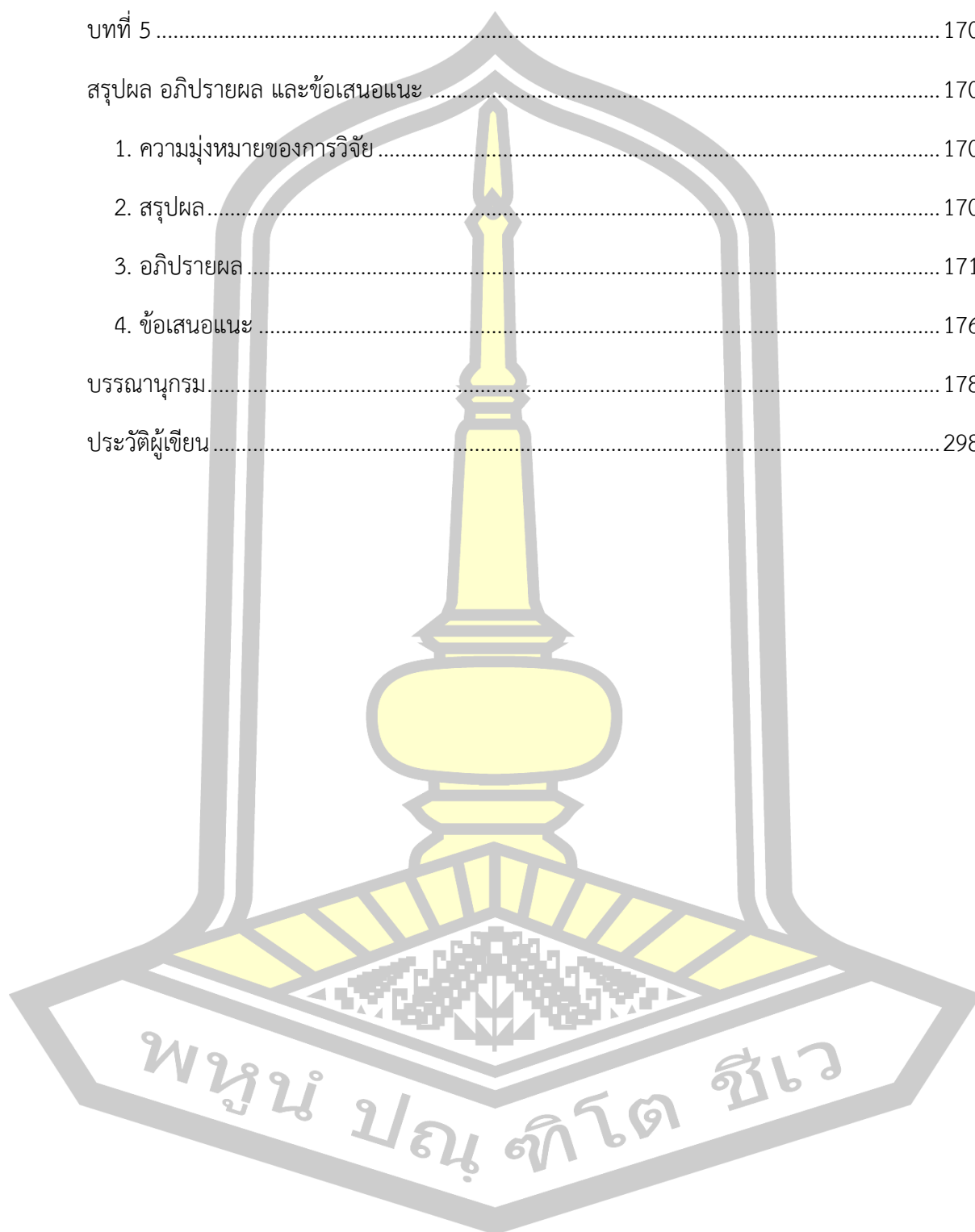
สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	ฉ
กิตติกรรมประกาศ.....	ช
สารบัญ.....	ฌ
สารบัญตาราง.....	ฐ
สารบัญภาพ.....	ฒ
บทที่ 1	1
บทนำ.....	1
ภูมิหลัง	1
ความมุ่งหมายของการวิจัย.....	6
สมมติฐานของการวิจัย.....	6
ความสำคัญของการวิจัย	6
ขอบเขตของการวิจัย.....	6
นิยามศัพท์เฉพาะ.....	7
บทที่ 2	11
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	11
1. หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ.2560).....	11
กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.....	11
1.1 ความสำคัญของวิทยาศาสตร์	11
1.2 เป้าหมายของการเรียนวิทยาศาสตร์.....	12
1.3 สมรรถนะสำคัญของผู้เรียน	13

1.4 คุณลักษณะอันพึงประสงค์.....	14
1.5 สารและมาตรฐานการเรียนรู้.....	14
1.6 คุณภาพของผู้เรียน.....	16
1.7 คำอธิบายรายวิชาวิทยาศาสตร์	18
2. แนวคิดสะเต็มศึกษา.....	28
2.1 แนวคิดทฤษฎีและหลักการการเรียนรู้โดยใช้แนวคิดสะเต็มศึกษา.....	28
2.2 ความหมายของสะเต็มศึกษา.....	31
2.3 จุดเริ่มต้นของแนวคิดสะเต็มศึกษา.....	33
2.4 แนวคิดและลักษณะสำคัญของการเรียนรู้โดยใช้แนวทางสะเต็มศึกษา.....	35
2.5 เหตุผลที่จัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา.....	37
2.6 จุดมุ่งหมายของการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา.....	39
2.7 แนวทางการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา.....	42
2.8 ขั้นตอนในการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา.....	48
2.9 บทบาทของผู้สอนและผู้เรียนในการจัดการเรียนการสอนตามแนวคิดสะเต็มศึกษา.....	52
2.10 การวัดและประเมินผลตามแนวคิดสะเต็มศึกษา.....	54
2.11.3 เกณฑ์การประเมินชิ้นงานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา.....	60
2.12 ข้อดีและข้อจำกัดของการจัดการเรียนการสอนแบบสะเต็มศึกษา.....	76
3. กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม.....	78
3.1 ความหมายของกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม.....	78
3.2 ความสำคัญของกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม.....	80
3.3 ขั้นตอนของกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม.....	82
3.4 ความสัมพันธ์ระหว่างกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมศาสตร์และวิธีการทาง.....	88
วิทยาศาสตร์.....	88
3.5 แนวทางในการจัดการเรียนการสอนโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม.....	89

4. แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้.....	91
6. การแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์.....	103
6.1 ความหมายของการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์.....	103
6.2 ความสำคัญของการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์.....	104
6.3 จุดมุ่งหมายของการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์.....	105
6.4 แนวคิด ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์.....	106
6.5 การวัดและประเมินผลการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์.....	112
8. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	123
8.1 งานวิจัยในประเทศ.....	123
8.2 งานวิจัยต่างประเทศ.....	125
9. กรอบแนวคิดการวิจัย.....	131
บทที่ 3.....	132
วิธีการดำเนินการวิจัย.....	132
1. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง.....	132
2. แบบแผนที่ใช้ในการวิจัย.....	132
3. เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล.....	133
4. การสร้างและหาคุณภาพเครื่องมือ.....	134
5. การเก็บรวบรวมข้อมูล.....	154
6. การวิเคราะห์ข้อมูล.....	154
7. สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล.....	155
บทที่ 4.....	160
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล.....	160
1. สัญลักษณ์ที่ใช้ในการเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล.....	160
2. ลำดับขั้นตอนในการเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล.....	161

3. ผลการวิเคราะห์ข้อมูล.....	161
บทที่ 5	170
สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ	170
1. ความมุ่งหมายของการวิจัย	170
2. สรุปผล	170
3. อภิปรายผล	171
4. ข้อเสนอแนะ	176
บรรณานุกรม.....	178
ประวัติผู้เขียน.....	298



สารบัญตาราง

หน้า

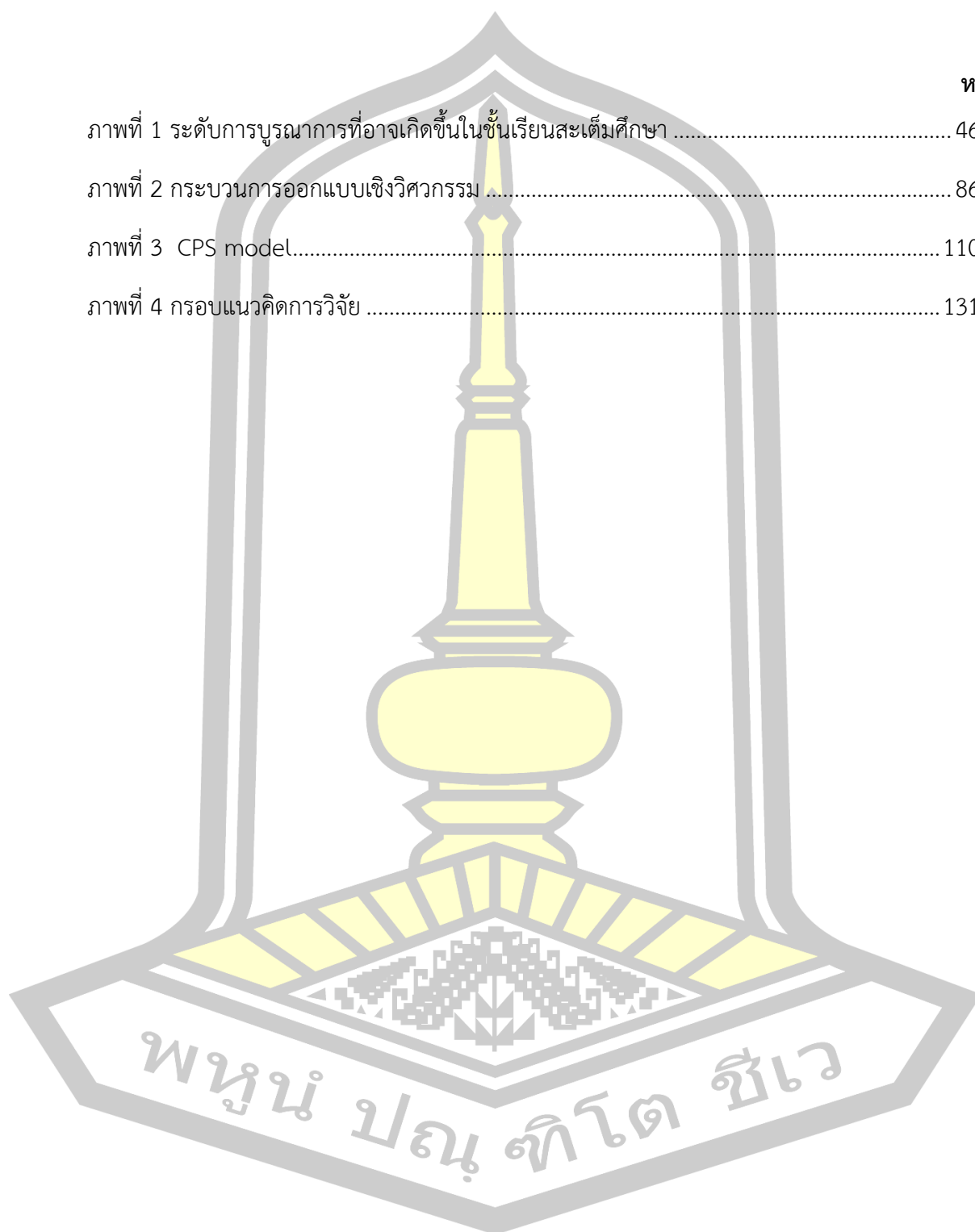
ตารางที่ 1 การวิเคราะห์โครงสร้างหน่วยการเรียนรู้ มาตรฐาน/ตัวชี้วัด วิชาวิทยาศาสตร์พื้นฐาน 2.	19
ตารางที่ 2 การเปรียบเทียบ และการสังเคราะห์รายการประเมินชิ้นงานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา....	59
ตารางที่ 3 เกณฑ์การประเมินชิ้นงานของอัครเดช จำนงค์ธรรม.....	61
ตารางที่ 4 การประเมินชิ้นงานของณัฐชนก กองแก้ว.....	64
ตารางที่ 5 การประเมินชิ้นงานของปราณี ถิ่นเวียงทอง.....	65
ตารางที่ 6 การประเมินชิ้นงานของพรทิพย์ สังเกต.....	68
ตารางที่ 7 การประเมินชิ้นงานของสรวิทย์ นาคเกษม.....	69
ตารางที่ 8 การประเมินชิ้นงานของกิตติมาภรณ์ สมบัติพล.....	71
ตารางที่ 9 การประเมินชิ้นงานของอรอนงค์ เมืองคง.....	73
ตารางที่ 10 สังเคราะห์และสร้างเกณฑ์การประเมินชิ้นงานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา	74
ตารางที่ 11 บทบาทผู้สอนและผู้เรียนในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการออกแบบ	87
ตารางที่ 12 วิเคราะห์แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้และเวลาที่ใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้	134
ตารางที่ 13 วิเคราะห์ความสัมพันธ์ของสาระการเรียนรู้ สาระสำคัญ จุดประสงค์การเรียนรู้ในการ	135
ตารางที่ 14 องค์ประกอบของการประเมินชิ้นงาน	142
ตารางที่ 15 เกณฑ์การประเมินชิ้นงานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา	142
ตารางที่ 16 เกณฑ์การประเมินความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ตามพฤติกรรม .	146
ตารางที่ 17 วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างเนื้อหา สาระการเรียนรู้ และจุดประสงค์การเรียนรู้ของ	151
ตารางที่ 18 คะแนนประสิทธิภาพของกระบวนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ (E_1) ของนักเรียนกลุ่ม ..	162
ตารางที่ 19 คะแนนประสิทธิภาพของผลลัพธ์ (E_2) ของนักเรียนกลุ่มตัวอย่างชั้นมัธยมศึกษา	164
ตารางที่ 20 ผลการวิเคราะห์หาประสิทธิภาพของกระบวนการ (E_1) และประสิทธิภาพของ.....	166

ตารางที่ 21 ผลการวิเคราะห์คะแนนสอบความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์หลังการ.....	167
ตารางที่ 22 ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์โดย	168
ตารางที่ 23 การวิเคราะห์คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังได้รับการจัดกิจกรรม	168
ตารางที่ 24 ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนโดยการจัดกิจกรรม	169
ตารางที่ 25 ผลการประเมินความเหมาะสมกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยกระบวนการออกแบบ	269
ตารางที่ 26 ผลการประเมินความเหมาะสมแบบประเมินความสามารถในการแก้ปัญหา	272
ตารางที่ 27 ผลการประเมินความเหมาะสมแบบประเมินชิ้นงานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา	273
ตารางที่ 28 ค่าดัชนีความสอดคล้อง(IOC)ระหว่างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน	274
ตารางที่ 29 ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ระหว่างแบบทดสอบวัดความสามารถ.....	275
ตารางที่ 30 ผลการวิเคราะห์ค่าความยาก ค่าอำนาจจำแนก รายข้อ และค่าความเชื่อมั่นของ	276
ตารางที่ 31 ผลการวิเคราะห์ค่าอำนาจจำแนก รายข้อ และค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ	277
ตารางที่ 32 คะแนนประสิทธิภาพของกระบวนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ (E_1) ของนักเรียนกลุ่ม ..	279
ตารางที่ 33 คะแนนประสิทธิภาพของกระบวนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ (E_1) ของนักเรียนกลุ่ม ..	283
ตารางที่ 34 คะแนนประสิทธิภาพของผลลัพธ์ (E_2) ของนักเรียนกลุ่มตัวอย่างชั้นมัธยมศึกษา	285
ตารางที่ 35 คะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์และคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการ ..	287
ตารางที่ 36 คะแนนแบบทดสอบความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ของนักเรียนกลุ่ม	289



สารบัญภาพ

	หน้า
ภาพที่ 1 ระดับการบูรณาการที่อาจเกิดขึ้นในชั้นเรียนสะเต็มศึกษา	46
ภาพที่ 2 กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม	86
ภาพที่ 3 CPS model.....	110
ภาพที่ 4 กรอบแนวคิดการวิจัย	131



บทที่ 1

บทนำ

ภูมิหลัง

ปัจจุบันวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีนั้นมีบทบาทสำคัญอย่างยิ่งในสังคมโลกปัจจุบันและอนาคต เพราะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเป็นปัจจัยที่สำคัญในการพัฒนาประเทศ มีความเกี่ยวข้องกับทุกคนทั้งในชีวิตประจำวันและการทำงานอาชีพต่าง ๆ ตลอดจนนวัตกรรมที่ทันสมัย เครื่องมือเครื่องใช้ และผลผลิตต่าง ๆ ที่มนุษย์ได้ใช้เพื่ออำนวยความสะดวกในชีวิตและการทำงานเหล่านี้ล้วนเป็นผลของความรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีผสมผสานกับความคิดสร้างสรรค์และศาสตร์อื่น ๆ วิทยาศาสตร์ช่วยให้มนุษย์ได้พัฒนาความสามารถในการคิด คิดขั้นสูง คิดวิเคราะห์ คิดสังเคราะห์ หรือคิดแก้ปัญหาจากสถานการณ์ที่เกิดขึ้นจริงได้ โดยที่ผู้เรียนจะต้องยึดความถูกต้องและเป็นธรรม ถึงจะได้เป็นที่ยอมรับในระดับสากล (พิมพันธ์ เดชะคุปต์ และเพยาว์ ยินดีสุข, 2557)

หลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ.2560) กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน, 2561) มีการวางรากฐานการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแต่ละช่วงชั้นให้ต่อเนื่องเชื่อมโยงกัน ให้นักเรียนเข้าใจในหลักการและทฤษฎีขั้นพื้นฐานทางวิทยาศาสตร์ ได้มุ่งหวังให้นักเรียนได้เรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่เน้นการเชื่อมโยงความรู้กับกระบวนการ มีทักษะสำคัญในการค้นคว้า สร้างองค์ความรู้ โดยใช้กระบวนการในการสืบเสาะหาความรู้ และการแก้ปัญหาที่หลากหลาย ให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการเรียนรู้ทุกขั้นตอน มีการทำกิจกรรมด้วยการลงมือปฏิบัติจริงอย่างหลากหลายเหมาะสมกับระดับชั้น สามารถถ่ายทอดความรู้ความเข้าใจที่ถูกต้องให้ผู้อื่นรับรู้ได้ มีความสามารถในการคิด คิดวิเคราะห์แยกแยะอย่างเป็นระบบ คิดในการวิพากษ์วิจารณ์อย่างสร้างสรรค์ การพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ โดยการคิดสิ่งที่แปลกใหม่ สร้างสรรค์ผลงานหรือสร้างนวัตกรรมใหม่ ๆ หรือการสร้างทางเลือกในการแก้ปัญหาต่าง ๆ อย่างหลากหลายวิธี ให้นักเรียนเกิดทักษะในการแก้ปัญหาและทักษะชีวิตมากยิ่งขึ้น การส่งเสริมและพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ให้เกิดขึ้นในตัวผู้เรียนจึงเป็นสิ่งที่มีความจำเป็นมาก ดังนั้นทุกคนจึงจำเป็นต้องได้รับการพัฒนาให้รู้วิทยาศาสตร์ เพื่อที่จะมีความรู้ความเข้าใจในธรรมชาติและเทคโนโลยีที่มนุษย์สร้างสรรค์ขึ้นสามารถนำความรู้ไปใช้อย่างมีเหตุผล สร้างสรรค์ และมีคุณธรรม (กระทรวงศึกษาธิการ, 2551)

สิ่งที่สำคัญสำหรับการพัฒนาผู้เรียน คือ การจัดการศึกษาที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดความคิด เพราะถ้าคนเราที่ทักษะการคิดโดยรู้จักคิดเป็น ทำเป็น แก้ปัญหาเป็น ไม่ว่าจะเกิดอะไรขึ้นย่อมสามารถที่จะเอาตัวรอดได้เป็นอย่างดีในทุกสถานการณ์ ในยุคศตวรรษที่ 21 มนุษย์ที่จะสามารถประสบความสำเร็จในชีวิตจะมีเพียงความรู้อย่างเดียวไม่เพียงพอแล้ว ซึ่งจะต้องมีทักษะในการแก้ปัญหา และความคิดสร้างสรรค์หาสิ่งที่แปลกใหม่ควบคู่กันไปด้วย (Shinn, 2004) เพื่อนำไปสู่การ

แก้ไขปัญหามีความซับซ้อนในสภาพชีวิตจริงในยุคแห่งการเปลี่ยนแปลงของเทคโนโลยี และเป็นยุคที่มีการสร้างนวัตกรรมใหม่ ๆ ที่สร้างสรรค์ การคิดแก้ปัญหาเป็นกระบวนการคิดที่สำคัญที่ช่วยให้มนุษย์เกิดการเรียนรู้ ในขณะที่สภาพสังคมปัจจุบันมีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว ผู้เรียนที่มีความสามารถในการคิดแก้ปัญหาได้ดีจึงจะสามารถเผชิญกับสภาพสังคมที่เปลี่ยนแปลงได้อย่างราบรื่น (มนัส บุญประกอบ, 2542) ส่งผลให้มีการเปลี่ยนแปลงการจัดการเรียนรู้เพื่อให้เด็กในศตวรรษที่ 21 นี้มีความรู้ความสามารถและทักษะจำเป็น ซึ่งเป็นผลจากการปฏิรูปเปลี่ยนแปลงรูปแบบการจัดการเรียนการสอน ตลอดจนการเตรียมความพร้อมด้านต่างๆ ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21 (21st Century Skills) ซึ่งสอดคล้องกับทักษะที่จำเป็นสำหรับคนไทยในศตวรรษที่ 21 วิจารย์ พานิช (2555) ได้กล่าวถึงทักษะเพื่อการดำรงชีวิตในศตวรรษ ที่ 21 ดังนี้ สาระวิชามีความสำคัญ แต่ไม่เพียงพอสำหรับการเรียนรู้ในโลกยุคศตวรรษที่ 21 ปัจจุบันการเรียนรู้สาระวิชา (content หรือ subject matter) ควรเป็นการเรียนจากการค้นคว้าเองของศิษย์ โดยครูช่วยแนะนำ และช่วยออกแบบกิจกรรม ที่ช่วยให้แก่นักเรียนแต่ละคนสามารถประเมินความก้าวหน้าของการเรียนรู้ของตนเองได้

การแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ (Creative Problem Solving: CPS) เป็นกรอบแนวคิดและวิธีการที่ได้รับการพัฒนาขึ้นเพื่อช่วยผู้แก้ปัญหาในการใช้ความคิดสร้างสรรค์นำไปสู่การบรรลุเป้าหมายอย่างประสบความสำเร็จ โดยสามารถเอาชนะอุปสรรคที่เผชิญได้ และส่งเสริมพฤติกรรมเชิงบวกที่นำไปสู่การบรรลุเป้าหมายและความฝัน (Treffinger & Isaksen, 2011) กระบวนการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์มีความสำคัญ เนื่องจากเป็นกระบวนการที่มุ่งแสวงหาคำตอบและแก้ไขปัญหารวมถึงพัฒนาสภาวะแวดล้อมหรือสถานการณ์ที่มีอยู่ให้ดีขึ้น ผ่านการทำงานร่วมกัน การคิดอย่างสร้างสรรค์ และการคิดอย่างมีวิจารณญาณในกระบวนการนี้ การคิดสร้างสรรค์ (Creative Thinking) จะถูกส่งเสริมให้ผู้เรียนคิดอย่างหลากหลายที่สุดโดยไม่ตัดสินความคิดในทันทีว่าดีหรือไม่ดี ก่อนที่จะใช้การคิดอย่างมีวิจารณญาณ (Critical Thinking) ในการคัดเลือกและประเมินวิธีการแก้ปัญหาที่ดีที่สุด (สิทธิชัย ชมพูพาทย์, 2554 อ้างอิงใน ปราณี ถิ่นเวียงทอง, 2564) ทั้งนี้ ผู้เรียนยังได้รับการส่งเสริมให้มีการควบคุมตนเองในการวิเคราะห์และตัดสินใจเพื่อให้การแก้ปัญหาเป็นไปอย่างรอบคอบและมีประสิทธิภาพ นอกจากนี้ วัชรินทร์ คงพิบูลย์ (2566) ระบุว่ากระบวนการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ เพื่อพัฒนาทักษะการคิดขั้นสูง (Higher-Order Thinking Skills) การแก้ปัญหา และการเตรียมความพร้อมของผู้เรียนในหลากหลายด้าน พร้อมทั้งสนับสนุนการพัฒนามาตรฐานการศึกษา หลักสูตรการเรียนการสอน การพัฒนาครู และการสร้างสภาพแวดล้อมที่เอื้อต่อการเรียนรู้อย่างมีคุณภาพ กระบวนการนี้ยังสามารถนำไปศึกษาต่อยอดและพัฒนาให้สอดคล้องกับสถานการณ์ในอนาคตได้อย่างมีประสิทธิภาพ และที่สำคัญการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์มีความสอดคล้องกับการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ในหลายมิติ เนื่องจากวิทยาศาสตร์เองเป็นกระบวนการที่เกี่ยวข้องกับการตั้งคำถาม การค้นคว้า ทดลอง สังเกต วิเคราะห์ และหาคำตอบ ซึ่งแต่ละขั้นตอนล้วนต้องอาศัยทักษะการคิดสร้างสรรค์และการแก้ปัญหอย่างเป็นระบบ ดังนั้นการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์จึงเป็นกลไกสำคัญในการขับเคลื่อนการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์สมัยใหม่ ช่วยให้ผู้เรียนไม่เพียงแต่สามารถเข้าใจเนื้อหาทางวิทยาศาสตร์เท่านั้น แต่ยังสามารถประยุกต์ใช้ความรู้

ดังกล่าวเพื่อคิดค้น นำเสนอ และแก้ไขปัญหาใหม่ ๆ อย่างสร้างสรรค์และมีประสิทธิภาพ การแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์เป็นกลไกสำคัญในการขับเคลื่อนการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์สมัยใหม่ ช่วยให้ผู้เรียนไม่เพียงแต่สามารถเข้าใจเนื้อหาทางวิทยาศาสตร์เท่านั้น แต่ยังสามารถประยุกต์ใช้ความรู้ ดังกล่าวเพื่อคิดค้น นำเสนอ และแก้ไขปัญหาใหม่ ๆ อย่างสร้างสรรค์และมีประสิทธิภาพ

การจัดการเรียนรู้ในรายวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีโรงเรียนประสาทวิทยาคาร สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาสุรินทร์ นั้นยังไม่เอื้อต่อนักเรียนในเรื่องของการทดลอง การสืบค้น สืบหาหลักฐาน และการใช้เหตุผลมาสรุป เพื่อให้ผู้เรียนได้เกิดการแก้ปัญหาผ่านการ ค้นคว้าหาข้อมูล การคิด การวางแผน การร่วมมือ และแก้ไขปัญหผ่านการลงมือปฏิบัติจริงใน ประเด็นปัญหาที่สร้างสรรค์ ทำทนายแปลกใหม่ และกระตุ้นให้ผู้เรียนมีทักษะกระบวนการคิดวิเคราะห์ สังเคราะห์ ประเมินค่า และสร้างสรรค์ผลงานและผลผลิตตลอดจนนวัตกรรมออกมาเพื่อแก้ปัญหา นั้น ๆ (สุภักดิ์ โอฬารพิริยกุล, 2562) จากประสบการณ์สอนที่ผ่านมาผู้วิจัยได้รับผิดชอบในการจัดการ เรียนการสอนรายวิชาวิทยาศาสตร์ในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 เป็นระยะเวลา 6 ปี ผู้วิจัยได้ ดำเนินการสำรวจและวิเคราะห์สภาพปัญหาในชั้นเรียน พบว่าปัญหาที่ส่งผลกระทบต่อการเรียนรู้มาก ที่สุด คือ นักเรียนไม่สามารถคิดหาแนวทางในการแก้ปัญหาที่หลากหลาย หรือสร้างนวัตกรรมใหม่ ๆ ที่แปลกและแตกต่างไปจากเดิมในการนำมาใช้ในการแก้ปัญหา การนำความรู้เดิมไปประยุกต์คำตอบ ให้มีความละเอียดรอบคอบและเป็นระบบมากยิ่งขึ้น โดยสังเกตพฤติกรรมในชั้นเรียนของนักเรียน การตอบคำถามของนักเรียน การทำชิ้นงาน การอธิบาย การยกตัวอย่างแนวทางแก้ไขปัญหจาก สถานการณ์ที่ครูกำหนด หรือการทำข้อสอบอัตนัย นักเรียนยังขาดความคิดสร้างสรรค์ในการ แก้ปัญหาในการเรียนรายวิชาวิทยาศาสตร์ ครูผู้สอนจึงได้นำเครื่องมือแบบทดสอบความสามารถใน การแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ของจักกฤต ภูษงค์ประเวช (2563) ไปทดสอบกับนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง โดยแบบทดสอบในการวัดความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์เป็นแบบอัตนัย วัดการเข้าใจความท้าทาย การสร้างแนวคิด และการเตรียมปฏิบัติการ โดยกำหนดสถานการณ์ปัญหา แล้วให้นักเรียนเลือกมา 1 สถานการณ์ ในการทำแบบทดสอบ พบว่าผลการสอบของนักเรียนกลุ่ม ตัวอย่างส่วนใหญ่ไม่ผ่านเกณฑ์ ร้อยละ 75 ตามที่ผู้วิจัยกำหนดไว้ ซึ่งเกณฑ์ร้อยละ 75 เป็นเกณฑ์ที่ นักการศึกษาส่วนใหญ่ยอมรับ และเมื่อนำคะแนนมาเปรียบเทียบกับเกณฑ์ที่กำหนดตามหลักสูตร แกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พ.ศ.2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ.2560) อยู่ในระดับ ต่ำมาก (โนรสา มีมะณี, 2564) นอกจากนี้แล้วนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนประสาทวิทยาคาร สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาสุรินทร์ ยังไม่สามารถแก้ปัญหาต่าง ๆ ด้วยวิธีการที่ แปลกใหม่ หรือวิธีการที่หลากหลายในขณะที่ทำงานกลุ่มได้ เพราะนักเรียนไม่สามารถประยุกต์ใช้ ความรู้ และประสบการณ์เดิมในชีวิตประจำวันมาใช้ในการแก้ปัญหานั้น ๆ นักเรียนยังคงใช้วิธี แก้ปัญหาแบบเดิมของตน ทำให้มีวิธีในการแก้ปัญหาน้อย ไม่ได้เลือกวิธีที่ดีที่สุดในการนำมาใช้ในการ แก้ปัญหา โดยอ้างอิงจากการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนในชั้นเรียน และการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการ

เรียนของนักเรียนในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2567 ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดของกอร์ดอน (Gordon, 1998) อ้างถึงใน (ทีศนา แคมมณี, 2560) ที่ได้เสนอว่าบุคคลทั่วไปมักยึดติดกับวิธีคิดแก้ปัญหาแบบเดิมของตน ทำให้การคิดของตนคับแคบและไม่สร้างสรรค์ การที่บุคคลจะเกิดความคิดที่สร้างสรรค์แตกต่างจากเดิมจะต้องมีโอกาสได้ลองคิดแก้ปัญหาด้วยวิธีการที่ไม่เคยคิดมาก่อน และถ้ายิ่งให้บุคคลจากหลากหลายกลุ่มประสบการณ์มาช่วยกันแก้ปัญหาจะยิ่งได้วิธีการที่หลากหลาย และมีประสิทธิภาพมากขึ้น

จากสภาพปัญหาดังกล่าวผู้วิจัยจึงได้ศึกษานวัตกรรม เพื่อนำมาใช้ในการส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ ช่วยให้เห็นโอกาสที่นำไปสู่การค้นพบสิ่งใหม่ การประดิษฐ์และก่อให้เกิดนวัตกรรมใหม่ ๆ ทำให้นักเรียนแก้ปัญหาต่าง ๆ ที่เข้ามาได้อย่างรวดเร็วและพัฒนาสิ่งต่าง ๆ ได้โดดเด่นกว่าผู้อื่น ซึ่งสามารถช่วยให้นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่สูงขึ้นด้วย และที่สำคัญโลกของการแข่งขันทำให้ต้องมีการพัฒนาสิ่งต่าง ๆ อย่างไม่หยุดนิ่ง พร้อมก้าวสู่ออนาคต (เกรียงศักดิ์ เจริญวงศ์ศักดิ์, 2556) ซึ่งผู้เรียนจะต้องเกิดความรู้ความเข้าใจในเรื่องที่เรียนอย่างแท้จริง โดยการให้ผู้เรียนสร้างความรู้ด้วยตนเอง ลงมือปฏิบัติจริง โดยอาศัยความร่วมมือจากกลุ่ม กระบวนการคิด กระบวนการกลุ่ม มีปฏิสัมพันธ์ทางสังคม ทำให้ผู้เรียนมีสัมพันธภาพที่ดีต่อกันช่วยเหลือกัน นำไปสู่ความสำเร็จ และการพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ หรือการสร้างสรรค์ผลงานได้อย่างหลากหลายและแปลกใหม่ไปใช้ในการแก้ปัญหาในชีวิตประจำวันได้ โดยการจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมตามแนวทางสะเต็มศึกษา

การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์และคณิตศาสตร์ หรือ สะเต็มศึกษา คือ การจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการข้ามกลุ่มสาระวิชา ระหว่าง 4 วิชา ได้แก่ วิทยาศาสตร์ (Science: S) เทคโนโลยี (Technology: T) วิศวกรรมศาสตร์ (Engineer: E) และคณิตศาสตร์ (Mathematics: M) โดยนำจุดเด่นของธรรมชาติ ตลอดจนวิธีการจัดการเรียนรู้ของแต่ละสาขาวิชามาสผสมผสานกันเพื่อให้ผู้เรียนนำความรู้ทุกแขนงมาใช้ในการแก้ปัญหา การค้นคว้าและพัฒนาสิ่งต่าง ๆ ในสถานการณ์โลกปัจจุบัน ซึ่งเป็นการจัดการเรียนรู้ที่ทำให้ผู้เรียนเกิดการพัฒนาด้านต่าง ๆ และสอดคล้องกับการพัฒนาคนให้มีคุณภาพในศตวรรษที่ 21 เช่น ผู้เรียนเข้าใจในเนื้อหาวิชา และพัฒนาทักษะการคิด เช่น การคิดวิเคราะห์ การคิดสร้างสรรค์ การคิดแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ เป็นต้น ดังนั้น ลักษณะสำคัญของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา คือ การจัดกระบวนการเรียนรู้ผ่านกิจกรรมหรือโครงงานที่บูรณาการการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยีผนวกกับแนวทางการออกแบบเชิงวิศวกรรม ซึ่งมีขั้นตอนการจัดกิจกรรม 6 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นที่ 1 ขั้นระบุปัญหา (Problem Identification) ขั้นที่ 2 ขั้นรวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา (Related Information Search) ขั้นที่ 3 ขั้นออกแบบวิธีการแก้ปัญหา (Solution Design) ขั้นที่ 4 ขั้นวางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา (Planning and Development)

ขั้นที่ 5 ขั้นทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ไขปัญหาหรือแก้ไขชิ้นงาน (Testing, Evaluation and Design Improvement) และขั้นที่ 6 ขั้นนำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน (Presentation) โดยนักเรียนจะทำกิจกรรมกระตุ้นการเรียนรู้แบบลงมือปฏิบัติ (Active Learning) เพื่อพัฒนาความรู้ ความเข้าใจและฝึกทักษะด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์และเทคโนโลยี และนำความรู้มาออกแบบชิ้นงานหรือวิธีการเพื่อตอบสนองความต้องการหรือแก้ปัญหาที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวัน โดยผู้เรียนมีบทบาทในการแสวงหาความรู้และเรียนรู้อย่างมีปฏิสัมพันธ์กับเพื่อน ผู้สอน และสิ่งแวดล้อม (พรทิพย์ ศิริภัทราชัย, 2556, สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2557) และที่สำคัญการเรียนรู้การออกแบบเชิงวิศวกรรมหรือการหาทางแก้ปัญหาว่าจะออกแบบหรือหาทางออกให้กับปัญหาอย่างไรมีความจำเป็นมาก เพราะเป็นกระบวนการสำคัญต่อการพัฒนาสิ่งของต่าง ๆ เช่น อุปกรณ์ เครื่องมือ วัสดุ หรือวิธีการแก้ปัญหาใหม่ ๆ ทั้งในการทำงานและชีวิตประจำวัน (สุทธิดา จำรัส, 2560) โดยมุ่งแก้ไขปัญหที่พบในชีวิตจริง เพื่อสร้างเสริมประสบการณ์ ทักษะชีวิต ความคิดสร้างสรรค์สู่การสร้างนวัตกรรมในอนาคต

ตลอดจนสามารถรองรับและส่งเสริมการพัฒนาทักษะสำคัญในศตวรรษที่ 21 ประกอบด้วย 1) ด้านปัญญา ที่เน้นความเข้าใจในเนื้อหาวิชาจากการที่ได้ลงมือปฏิบัติ ส่งผลให้สามารถเชื่อมโยงความรู้ไปใช้ในชีวิตประจำวันได้ 2) ด้านทักษะการคิด ที่พัฒนาทักษะการคิดตั้งแต่พื้นฐานจนถึงการคิดขั้นสูง และ 3) ด้านคุณลักษณะที่มุ่งเน้นทักษะการทำงานกลุ่ม การสื่อสารที่มีประสิทธิภาพ การเป็นผู้นำตลอดจนการยอมรับคำวิจารณ์วิจารณ์ของผู้อื่น (ศศิเทพ ปิติพรเทพิน, 2558, ภัฏญวิทย์ กลิ่นบำรุง, 2560) อีกทั้งส่งเสริมการเรียนรู้ด้วยตนเองและพัฒนาทักษะในการแก้ปัญหา กระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดความต้องการที่จะใฝ่หาความรู้ ฝึกฝนให้ผู้เรียนคิดแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบ ซึ่งเป็นการสอนที่มีจุดเด่นที่เน้นลักษณะการคิดของผู้เรียนให้แจ่มชัด ซึ่งการสืบค้นเป็นกระบวนการหาคำตอบให้กับปัญหาจากสถานการณ์ที่กำหนด มีการทดสอบ ปรับปรุงแก้ไขให้ดียิ่งขึ้น ทำให้เกิดความประทับใจ เพราะได้ใช้สติปัญญาความรู้ความสามารถในการคิดและมีส่วนร่วมในการเรียนอย่างกระตือรือร้น ทำให้การเรียนรู้มีคุณค่าและมีความหมายยิ่งขึ้น เป็นวิธีการส่งเสริมให้ผู้เรียนคิดอย่างไตร่ตรอง รอบคอบและสร้างสรรค์ สามารถแก้ปัญหาได้ด้วยความเข้าใจและนำไปประยุกต์ใช้เพื่อสร้างองค์ความรู้ใหม่ได้อย่างเหมาะสมและมีคุณค่าสำหรับตนเอง (นิราศ จันทระจิตร, 2550)

จากความเป็นมาและความสำคัญของปัญหาข้างต้น ผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมตามแนวคิดสะเต็มศึกษาที่ส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ เรื่อง พลังงานความร้อน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษา ปีที่ 1 เพื่อให้ผู้เรียนจะสามารถเรียนรู้กระบวนการคิด การออกแบบในรายละเอียดได้อย่างเป็นลำดับขั้นตอน สามารถเชื่อมโยง หรือความสัมพันธ์ของส่วนประกอบต่าง ๆ ได้อย่างเป็นระบบ มีการค้นคว้าด้วยตนเอง เกิดความคิดสร้างสรรค์ คิดสร้างผลงานที่แปลกใหม่ คิดแก้ปัญหาได้อย่างหลากหลายและสามารถนำ

ความรู้ไปปรับใช้ในการสร้างนวัตกรรมให้เกิดประโยชน์และสามารถนำมาแก้ปัญหาหรือสร้างทางเลือกในการแก้ปัญหาในการดำรงชีวิตประจำวันต่อไปได้

ความมุ่งหมายของการวิจัย

1. พัฒนากิจกรรมการเรียนรู้ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง พลังงานความร้อนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ให้มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 75/75
2. เปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ โดยการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง พลังงานความร้อนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ก่อนเรียนและหลังเรียน
3. เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน โดยการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง พลังงานความร้อนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ก่อนเรียนและหลังเรียน

สมมติฐานของการวิจัย

1. นักเรียนมีความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์โดยการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง พลังงานความร้อนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05
2. นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนโดยการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง พลังงานความร้อนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ความสำคัญของการวิจัย

1. เป็นแนวทางสำหรับครูผู้สอนหรือผู้ที่สนใจศึกษาการพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์
2. เป็นแนวทางสำหรับครูผู้สอนหรือผู้ที่สนใจในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมตามแนวคิดสะเต็มศึกษาในระดับชั้นอื่น ๆ ให้เหมาะสมกับบริบทต่อไป

ขอบเขตของการวิจัย

1. ประชากรและกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย

1.1 ประชากรที่ใช้ในการวิจัย

ประชากรในการวิจัยครั้งนี้เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่กำลังศึกษาอยู่ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2567 โรงเรียนประสาทวิทยาคาร สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษา

มัธยมศึกษาสุรินทร์ จำนวน 13 ห้อง มีจำนวนนักเรียน 520 คน เป็นนักเรียนที่มีการละ
ความสามารถของเด็กเก่ง ปานกลาง และอ่อน

1.2 กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1/12 ที่กำลังศึกษา
อยู่ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2567 โรงเรียนประสาทวิทยาคาร สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่
การศึกษามัธยมศึกษาสุรินทร์ จำนวน 1 ห้องเรียน มีนักเรียนจำนวน 39 คน ซึ่งได้มาจากการสุ่ม
ตัวอย่างแบบกลุ่ม (Cluster Random Sampling) โดยใช้ห้องเรียนเป็นหน่วยสุ่ม เนื่องจากเป็น
นักเรียนที่มีการละความสามารถของเด็กเก่ง ปานกลาง และอ่อน

2. ด้านเนื้อหาที่ใช้ในการวิจัย

เนื้อหาที่ใช้ในการสอน การวิจัยครั้งนี้ ใช้ในหาในกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และ
เทคโนโลยี เรื่อง พลังงานความร้อน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2567
ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ.2560)

3. ตัวแปรที่ใช้ในการวิจัย

3.1 ตัวแปรต้น ได้แก่

กิจกรรมการเรียนรู้ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมตามแนวคิดสะเต็มศึกษา

3.2 ตัวแปรตาม ได้แก่

ความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

4. ระยะเวลาที่ใช้ในการวิจัย

ผู้วิจัยทำการทดลองในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2567 ใช้เวลา 12 ชั่วโมง จำนวน 8
แผนการจัดการเรียนรู้

นิยามศัพท์เฉพาะ

1. กิจกรรมการเรียนรู้ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมตามแนวคิดสะเต็มศึกษา

หมายถึง การพัฒนาการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมตามแนวคิด
สะเต็มศึกษา เรื่อง พลังงานความร้อนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 เป็นการจัดการเรียนรู้ที่
บูรณาการความรู้ใน 4 วิชา ได้แก่ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์

ผนวกกับแนวคิดการออกแบบเชิงวิศวกรรม โดยการบูรณาการการนำเสนอข้อมูลด้วยรูปแบบต่าง ๆ เพื่อเป็นการสื่อสารให้ผู้อื่นเข้าใจง่ายและมีความชัดเจนยิ่งขึ้น เกิดการเรียนรู้ที่คงทน ซึ่งมีมีขั้นตอนดังนี้

1.1 ขั้นที่ 1 ขั้นระบุปัญหา (Problem Identification) ครูยกสถานการณ์ตัวอย่างที่พบในชีวิตประจำวัน ให้ผู้เรียนร่วมกันสังเกตและระดมความคิด ระบุปัญหาที่เกิดขึ้นจากสถานการณ์ตัวอย่างที่ครูกำหนด ผู้เรียนวิเคราะห์ปัญหา และทำความเข้าใจ หรือบริบทของปัญหาโดยแยกแยะว่าปัญหานั้นมีองค์ประกอบย่อย ๆ อะไรบ้าง เกิดจากอะไร และมีความเชื่อมโยงสัมพันธ์กันอย่างไร

1.2 ขั้นที่ 2 ขั้นรวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา (Related Information Search) ผู้เรียนศึกษาค้นคว้า ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับปัญหาจากสถานการณ์ที่กำหนด ศึกษาแนวทางการแก้ไข และผลการแก้ไขจากข้อมูลการสืบค้นและแหล่งข้อมูลในการสืบค้นที่มีความหลากหลาย

1.3 ขั้นที่ 3 ขั้นออกแบบวิธีการแก้ปัญหา (Solution Design) ผู้เรียนระดมสมอง คิดหาวิธีการเพื่อแก้ปัญหาที่ผู้เรียนสนใจจากสถานการณ์ที่กำหนด ต้องคำนึงถึงเงื่อนไข หรือข้อจำกัดของปัญหา และประโยชน์จากการแก้ปัญหา โดยเน้นแนวคิดที่สร้างสรรค์และหลากหลาย แล้วประเมินว่าจะเลือกวิธีแก้ปัญหาใดที่มีความเป็นไปได้ และดีที่สุดเพื่อนำไปออกแบบและปฏิบัติจริงตามที่ได้ออกแบบไว้

1.4 ขั้นที่ 4 ขั้นวางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา (Planning and Development) ผู้เรียนออกแบบและเขียนแผนการปฏิบัติการจากร่างแนวคิดวิธีการแก้ปัญหาที่ผ่านการเลือกแล้วว่าเป็นวิธีที่มีความเหมาะสมโดยจัดทำรายละเอียดขั้นตอนการดำเนินงาน เงื่อนไขที่กำหนด ความเหมาะสมด้านเทคนิคหรือแนวทางในการแก้ปัญหา จากนั้นให้ผู้เรียนดำเนินการตามแผนที่ออกแบบไว้ โดยบันทึกความสำเร็จตามแผน ปัญหา อุปสรรค วิธีแก้ไข และรายงานความก้าวหน้าให้ครูทราบเป็นระยะ ๆ

1.5 ขั้นที่ 5 ขั้นทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ไขปัญหาคือหรือแก้ไขชิ้นงาน (Testing, Evaluation and Design Improvement) ผู้เรียนตรวจสอบผลงาน และประเมินผลงานโดยยึดว่า ผลงานนั้นมีคุณลักษณะเป็นไปตามความต้องการ และภายใต้เงื่อนไขที่ได้กำหนดไว้แต่แรกหรือไม่ จากผลการประเมินมีสิ่งใดที่ต้องปรับปรุงหรือไม่ หากมีการปรับปรุงจะต้องบันทึกการปรับปรุง

1.6 ขั้นที่ 6 ขั้นนำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน (Presentation) ผู้เรียนนำเสนออย่างเป็นขั้นตอน ตั้งแต่ขั้นตอนของการทำความเข้าใจปัญหาว่าอะไรคือเป้าหมาย อะไรคือความต้องการ อะไรเป็นข้อจำกัดของการสร้างงาน การรวบรวมข้อมูลทำให้เรียนรู้อะไร การออกแบบอยู่บนพื้นฐานของการใช้วิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์อย่างไร มีเทคโนโลยี

อะไรที่ใช้ประโยชน์ในการสร้างงานนี้ เกิดปัญหาอุปสรรคระหว่างสร้างงานอย่างไร ปรับแก้อย่างไร และผลลัพธ์สุดท้ายเป็นไปตามเป้าหมายและความต้องการหรือไม่ และให้ผู้เรียนลงข้อสรุปให้ผู้ฟังเห็นชัดเจนว่าวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ วิศวกรรมและเทคโนโลยี สามารถนำมาใช้ในการแก้ปัญหาในชีวิตจริงได้

2. ความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ หมายถึง ความสามารถในการแสวงหาคำตอบหรือการคิดแก้ปัญหาของผู้เรียน โดยคิดได้แปลกใหม่ กว้างขวาง หลายทิศทาง มีการดัดแปลง ปรับแต่งผสมผสานความคิดจากประสบการณ์ ทำให้สามารถตัดสินใจเลือกวิธีการที่เหมาะสมและมีเหตุผลในการแก้ปัญหาจากสถานการณ์นั้น ๆ โดยการออกแบบและสร้างชิ้นงานที่ครูกำหนดในใบกิจกรรมและแบบทดสอบความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ แบบอัตนัยเป็นสถานการณ์มีจำนวน 3 ข้อ ซึ่งแต่ละข้อจะวัด 4 องค์ประกอบ จากการประยุกต์ตามแนวคิดของ Treffinger, Isaksen & Dorval, (2011) โดยสังเคราะห์ 4 องค์ประกอบ ได้แก่ 1) การเข้าใจความท้าทาย 2) การสร้างแนวคิด 3) การเตรียมปฏิบัติการ 4) การวางแผนแนวปฏิบัติ ซึ่งผู้วิจัยได้สร้างแบบประเมินความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ ดังนี้

องค์ประกอบที่ 1 การทำความเข้าใจความท้าทาย (Understand the challenges) หมายถึง ผู้เรียนเกิดความท้าทายและเข้าใจปัญหา สามารถระบุปัญหาและข้อมูลที่เกี่ยวข้องจากสถานการณ์ที่กำหนดผ่านแหล่งข้อมูลที่น่าเชื่อถือ

องค์ประกอบที่ 2 การสร้างแนวคิด (Generating idea) หมายถึง ผู้เรียนระบุสาเหตุที่ทำให้เกิดปัญหา โดยวิเคราะห์จากสถานการณ์ แล้วสร้างทางเลือกในการแก้ปัญหาที่หลากหลาย เพื่อตัดสินใจในการเลือกแนวทางในการแก้ไขที่ดีที่สุดและสมเหตุสมผลที่สุด

องค์ประกอบที่ 3 การเตรียมปฏิบัติการ (Preparing for action) หมายถึง ผู้เรียนออกแบบและวางแผนแนวทางในการแก้ไขปัญหาตามที่เลือกอย่างเป็นลำดับขั้นตอนมีความสมเหตุสมผล แล้วสรุปหลักการและแนวคิดที่นำมาใช้ในการแก้ปัญหา

องค์ประกอบที่ 4 การวางแผนการปฏิบัติ (Planning your approach) หมายถึง ผู้เรียนกำหนดแนวทางในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์สู่การปฏิบัติตามที่ได้วางแผนไว้ มี 2 องค์ประกอบ ดังนี้

4.1 การประเมินงาน (Appraising tasks) หมายถึง ผู้เรียนกำหนดแนวทางในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ ซึ่งมีความเป็นไปได้ในการนำมาแก้ไขปัญหโดยผู้เรียนสามารถปฏิบัติได้จริงและมีประสิทธิภาพ

4.2 การออกแบบกระบวนการ (Design process) หมายถึง ผู้เรียนใช้ความรู้และความต้องการให้ตรงตามเงื่อนไขของสถานการณ์ เพื่อวางแผนการใช้เครื่องมือในแต่ละขั้นตอนได้อย่างมีประสิทธิภาพในการแก้ปัญหาย่างสร้างสรรค์ที่ได้ผลดีที่สุด ทำให้ได้ผลงานบรรลุตามเป้าหมายที่ต้องการ

3. ประสิทธิภาพของแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมตามแนวคิดสะเต็มศึกษา หมายถึง ระดับความสามารถของแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ออกแบบโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง พลังงานความร้อนของนักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ส่งผลให้ผู้เรียนบรรลุวัตถุประสงค์ทางการเรียนรู้ ทั้งในแง่ปริมาณ และคุณภาพ โดยมีการวัดผลทั้งระหว่างกระบวนการเรียน (E_1) และผลลัพธ์สุดท้าย (E_2) รวมถึงมีการทดสอบและปรับปรุงก่อนใช้งานจริง เพื่อให้มั่นใจว่าเครื่องมือหรือนวัตกรรมนั้นมีคุณภาพพอที่จะนำไปใช้ โดยใช้วิธีตรวจสอบประสิทธิภาพของกระบวนการและประสิทธิภาพของผลลัพธ์ที่เกิดขึ้นกับผู้เรียนด้วยการกำหนดเกณฑ์ 75/75 ซึ่งมีความหมายดังนี้

เกณฑ์ 75 ตัวแรก หมายถึง ประสิทธิภาพด้านกระบวนการ (E_1) คิดเป็นร้อยละของคะแนนเฉลี่ยของนักเรียนทั้งหมดที่ได้จากการทำใบกิจกรรมวัดความรู้ ใบกิจกรรมวัดความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ และชิ้นงานในชั้นเรียนของแต่ละแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมตามแนวคิดสะเต็มศึกษา คิดสัดส่วนเป็น 30 : 40 : 30 ตามลำดับ ซึ่งมีค่าเฉลี่ยไม่น้อยกว่าร้อยละ 75

เกณฑ์ 75 ตัวหลัง หมายถึง ประสิทธิภาพของผลลัพธ์ (E_2) คิดเป็นร้อยละของคะแนนเฉลี่ยของนักเรียนทั้งหมดในการทำแบบทดสอบความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ และแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนครบหน่วย ที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมตามแนวคิดสะเต็มศึกษา สิ้นสุดลง คิดสัดส่วนเป็น 50 : 50 ตามลำดับ ซึ่งมีค่าเฉลี่ยไม่น้อยกว่าร้อยละ 75

4. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง ความสามารถในการเรียนวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่เกิดจากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง พลังงานความร้อนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โดยพิจารณาจากคะแนนความรู้ความเข้าใจของนักเรียนที่ได้จากการทดสอบความรู้ด้านเนื้อหา โดยใช้แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแบบปรนัย ชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 20 ข้อ ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น

พูน ปณ จิโต ชีเว

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การวิจัยเรื่อง การพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมตามแนวคิดสะเต็มศึกษาที่ส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ เรื่อง พลังงานความร้อนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ผู้วิจัยได้ศึกษาค้นคว้าเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องตามลำดับหัวข้อ ดังต่อไปนี้

1. หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ.2560)
กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

2. แนวคิดสะเต็มศึกษา
3. กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม
4. แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้
5. ประสิทธิภาพของแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้
6. การแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์
7. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
8. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
 - 8.1 งานวิจัยในประเทศ
 - 8.2 งานวิจัยต่างประเทศ
9. กรอบแนวคิดการวิจัย

1. หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ.2560)

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

1.1 ความสำคัญของวิทยาศาสตร์

ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พุทธศักราช 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551 นี้ ได้กำหนดสาระการเรียนรู้ออกเป็น 4 สาระ ได้แก่ สาระที่ 1 วิทยาศาสตร์ชีวภาพ สาระที่ 2 วิทยาศาสตร์กายภาพ สาระที่ 3 วิทยาศาสตร์โลกและอวกาศ และสาระที่ 4 เทคโนโลยี โดยมีสาระเพิ่มเติม 4 สาระ ได้แก่ สาระชีววิทยา สาระเคมี สาระฟิสิกส์ สาระโลก ดาราศาสตร์ และอวกาศ องค์ประกอบของหลักสูตรทั้งในด้านของเนื้อหา

การจัดการเรียนการสอน และการวัดและประเมินผลการเรียนรู้นั้นมีความสำคัญอย่างยิ่งในการวางรากฐานการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ของผู้เรียนในแต่ละระดับชั้น ให้มีความต่อเนื่องเชื่อมโยงกัน ตั้งแต่ชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 จนถึงชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 สำหรับกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และ

เทคโนโลยีได้กำหนดตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลางที่ผู้เรียนจำเป็นต้องเรียนเป็นพื้นฐาน เพื่อให้สามารถนำความรู้ไปใช้ในการดำรงชีวิตหรือศึกษาต่อในวิชาชีพที่ต้องใช้วิทยาศาสตร์ได้ โดยจัดเรียงลำดับความยากง่ายของเนื้อหาแต่ละสาระ

ในแต่ละระดับชั้นให้มีการเชื่อมโยงความรู้กับกระบวนการเรียนรู้ และการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนพัฒนาความคิดทั้งความคิดเป็นเหตุเป็นผล คิดสร้างสรรค์ คิดวิเคราะห์ วิจัย มีทักษะที่สำคัญทั้งทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และทักษะในศตวรรษที่ 21 ในการค้นคว้าและสร้างองค์ความรู้ด้วยกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ สามารถแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบ สามารถตัดสินใจ โดยใช้ข้อมูลหลากหลาย และประจักษ์พยานที่ตรวจสอบได้

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) ตระหนักถึงความสำคัญของการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่มุ่งหวังให้เกิดผลสัมฤทธิ์ต่อผู้เรียนมากที่สุด จึงได้จัดทำตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (ฉบับปรับปรุง พุทธศักราช 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ขึ้น เพื่อให้สถานศึกษา ครูผู้สอน ตลอดจนหน่วยงานต่าง ๆ ได้ใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาหนังสือเรียน คู่มือครู สื่อประกอบการเรียนการสอน ตลอดจนการวัดและประเมินผล โดยตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (ฉบับปรับปรุง พุทธศักราช 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ที่จัดทำขึ้นนี้ได้ปรับปรุง เพื่อให้มีความสอดคล้องและเชื่อมโยงกันภายในสาระการเรียนรู้เดียวกันและระหว่างสาระการเรียนรู้ในกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ตลอดจนการเชื่อมโยงเนื้อหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์กับคณิตศาสตร์ นอกจากนี้ยังได้ปรับปรุงเนื้อหาเพื่อให้มีความทันต่อการเปลี่ยนแปลง และความเจริญก้าวหน้าของวิทยาการต่าง ๆ เพื่อทัดเทียมกับนานาประเทศ (กระทรวงศึกษาธิการ, 2560)

1.2 เป้าหมายของการเรียนวิทยาศาสตร์

ในการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์มุ่งเน้นให้ผู้เรียนได้ค้นพบความรู้ด้วยตนเองมากที่สุด เพื่อให้ได้ทั้งกระบวนการและความรู้จากวิธีการสังเกต การสำรวจตรวจสอบ การทดลอง แล้วนำผลที่ได้มาจัดระบบเป็นหลักการ แนวคิด และองค์ความรู้การจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์จึงมีเป้าหมายที่สำคัญ ดังนี้

- 1) เพื่อให้เข้าใจหลักการ ทฤษฎีและกฎที่เป็นพื้นฐานในวิชาวิทยาศาสตร์
- 2) เพื่อให้เข้าใจขอบเขตของธรรมชาติของวิชาวิทยาศาสตร์และข้อจำกัดในการศึกษาวิชาวิทยาศาสตร์
- 3) เพื่อให้มีทักษะที่สำคัญในการศึกษาค้นคว้าและคิดค้นทางเทคโนโลยี
- 4) เพื่อให้ตระหนักถึงความสัมพันธ์ระหว่างวิชาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีมีวามมนุษย์ และสภาพแวดล้อมในเชิงที่มีอิทธิพลและผลกระทบซึ่งกันและกัน

5) เพื่อนำความรู้ความเข้าใจ ในวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีไปใช้ให้เกิดประโยชน์ต่อสังคมและการดำรงชีวิต

6) เพื่อพัฒนากระบวนการคิดและจินตนาการ ความสามารถในการแก้ปัญหา และการจัดการทักษะในการสื่อสาร และความสามารถในการตัดสินใจ

7) เพื่อให้เป็นผู้ที่มีจิตวิทยาาสตร์ มีคุณธรรม จริยธรรม และค่านิยมในการใช้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอย่างสร้างสรรค์

1.3 สมรรถนะสำคัญของผู้เรียน

หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน มุ่งให้ผู้เรียนเกิดสมรรถนะสำคัญ 5 ประการ ดังนี้

1) ความสามารถในการสื่อสาร เป็นความสามารถในการรับและส่งสาร มีวัฒนธรรมในการใช้ภาษาถ่ายทอดความคิด ความรู้ความเข้าใจ ความรู้สึก และทัศนะของตนเองเพื่อแลกเปลี่ยนข้อมูลข่าวสารและประสบการณ์อันจะเป็นประโยชน์ต่อการพัฒนาตนเองและสังคม รวมทั้งการเจรจาต่อรองเพื่อขจัดและลดปัญหาความขัดแย้งต่าง ๆ การเลือกรับหรือไม่รับข้อมูลข่าวสารด้วยหลักเหตุผลและความถูกต้องตลอดจนการเลือกใช้วิธีการสื่อสารที่มีประสิทธิภาพโดยคำนึงถึงผลกระทบที่มีต่อตนเองและสังคม

2) ความสามารถในการคิด เป็นความสามารถในการคิดวิเคราะห์ การคิดสังเคราะห์ การคิดอย่างสร้างสรรค์ การคิดอย่างมีวิจารณญาณ และการคิดเป็นระบบ เพื่อนำไปสู่การสร้างองค์ความรู้หรือสารสนเทศเพื่อการตัดสินใจเกี่ยวกับตนเองและสังคมได้อย่างเหมาะสม

3) ความสามารถในการแก้ปัญหา เป็นความสามารถในการแก้ปัญหาและอุปสรรคต่าง ๆ ที่เผชิญได้อย่างถูกต้องเหมาะสมบนพื้นฐานของหลักเหตุผล คุณธรรมและข้อมูลสารสนเทศ เข้าใจความสัมพันธ์และการเปลี่ยนแปลงของเหตุการณ์ต่าง ๆ ในสังคม แสวงหาความรู้ ประยุกต์ความรู้มาใช้ในการป้องกันและแก้ไขปัญหา และมีการตัดสินใจที่มีประสิทธิภาพโดยคำนึงถึงผลกระทบที่เกิดขึ้นต่อตนเอง สังคมและสิ่งแวดล้อม

4) ความสามารถในการใช้ทักษะชีวิต เป็นความสามารถในการนำกระบวนการต่าง ๆ ไปใช้ในการดำเนินชีวิตประจำวัน การเรียนรู้ด้วยตนเอง การเรียนรู้อย่างต่อเนื่อง การทำงาน และการอยู่ร่วมกันในสังคมด้วยการสร้างเสริมความสัมพันธ์อันดีระหว่างบุคคล การจัดการปัญหาและความขัดแย้งต่าง ๆ อย่างเหมาะสม การปรับตัวให้ทันกับการเปลี่ยนแปลงของสังคมและสภาพแวดล้อม และการรู้จักหลีกเลี่ยงพฤติกรรมไม่พึงประสงค์ที่ส่งผลกระทบต่อตนเองและผู้อื่น

5) ความสามารถในการใช้เทคโนโลยี เป็นความสามารถในการเลือก และใช้

เทคโนโลยีด้านต่าง ๆ และมีทักษะกระบวนการทางเทคโนโลยี เพื่อการพัฒนาตนเองและสังคม ในด้านการเรียนรู้ การสื่อสาร การทำงาน การแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ ถูกต้อง เหมาะสม และมีคุณธรรม

1.4 คุณลักษณะอันพึงประสงค์

หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน มุ่งพัฒนาผู้เรียนให้มีคุณลักษณะอันพึงประสงค์ เพื่อให้สามารถอยู่ร่วมกับผู้อื่นในสังคมได้อย่างมีความสุขในฐานะเป็นพลเมืองไทยและพลเมืองโลก ดังนี้

- 1) รักชาติ ศาสน์ กษัตริย์
- 2) ซื่อสัตย์สุจริต
- 3) มีวินัย
- 4) ใฝ่เรียนรู้
- 5) อยู่อย่างพอเพียง
- 6) มุ่งมั่นในการทำงาน
- 7) รักความเป็นไทย
- 8) มีจิตสาธารณะ

1.5 สารและมาตรฐานการเรียนรู้

สาระที่ 1 วิทยาศาสตร์ชีวภาพ

มาตรฐาน ว 1.1 เข้าใจความหลากหลายของระบบนิเวศ ความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งไม่มีชีวิตกับสิ่งมีชีวิต และความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งมีชีวิตกับสิ่งมีชีวิตต่าง ๆ ในระบบนิเวศการ ถ่ายทอดพลังงาน การเปลี่ยนแปลงแทนที่ในระบบนิเวศ ความหมายของประชากร ปัญหาและผลกระทบที่มีต่อทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมแนวทางในการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติและการแก้ไขปัญหาสิ่งแวดล้อมรวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

มาตรฐาน ว 1.2 เข้าใจสมบัติของสิ่งมีชีวิต หน่วยพื้นฐานของสิ่งมีชีวิต การลำเลียงสารเข้าและออกจากเซลล์ความสัมพันธ์ของโครงสร้างและหน้าที่ของระบบต่าง ๆ ของสัตว์และมนุษย์ที่ทำงานสัมพันธ์กัน ความสัมพันธ์ของโครงสร้างและหน้าที่ของอวัยวะต่าง ๆ ของพืชที่ทำงานสัมพันธ์กัน รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

มาตรฐาน ว 1.3 เข้าใจกระบวนการและความสำคัญของการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมสารพันธุกรรม การเปลี่ยนแปลงทางพันธุกรรมที่มีผลต่อสิ่งมีชีวิต ความหลากหลายทางชีวภาพและวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิต รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

สาระที่ 2 วิทยาศาสตร์กายภาพ

มาตรฐาน ว 2.1 เข้าใจสมบัติของสสาร องค์ประกอบของสสาร ความสัมพันธ์ระหว่างสมบัติของสสารกับโครงสร้างและแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาค หลักและธรรมชาติของการเปลี่ยนแปลงสถานะของสสาร การเกิดสารละลาย และการเกิดปฏิกิริยาเคมี

มาตรฐาน ว 2.2 เข้าใจธรรมชาติของแรงในชีวิตประจำวัน ผลของแรงที่กระทำต่อวัตถุ ลักษณะการเคลื่อนที่แบบต่าง ๆ ของวัตถุรวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

มาตรฐาน ว 2.3 เข้าใจความหมายของพลังงาน การเปลี่ยนแปลงและการถ่ายโอนพลังงาน ปฏิสัมพันธ์ระหว่างสสารและพลังงาน พลังงานในชีวิตประจำวัน ธรรมชาติของคลื่น ปรากฏการณ์ที่เกี่ยวข้องกับเสียง แสง และคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

สาระที่ 3 วิทยาศาสตร์โลก และอวกาศ

มาตรฐาน ว 3.1 เข้าใจองค์ประกอบ ลักษณะ กระบวนการเกิด และวิวัฒนาการของเอกภพกาแล็กซีดาวฤกษ์และระบบสุริยะ รวมทั้งปฏิสัมพันธ์ภายในระบบสุริยะที่ส่งผลต่อสิ่งมีชีวิต และการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีอวกาศ

มาตรฐาน ว 3.2 เข้าใจองค์ประกอบและความสัมพันธ์ของระบบโลก กระบวนการเปลี่ยนแปลงภายในโลกและบนผิวโลก ธรณีพิบัติภัย กระบวนการเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศและภูมิอากาศโลก รวมทั้งผลต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม

สาระที่ 4 เทคโนโลยี

มาตรฐาน ว 4.1 เข้าใจแนวคิดหลักของเทคโนโลยีเพื่อการดำรงชีวิตในสังคมที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว ใช้ความรู้และทักษะทางด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์และศาสตร์อื่น ๆ เพื่อแก้ปัญหาหรือพัฒนางานอย่างมีความคิดสร้างสรรค์ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เลือกใช้เทคโนโลยีอย่างเหมาะสม โดยคำนึงถึงผลกระทบต่อชีวิต สังคม และสิ่งแวดล้อม

มาตรฐาน ว 4.2 เข้าใจและใช้แนวคิดเชิงคำนวณในการแก้ปัญหาที่พบในชีวิตจริงอย่างเป็นขั้นตอนและเป็นระบบ ใช้เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารในการเรียนรู้การทำงาน และการแก้ปัญหาได้อย่างมีประสิทธิภาพ รู้เท่าทัน และมีจริยธรรม

1.6 คุณภาพของผู้เรียน

จบชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

1) เข้าใจลักษณะและองค์ประกอบที่สำคัญของเซลล์สิ่งมีชีวิต ความสัมพันธ์ของการทำงานของระบบต่าง ๆ ในร่างกายมนุษย์การดำรงชีวิตของพืช การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม การเปลี่ยนแปลงของยีนหรือโครโมโซม และตัวอย่างโรคที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงทางพันธุกรรม ประโยชน์และผลกระทบของสิ่งมีชีวิตดัดแปรพันธุกรรม ความหลากหลายทางชีวภาพ ปฏิสัมพันธ์ขององค์ประกอบของระบบนิเวศและการถ่ายทอดพลังงานในสิ่งมีชีวิต

2) เข้าใจองค์ประกอบและสมบัติของธาตุ สารละลาย สารบริสุทธิ์ สารผสม หลักการแยกสาร การเปลี่ยนแปลงของสารในรูปแบบของการเปลี่ยนสถานะ การเกิดสารละลายและการเกิดปฏิกิริยาเคมีและสมบัติทางกายภาพ และการใช้ประโยชน์ของวัสดุประเภทพอลิเมอร์ เซรามิก และวัสดุผสม

3) เข้าใจการเคลื่อนที่ แรงลัพธ์และผลของแรงลัพธ์กระทำต่อวัตถุ โมเมนต์ของแรง แรงที่ปรากฏในชีวิตประจำวัน สนามของแรง ความสัมพันธ์ของงาน พลังงานจลน์ พลังงานศักย์โน้มถ่วง กฎการอนุรักษ์พลังงาน การถ่ายโอนพลังงาน สมดุลความร้อน ความสัมพันธ์ของปริมาณทางไฟฟ้า การต่อวงจรไฟฟ้าในบ้าน พลังงานไฟฟ้า และหลักการเบื้องต้นของวงจรอิเล็กทรอนิกส์

4) เข้าใจสมบัติของคลื่น และลักษณะของคลื่นแบบต่าง ๆ แสง การสะท้อน การหักเหของแสงและทัศนอุปกรณ์

5) เข้าใจการโคจรของดาวเคราะห์รอบดวงอาทิตย์ การเกิดฤดู การเคลื่อนที่ปรากฏของดวงอาทิตย์การเกิดข้างขึ้นข้างแรม การขึ้นและตกของดวงจันทร์การเกิดน้ำขึ้นน้ำลงประโยชน์ของเทคโนโลยีอวกาศและความก้าวหน้าของโครงการสำรวจอวกาศ

6) เข้าใจลักษณะของชั้นบรรยากาศ องค์ประกอบและปัจจัยที่มีผลต่อลมฟ้าอากาศ การเกิดและผลกระทบของพายุฟ้าคะนอง พายุหมุนเขตร้อน การพยากรณ์อากาศ สถานการณ์การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศโลก กระบวนการเกิดเชื้อเพลิงซากดึกดำบรรพ์และการใช้ประโยชน์พลังงานทดแทนและการใช้ประโยชน์ลักษณะโครงสร้างภายในโลก กระบวนการเปลี่ยนแปลงทางธรณีวิทยาบนผิวโลก ลักษณะชั้นหน้าตัดดิน กระบวนการเกิดดิน แหล่งน้ำผิวดิน แหล่งน้ำใต้ดินกระบวนการเกิดและผลกระทบของภัยธรรมชาติและธรณีพิบัติภัย

7) เข้าใจแนวคิดหลักของเทคโนโลยีได้แก่ ระบบทางเทคโนโลยีการเปลี่ยนแปลงของเทคโนโลยีความสัมพันธ์ระหว่างเทคโนโลยีกับศาสตร์อื่น โดยเฉพาะวิทยาศาสตร์ หรือคณิตศาสตร์ วิเคราะห์ เปรียบเทียบ และตัดสินใจเพื่อเลือกใช้เทคโนโลยีโดยคำนึงถึงผลกระทบต่อชีวิต สังคม และสิ่งแวดล้อม ประยุกต์ใช้ความรู้ทักษะ และทรัพยากรเพื่อออกแบบและสร้างผลงานสำหรับการแก้ปัญหาในชีวิตประจำวันหรือการประกอบอาชีพ โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม รวมทั้ง

เลือกใช้วัสดุอุปกรณ์และเครื่องมือได้อย่างถูกต้อง เหมาะสม ปลอดภัย รวมทั้งคำนึงถึงทรัพย์สินทางปัญญา

8) นำข้อมูลปฐมภูมิเข้าสู่ระบบคอมพิวเตอร์ วิเคราะห์ ประเมิน นำเสนอข้อมูลและสารสนเทศได้ตามวัตถุประสงค์ ใช้ทักษะการคิดเชิงคำนวณในการแก้ปัญหาที่พบในชีวิตจริง และเขียนโปรแกรมอย่างง่ายเพื่อช่วยในการแก้ปัญหา ใช้เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารอย่างรู้เท่าทันและรับผิดชอบต่อสังคม

9) ตั้งคำถามหรือกำหนดปัญหาที่เชื่อมโยงกับพยานหลักฐาน หรือหลักการทางวิทยาศาสตร์ที่มีการกำหนดและควบคุมตัวแปร คิดคาดคะเนคำตอบหลายแนวทาง สร้างสมมติฐานที่สามารถนำไปสู่การสำรวจตรวจสอบ ออกแบบและลงมือสำรวจตรวจสอบโดยใช้วัสดุและเครื่องมือที่เหมาะสม เลือกใช้เครื่องมือและเทคโนโลยีสารสนเทศที่เหมาะสมในการเก็บรวบรวมข้อมูล ทั้งในเชิงปริมาณและคุณภาพที่ได้ผลเที่ยงตรงและปลอดภัย

10) วิเคราะห์และประเมินความสอดคล้องของข้อมูลที่ได้จากการสำรวจตรวจสอบจากพยานหลักฐาน โดยใช้ความรู้และหลักการทางวิทยาศาสตร์ในการแปลความหมายและลงข้อสรุป และสื่อสารความคิด ความรู้จากผลการสำรวจตรวจสอบหลากหลายรูปแบบ หรือใช้เทคโนโลยีสารสนเทศเพื่อให้ผู้อื่นเข้าใจได้อย่างเหมาะสม

11) แสดงถึงความสนใจ มุ่งมั่น รับผิดชอบ รอบคอบ และซื่อสัตย์ ในสิ่งที่จะเรียนรู้ มีความคิดสร้างสรรค์เกี่ยวกับเรื่องที่จะศึกษาตามความสนใจของตนเอง โดยใช้เครื่องมือและวิธีการที่ได้ให้ ได้ผลถูกต้อง เชื่อถือได้ศึกษาค้นคว้าเพิ่มเติมจากแหล่งความรู้ต่าง ๆ แสดงความคิดเห็นของตนเอง รับฟังความคิดเห็นผู้อื่น และยอมรับการเปลี่ยนแปลงความรู้ที่ค้นพบ เมื่อมีข้อมูลและประจักษ์พยานใหม่เพิ่มขึ้นหรือโต้แย้งจากเดิม

12) ตระหนักในคุณค่าของความรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่ใช้ในชีวิตประจำวัน ใช้ความรู้และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีในการดำรงชีวิต และการประกอบอาชีพ แสดงความชื่นชม ยกย่อง และเคารพสิทธิในผลงานของผู้คิดค้น เข้าใจผลกระทบทั้งด้านบวกและด้านลบของการพัฒนาทางวิทยาศาสตร์ต่อสิ่งแวดล้อมและต่อบริบทอื่น ๆ และศึกษาหาความรู้เพิ่มเติม ทำโครงการหรือสร้างชิ้นงานตามความสนใจ

13) แสดงถึงความซาบซึ้ง ห่วงใย มีพฤติกรรมเกี่ยวกับการดูแลรักษาความสมดุลของระบบนิเวศ และความหลากหลายทางชีวภาพ

1.7 คำอธิบายรายวิชาวิทยาศาสตร์

คำอธิบายรายวิชา

รหัสวิชา ว21102

วิชา วิทยาศาสตร์พื้นฐาน 2

รายวิชาพื้นฐาน

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1

ภาคเรียนที่ 2

เวลา 60 ชั่วโมง

จำนวน 1.5 หน่วยกิต

คำอธิบายรายวิชา

ศึกษา วิเคราะห์ ความร้อนกับการเปลี่ยนแปลงของสสาร การถ่ายโอนความร้อน ลมฟ้าอากาศรอบตัวมนุษย์และการเปลี่ยนแปลงลมฟ้าอากาศ โดยใช้การสืบเสาะหาความรู้ การสำรวจ ตรวจสอบ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และทักษะการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 การสืบค้นข้อมูลและการอภิปราย เพื่อให้เกิดความรู้ ความคิด ความเข้าใจ สามารถสื่อสารสิ่งที่เรียนรู้ มีความสามารถในการตัดสินใจ การแก้ปัญหา การนำความรู้ไปใช้ในชีวิตประจำวัน มีจิตวิทยาศาสตร์ จริยธรรม คุณธรรม และค่านิยมที่เหมาะสม

โดยยึดหลักปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียง และมีคุณลักษณะที่พึงประสงค์ตามมาตรฐานสากลและความเป็นพลโลกและมีเจตคติค่านิยมของพลเมืองไทยที่มีความรู้ความเข้าใจและสามารถอยู่ในประชาคมอาเซียนได้อย่างดี

ตัวชี้วัด

ว 2.1 ม.1/9, ม.1/10

ว 2.2 ม.1/1

ว 2.3 ม.1/1, ม.1/2, ม.1/3, ม.1/4, ม.1/5, ม.1/6, ม.1/7

ว 3.2 ม.1/1, ม.1/2, ม.1/3, ม.1/4, ม.1/5, ม.1/6, ม.1/7

พูน ปณ จิต ชีวะ

ตารางที่ 1 การวิเคราะห์โครงสร้างหน่วยการเรียนรู้ มาตรฐาน/ตัวชี้วัด วิชาวิทยาศาสตร์พื้นฐาน 2 ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2567

หน่วย ที่	หน่วย การ เรียนรู้	มาตรฐาน/ ตัวชี้วัด	สาระการเรียนรู้แกนกลาง	ชั่วโมง	ค่าน้ำหนัก
1	สถานะ ของสาร	ว2.1 ม.1/9	- สสารทุกชนิดประกอบด้วยอนุภาค โดยสารชนิดเดียวกันที่มีสถานะของแข็ง ของเหลว แก๊ส จะมีการจัดเรียงอนุภาค แรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาค การเคลื่อนที่ของอนุภาค แตกต่างกัน ซึ่งมีผลต่อรูปร่างและปริมาตรของสสาร - อนุภาคของของแข็งเรียงชิดกัน มีแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาคมากที่สุด อนุภาคสั่นอยู่กับที่ให้มีรูปร่างและปริมาตรคงที่ - อนุภาคของของเหลวอยู่ใกล้กัน มีแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาคน้อยกว่าของแข็งแต่มากกว่าแก๊ส อนุภาคเคลื่อนที่ได้แต่ไม่เป็นอิสระเท่าแก๊ส ทำให้มีรูปร่างไม่คงที่ แต่ปริมาตรคงที่ - อนุภาคของแก๊สอยู่ห่างกันมาก มีแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาคน้อยที่สุด อนุภาคเคลื่อนที่ได้ อย่าง อิสระทุกทิศทาง ทำให้มีรูปร่างและปริมาตรไม่คงที่	5	10

ตารางที่ 1 (ต่อ)

หน่วย ที่	หน่วยการ เรียนรู้	มาตรฐาน/ ตัวชี้วัด	สาระการเรียนรู้แกนกลาง	ชั่วโมง	ค่าน้ำหนัก
		ว2.1 ม.1/10	- ความร้อนมีผลต่อการเปลี่ยนสถานะของสสาร เมื่อให้ความร้อนแก่ของแข็ง อนุภาคของของแข็ง จะมีพลังงานและอุณหภูมิเพิ่มขึ้นจนถึงระดับหนึ่ง ซึ่งของแข็งจะใช้ความร้อนในการเปลี่ยนสถานะเป็นของเหลว เรียกความร้อนที่ใช้ในการเปลี่ยนสถานะจากของแข็งเป็นของเหลวว่า ความร้อนแฝงของ การหลอมเหลว และอุณหภูมิขณะเปลี่ยนสถานะ จะคงที่ เรียกอุณหภูมินี้ว่า จุดหลอมเหลว - เมื่อให้ความร้อนแก่ของเหลว อนุภาคของของเหลว จะมีพลังงานและอุณหภูมิเพิ่มขึ้นจนถึงระดับหนึ่ง ซึ่งของเหลวจะใช้ความร้อนในการเปลี่ยนสถานะเป็นแก๊ส เรียกความร้อนที่ใช้ในการเปลี่ยนสถานะจากของเหลว เป็นแก๊สว่า ความร้อนแฝงของการกลายเป็นไอ และอุณหภูมิขณะเปลี่ยนสถานะจะคงที่ เรียกอุณหภูมินี้ว่า จุดเดือด - เมื่อทำให้อุณหภูมิของแก๊สลดลงจนถึงระดับหนึ่ง แก๊สจะ	5	10

ตารางที่ 1 (ต่อ)

หน่วย ที่	หน่วยการ เรียนรู้	มาตรฐาน/ ตัวชี้วัด	สาระการเรียนรู้แกนกลาง	ชั่วโมง	ค่าน้ำหนัก
			เปลี่ยนสถานะเป็นของเหลว เรียกอุณหภูมินี้ว่าจุดควบแน่น ซึ่งมีอุณหภูมิเดียวกับจุดเดือด ของ ของเหลวนั้น - เมื่อทำให้อุณหภูมิของ ของเหลวลดลงจนถึงระดับหนึ่ง ของเหลวจะเปลี่ยนสถานะเป็น ของแข็ง เรียก อุณหภูมินี้ว่า จุด เยือกแข็ง ซึ่งมีอุณหภูมิเดียวกับ จุดหลอมเหลวของของแข็งนั้น		
2	พลังงาน ความร้อน (1)	ว2.3 ม.1/1 ว2.3 ม.1/2	- เมื่อสสารได้รับหรือสูญเสีย ความร้อนอาจทำให้ สสาร เปลี่ยนอุณหภูมิ เปลี่ยนสถานะ หรือเปลี่ยนรูปร่าง - ปริมาณความร้อนที่ทำให้ สสารเปลี่ยนอุณหภูมิ ขึ้นกับ มวล ความร้อนจำเพาะ และ อุณหภูมิที่เปลี่ยนไป - ปริมาณความร้อนที่ทำให้ สสารเปลี่ยนสถานะ ขึ้นกับมวล และความร้อนแฝงจำเพาะ โดย ขณะที่สสารเปลี่ยนสถานะ อุณหภูมิจะไม่เปลี่ยนแปลง	12	20
		ว2.3 ม.1/3	- ความร้อนทำให้สสารขยายตัว หรือหดตัวได้ เนื่องจากเมื่อ สสารได้รับความร้อนจะทำให้ อนุภาค เคลื่อนที่เร็วขึ้น ทำให้ เกิดการขยายตัว แต่เมื่อสสาร คายความร้อนจะทำให้อนุภาค เคลื่อนที่ช้าลง ทำให้เกิดการ		

ตารางที่ 1 (ต่อ)

หน่วย ที่	หน่วยการ เรียนรู้	มาตรฐาน/ ตัวชี้วัด	สาระการเรียนรู้แกนกลาง	ชั่วโมง	ค่าน้ำหนัก
			หัตถ์		
		ว2.3 ม.1/4	- ความรู้เรื่องการทดและ ขยายตัวของสสารเนื่องจาก ความร้อนนำไปใช้ประโยชน์ ได้ด้านต่าง ๆ เช่น การสร้าง ถนน การสร้างรางรถไฟ การทำเทอร์โมมิเตอร์		
3	พลังงาน ความร้อน (2)	ว2.3 ม.1/5	- ความร้อนถ่ายโอนจากสสาร ที่มีอุณหภูมิสูงกว่า ไปยัง สสารที่มีอุณหภูมิต่ำกว่า จนกระทั่งอุณหภูมิของ สสาร ทั้งสองเท่ากัน สภาพที่สสาร ทั้งสองมีอุณหภูมิเท่ากัน เรียกว่า สมดุลความร้อน - เมื่อมีการถ่ายโอนความร้อน จากสสารที่มีอุณหภูมิ ต่างกัน จนเกิดสมดุลความร้อน ความ ร้อนที่เพิ่มขึ้น ของสสารหนึ่ง จะเท่ากับความร้อนที่ลดลง ของ อีกสสารหนึ่ง ซึ่งเป็นไป ตามกฎการอนุรักษ์พลังงาน	8	10
		ว2.3 ม.1/6	- การถ่ายโอนความร้อนมี 3 แบบ คือ การนำความร้อน การพาความร้อนและการแผ่ รังสีความร้อน การนำความ ร้อนเป็นการถ่ายโอนความ ร้อนที่อาศัยตัวกลาง โดยที่		

ตารางที่ 1 (ต่อ)

หน่วย ที่	หน่วยการ เรียนรู้	มาตรฐาน/ ตัวชี้วัด	สาระการเรียนรู้แกนกลาง	ชั่วโมง	ค่าน้ำหนัก
			ตัวกลางไม่เคลื่อนที่ การพาความร้อนเป็นการถ่ายโอนความร้อนที่อาศัย ตัวกลาง โดยที่ตัวกลางเคลื่อนที่ไปด้วย ส่วนการแผ่รังสีความร้อนเป็นการถ่ายโอนความร้อนที่ไม่ต้องอาศัยตัวกลาง		
		ว.2.3 ม.1/7	- ความรู้เกี่ยวกับการถ่ายโอนความร้อนสามารถนำไปใช้ประโยชน์ในชีวิตประจำวันได้ เช่น การเลือกใช้วัสดุเพื่อนำมาทำภาชนะบรรจุอาหาร เพื่อเก็บความร้อน หรือการออกแบบระบบระบายความร้อนในอาคาร		
4	ชั้น บรรยากาศ	ว.2.2 ม.1/1	- เมื่อวัตถุอยู่ในอากาศจะมีแรงที่อากาศกระทำต่อ วัตถุในทุกทิศทาง แรงที่อากาศกระทำต่อวัตถุขึ้นอยู่กับขนาดพื้นที่ของวัตถุนั้น แรงที่อากาศกระทำต้งฉาก กับผิววัตถุต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่เรียกว่าความดันอากาศ - ความดันอากาศมีความสัมพันธ์กับความสูงจากพื้นโลก โดยบริเวณที่สูงจากพื้นโลกขึ้นไป อากาศเบาบางลง มวลอากาศน้อยลง ความดันอากาศก็จะลดลงตามเกณฑ์ที่แตกต่าง	10	15

ตารางที่ 1 (ต่อ)

หน่วย ที่	หน่วยการ เรียนรู้	มาตรฐาน/ ตัวชี้วัด	สาระการเรียนรู้แกนกลาง	ชั่วโมง	ค่าน้ำหนัก
			กัน โดยทั่วไป นักวิทยาศาสตร์ ใช้เกณฑ์การเปลี่ยนแปลง อุณหภูมิตามความสูงแบ่ง บรรยากาศได้เป็น 5 ชั้น ได้แก่ ชั้นโทรโพสเฟียร์ ชั้นสตราโตสเฟียร์ ชั้นมีโซสเฟียร์ ชั้นเทอร์โมสเฟียร์ และชั้นเอกโซสเฟียร์ - บรรยากาศแต่ละชั้น มีประโยชน์ต่อสิ่งมีชีวิต แตกต่างกัน โดยชั้น โทรโพสเฟียร์มีปรากฏการณ์ ลมฟ้าอากาศที่สำคัญต่อการ ดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิตชั้นสตราโตสเฟียร์ช่วยดูดกลืนรังสีอัลตราไวโอเล็ต จากดวงอาทิตย์ไม่ให้น้ำยังโลกมากเกินไปชั้นมีโซสเฟียร์ช่วยชะลอวัตถุนอกโลกที่ผ่านเข้ามาให้เกิดการเผาไหม้กลายเป็นวัตถุขนาดเล็ก ลดโอกาสที่จะทำความเสียหายแก่สิ่งมีชีวิตบนโลกชั้นเทอร์โมสเฟียร์สามารถสะท้อนคลื่นวิทยุ และชั้นเอกโซสเฟียร์เหมาะสำหรับการโคจรของดาวเทียมรอบโลกในระดับต่ำ		
5	กระบวนการเปลี่ยนแปลงลมฟ้าอากาศ	ว3.2 ม.1/2	- ลมฟ้าอากาศ เป็นสภาวะของอากาศในเวลาหนึ่งของพื้นที่หนึ่งที่มีการ	20	35

ตารางที่ 1 (ต่อ)

หน่วย ที่	หน่วย การ เรียนรู้	มาตรฐาน/ ตัวชี้วัด	สาระการเรียนรู้แกนกลาง	ชั่วโมง	ค่าน้ำหนัก
			เปลี่ยนแปลงตลอดเวลาขึ้นอยู่กับองค์ประกอบลมฟ้าอากาศ ได้แก่ อุณหภูมิอากาศ ความกดอากาศ ลม ความชื้น เมฆ และหยาดน้ำฟ้า โดยหยาดน้ำฟ้าที่พบบ่อยในประเทศไทย ได้แก่ ฝน องค์ประกอบลมฟ้าอากาศเปลี่ยนแปลงตลอดเวลาขึ้นอยู่กับปัจจัยต่าง ๆ เช่น ปริมาณรังสีจากดวงอาทิตย์และลักษณะพื้นผิวโลกส่งผลต่ออุณหภูมิอากาศอุณหภูมิอากาศและปริมาณไอน้ำส่งผลต่อความชื้น ความกดอากาศส่งผลต่อลม ความชื้น และลมส่งผลต่อเมฆ		
		ว3.2 ม.1/3	- พายุฝนฟ้าคะนอง เกิดจากการที่อากาศที่มี อุณหภูมิ และความชื้นสูง เคลื่อนที่ขึ้นสู่ระดับความสูง ที่มีอุณหภูมิต่ำลง จนกระทั่งไอน้ำในอากาศเกิดการควบแน่นเป็นละอองน้ำ และเกิดต่อเนื่องเป็นเมฆขนาดใหญ่ พายุฝนฟ้าคะนอง ทำให้เกิดฝนตกหนัก ลมกรรโชกแรง ฟ้าแลบ ฟ้าผ่า ซึ่งอาจก่อให้เกิดอันตรายต่อชีวิตและทรัพย์สิน - พายุหมุนเขตร้อนเกิดเหนือนมหาสมุทรหรือทะเลที่น้ำมี อุณหภูมิสูงตั้งแต่ 26-27 องศาเซลเซียสขึ้นไป ทำให้ อากาศที่มี		

ตารางที่ 1 (ต่อ)

หน่วย ที่	หน่วย การ เรียนรู้	มาตรฐาน/ ตัวชี้วัด	สาระการเรียนรู้แกนกลาง	ชั่วโมง	ค่าน้ำหนัก
			อุณหภูมิและความชื้นสูงบริเวณนั้นเคลื่อนที่สูงขึ้นอย่างรวดเร็ว เป็นบริเวณกว้าง อากาศจากบริเวณอื่นเคลื่อนเข้ามาแทนที่ และพัดเวียนเข้าหาศูนย์กลางของพายุ ยิ่งใกล้ศูนย์กลาง อากาศจะเคลื่อนที่พัดเวียนเกือบเป็นวงกลมและมีอัตราเร็วสูงที่สุด พายุหมุนเขตร้อนทำให้เกิดคลื่นพายุซัดฝั่ง ฝนตกหนัก ซึ่งอาจก่อให้เกิดอันตรายต่อชีวิต และทรัพย์สิน จึงควรปฏิบัติตนให้ปลอดภัยโดยติดตามข่าวสารการพยากรณ์อากาศ และไม่เข้าไปอยู่ในพื้นที่ที่เสี่ยงภัย		
		ว3.2 ม.1/4	- การพยากรณ์อากาศเป็นการคาดการณ์ลมฟ้าอากาศที่จะเกิดขึ้นในอนาคต โดยมีการตรวจวัดองค์ประกอบลมฟ้าอากาศ การสื่อสารแลกเปลี่ยนข้อมูลองค์ประกอบลมฟ้าอากาศระหว่างพื้นที่การวิเคราะห์ข้อมูลและสร้างคำพยากรณ์อากาศ		
		ว3.2 ม.1/5	- การพยากรณ์อากาศสามารถนำมาใช้ประโยชน์ด้านต่าง ๆ เช่น การใช้ชีวิตประจำวัน การคมนาคมการเกษตร การป้องกันและเฝ้าระวังภัยพิบัติทางธรรมชาติ		

ตารางที่ 1 (ต่อ)

หน่วย ที่	หน่วย การ เรียนรู้	มาตรฐาน/ ตัวชี้วัด	สาระการเรียนรู้แกนกลาง	ชั่วโมง	ค่าน้ำหนัก
		ว3.2 ม.1/6	- ภูมิอากาศโลกเกิดการเปลี่ยนแปลงอย่างต่อเนื่องโดยปัจจัยทางธรรมชาติ แต่ปัจจุบันการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศเกิดขึ้นอย่างรวดเร็วเนื่องจากกิจกรรมของมนุษย์ในการปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกสู่บรรยากาศ แก๊สเรือนกระจกที่ถูกปลดปล่อยมากที่สุด ได้แก่ แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งหมุนเวียนอยู่ในวัฏจักรคาร์บอน		
		ว3.2 ม.1/7	- การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศโลกก่อให้เกิดผลกระทบต่องานมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม เช่น การหลอมเหลวของน้ำแข็งขั้วโลก การเพิ่มขึ้นของระดับทะเล การเปลี่ยนแปลงวัฏจักรน้ำ การเกิดโรคอุบัติใหม่และอุบัติซ้ำ และการเกิดภัยพิบัติทางธรรมชาติที่รุนแรงขึ้น มนุษย์จึงควรเรียนรู้แนวทางการปฏิบัติตนภายใต้สถานการณ์ดังกล่าว ทั้งแนวทางการปฏิบัติตนให้เหมาะสมและแนวทางการลดกิจกรรมที่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศโลก		
รวม				60	100

จากการวิเคราะห์หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 มาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัด (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ผู้วิจัยได้เลือกหน่วยการเรียนรู้ที่ 2 ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2567 หน่วยการเรียนรู้ที่ 3 เรื่อง พลังงานความร้อน (1) มาใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมตามแนวคิดสะเต็มศึกษาที่ส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ เนื่องจากผู้วิจัยพิจารณาความเหมาะสมระหว่างเรื่องที่ใช้สอนกับรูปแบบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้

2. แนวคิดสะเต็มศึกษา

2.1 แนวคิดทฤษฎีและหลักการการเรียนรู้โดยใช้แนวคิดสะเต็มศึกษา

กมลฉัตร กล่อมอิม (2556) การจัดกิจกรรมการเรียนรู้สะเต็มศึกษา ทฤษฎีที่สนับสนุนแนวคิดการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการสะเต็มศึกษา คือ ทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ (Constructivist) ซึ่งเป็นทฤษฎีที่ให้ความสำคัญกับตัวผู้เรียน เชื่อว่าผู้เรียนสามารถสร้างความรู้ได้ด้วยตนเอง จากการมีปฏิสัมพันธ์กับบุคคลอื่นและสิ่งแวดล้อมอย่างกระตือรือร้น กรอบแนวคิดของทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ (Constructivist) ได้แก่

- 1) ผู้เรียนเป็นผู้สร้างความรู้ด้วยตนเอง และนักเรียนแต่ละคนสร้างความรู้ด้วยวิธีการที่แตกต่างกันรวมทั้งอาจแตกต่างกับแนวทางของผู้สอน
- 2) ประสบการณ์เดิมของนักเรียนเป็นพื้นฐานที่สำคัญของการสร้างความรู้ใหม่และนักเรียนแต่ละคนมีความรู้และประสบการณ์เดิมที่แตกต่างกัน
- 3) การมีปฏิสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อม การมีประสบการณ์ตรง และการแลกเปลี่ยนความคิดเห็นกันของผู้เรียนมีส่วนช่วยในการสร้างความรู้ใหม่
- 4) ครูมีบทบาทในการจัดบริบทการเรียนรู้ตั้งคำถามที่ท้าทายความสามารถกระตุ้นให้นักเรียนเกิดการสร้างความรู้ และให้ความช่วยเหลือนักเรียนในทุก ๆ ด้าน และสอดคล้องกับทฤษฎีการเรียนรู้แบบมีส่วนร่วมซึ่งเป็นทฤษฎีที่ให้ความสำคัญกับตัวผู้เรียนจุดเน้นของการเรียนแบบมีส่วนร่วม คือ การให้นักเรียนมีส่วนร่วมทางด้านจิตใจ การได้รับประสบการณ์ที่สัมพันธ์กับชีวิตจริง ได้รับการฝึกฝนทักษะชีวิตต่าง ๆ การแสวงหาความรู้ การคิดการจัดการความรู้ การแสดงออก การสร้างความรู้ใหม่ และการทำงาน และสอดคล้องกับแนวคิดของทฤษฎีการเรียนรู้แบบมีส่วนร่วม ได้แก่

- 1) นักเรียนแต่ละคน มีส่วนร่วมทำให้เกิดการเรียนรู้ทั้งทางตรงและทางอ้อมอาศัยหลักการเรียนรู้เชิงประสบการณ์ และการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพได้รับประสบการณ์ที่สัมพันธ์กับชีวิตจริง ได้รับการฝึกฝนทักษะการแสวงหาออก ทักษะการสร้างความรู้ใหม่ และทักษะการทำงานกลุ่ม

2) เปิดโอกาสให้นักเรียนมีส่วนร่วมในการแสดงความคิดเห็นตัดสินใจเลือกบทเรียนที่ต้องการเรียนรู้ในลักษณะกลุ่มหรือศึกษาด้วยตนเอง นักเรียนจะร่วมกันจัดกิจกรรมการเรียนรู้ทุกขั้นตอนฝึกปฏิบัติการวางแผนการทำกิจกรรมการเรียนรู้ร่วมกัน และทำรายงานผลการเรียนรู้

3) นักเรียนได้รับฝึกหัดต่อการเรียนรู้ของตนเอง ได้ลงมือปฏิบัติทำกิจกรรมกลุ่มฝึกฝนทักษะการเรียนรู้ ทักษะการบริหาร การจัดการ การเป็นผู้นำผู้ตาม และที่สำคัญเป็นการเรียนรู้ที่มีความสัมพันธ์สอดคล้องกับชีวิตจริงของนักเรียน

4) ครูมีบทบาทกระตุ้นให้นักเรียนได้เล่าประสบการณ์ของตนเอง ผู้สอนอาจใช้ใบชี้แจงกำหนดกิจกรรมของนักเรียน ในการนำเสนอประสบการณ์ ในกรณีที่นักเรียนไม่มีประสบการณ์ในเรื่องที่จะสอนหรือมีน้อย ผู้สอนอาจจะยกกรณีตัวอย่าง หรือสถานการณ์ได้

พรทิพย์ ศิริภัทรราชย์ (2556) การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์และคณิตศาสตร์ หรือ สะเต็มศึกษา คือ การจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการข้ามกลุ่มสาระวิชา ระหว่าง 4 วิชา ได้แก่ วิทยาศาสตร์ (Science: S) เทคโนโลยี (Technology: T) วิศวกรรมศาสตร์ (Engineer: E) และคณิตศาสตร์ (Mathematics: M) โดยนำจุดเด่นของธรรมชาติตลอดจนวิธีการจัดการเรียนรู้ของแต่ละสาขาวิชามาสผสมผสานกันเพื่อให้ผู้เรียนนำความรู้ทุกแขนงมาใช้ในการแก้ปัญหา การค้นคว้า และพัฒนาสิ่งต่าง ๆ ในสถานการณ์โลกปัจจุบัน ซึ่งเป็นการจัดการเรียนรู้ที่ทำให้ผู้เรียนเกิดการพัฒนาด้านต่าง ๆ และสอดคล้องกับการพัฒนาคนให้มีคุณภาพในศตวรรษที่ 21 เช่น ผู้เรียนเข้าใจในเนื้อหาวิชา และพัฒนาทักษะการคิด เช่น การคิดวิเคราะห์ การคิดสร้างสรรค์ การคิดแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ เป็นต้น ดังนั้น ลักษณะสำคัญของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา คือ การจัดกระบวนการเรียนรู้ผ่านกิจกรรมหรือโครงการที่บูรณาการการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยีผนวกกับแนวคิดการออกแบบเชิงวิศวกรรม โดยนักเรียนจะทำกิจกรรมกระตุ้นการเรียนรู้แบบลงมือปฏิบัติ (Active Learning) เพื่อพัฒนาความรู้ ความเข้าใจและฝึกทักษะด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์และเทคโนโลยี และนำความรู้มาออกแบบชิ้นงานหรือวิธีการเพื่อตอบสนองความต้องการหรือแก้ปัญหาที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวัน โดยผู้เรียนมีบทบาทในการแสวงหาความรู้และเรียนรู้อย่างมีปฏิสัมพันธ์กับเพื่อน ผู้สอน และสิ่งแวดล้อม

ศศิเทพ บิติพรเทพิน (2558) การจัดกิจกรรมการเรียนรู้สะเต็มศึกษา ที่มุ่งเน้นให้ผู้เรียนมีบทบาทในการแสวงหาความรู้ เรียนรู้อย่างมีปฏิสัมพันธ์กับเพื่อน ผู้สอน และสิ่งแวดล้อมเพื่อตอบสนองความต้องการหรือแก้ปัญหาที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวัน นอกจากนี้ วัตถุประสงค์ของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้สะเต็มศึกษา คือ การรู้วิทยาศาสตร์เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์และคณิตศาสตร์ (STEM Literacy) โดยการรู้วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีวิศวกรรมศาสตร์และคณิตศาสตร์เกี่ยวข้องกับความเข้าใจแนวคิด ทักษะกระบวนการและความสามารถของบุคคลที่มีต่อความรู้ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์และคณิตศาสตร์ที่สัมพันธ์กับบุคคลและสังคม แล้วยังมี

เป้าหมายเพื่อพัฒนาผู้เรียนในด้านต่าง ๆ ที่จำเป็นแห่งศตวรรษที่ 21 คือ 1) ความสามารถในการแก้ปัญหา 2) ความเป็นผู้มีความคิดสร้างสรรค์ 3) ความสามารถในการประดิษฐ์ 4) ความเชื่อมั่นในตนเอง 5) ความคิดอย่างมีเหตุผล และ 5) ความรู้ทางเทคโนโลยี

เกรียงศักดิ์ วิเชียรสร้าง (2560) การจัดกิจกรรมการเรียนรู้สะเต็มศึกษาสอดคล้องกับทฤษฎีสมรรถนะซึ่งเชื่อว่าการเรียนรู้เกิดขึ้นจากตัวผู้เรียน โดยความรู้ที่นั้นเกิดจากกระบวนการตัดสินใจ ประสพการณ์จากสิ่งแวดล้อม อันเนื่องมาจากการมีปฏิสัมพันธ์ทางสังคมที่ขัดแย้งกับประสบการณ์เดิมทำให้เกิดความไม่สมดุลทางปัญญาซึ่งนำไปสู่การสร้างความรู้ด้วยตนเอง ซึ่งเป็นพื้นฐานและประสบการณ์เดิมของผู้เรียน การจัดประสบการณ์ใหม่ที่สอดคล้องกับความสนใจของผู้เรียน ตลอดจนวิธีการจัดการเรียนรู้ที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนค้นหาความหมายของประสบการณ์เหล่านั้นด้วยตนเองผ่านการอภิปรายโดยใช้กระบวนการกลุ่ม โดยมีครูเป็นผู้อำนวยความสะดวกเพื่อฝึกให้ผู้เรียนลงมือปฏิบัติและทำกิจกรรมด้วยตนเอง

ผู้วิจัยสรุปได้ว่า การจัดกิจกรรมการเรียนรู้สะเต็มศึกษามีความสอดคล้องกับทฤษฎีการเรียนรู้คอนสตรัคติวิสต์ (Constructivist) เป็นทฤษฎีที่ให้ความสำคัญกับตัวผู้เรียน เชื่อว่าผู้เรียนสามารถสร้างความรู้ได้ด้วยตนเอง โดยการลงมือปฏิบัติ ซึ่งนักเรียนแต่ละคนมีประสบการณ์ในการเรียนรู้ที่แตกต่างกัน จากการมีปฏิสัมพันธ์กับบุคคลอื่นและสิ่งแวดล้อมอย่างกระตือรือร้น เป้าหมายของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ สะเต็มศึกษาดังกล่าว มีความสอดคล้องกับทฤษฎีการเรียนรู้แบบมีส่วนร่วม เป็นทฤษฎีที่ให้ความสำคัญกับตัวผู้เรียน จุดเน้นของการเรียนแบบมีส่วนร่วม คือ การให้นักเรียนมีส่วนร่วมทางด้านจิตใจ การได้รับประสบการณ์ที่สัมพันธ์กับชีวิตจริง ได้รับการฝึกฝนทักษะชีวิต การแสวงหาความรู้ การคิดการจัดการความรู้ การแสดงออก การสร้างความรู้ใหม่ และการทำงานกลุ่ม สะเต็มศึกษา คือ การจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการข้ามกลุ่มสาระวิชา ระหว่าง 4 วิชา ได้แก่ วิทยาศาสตร์ (Science: S) เทคโนโลยี (Technology: T) วิศวกรรมศาสตร์ (Engineer: E) และ คณิตศาสตร์ (Mathematics: M) โดยนำจุดเด่นของธรรมชาติ ตลอดจนวิธีการจัดการเรียนรู้ของแต่ละสาขาวิชามาผสมผสานกันเพื่อให้ผู้เรียนนำความรู้ทุกแขนงมาใช้ในการแก้ปัญหา การค้นคว้า และพัฒนาสิ่งต่าง ๆ ในสถานการณ์โลกปัจจุบัน เป็นการจัดการเรียนรู้ที่ทำให้ผู้เรียนเกิดการพัฒนาด้านต่าง ๆ และสอดคล้องกับการพัฒนาคนให้มีคุณภาพในศตวรรษที่ 21 โดยมุ่งเน้นให้ผู้เรียนมีบทบาทในการแสวงหาความรู้ เรียนรู้อย่างมีปฏิสัมพันธ์กับเพื่อน ผู้สอน และสิ่งแวดล้อม เพื่อตอบสนองความต้องการหรือแก้ปัญหาที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวัน หากผู้เรียนมีโอกาสได้สร้างความคิดและนำความคิดตนเองไปสร้างสรรค์ชิ้นงานโดยอาศัยสื่อและเทคโนโลยีที่เหมาะสมจะทำให้เห็นความคิดนั้นเป็นรูปธรรมที่ชัดเจนมากยิ่งขึ้น

2.2 ความหมายของสะเต็มศึกษา

สะเต็มศึกษา (STEM Education) คือ การสอนแบบบูรณาการข้ามกลุ่มสาระวิชา (Interdisciplinary Integration) ระหว่างศาสตร์สาขาต่าง ๆ ได้แก่ วิทยาศาสตร์ (Science: S) เทคโนโลยี (Technology: T) วิศวกรรมศาสตร์ (Engineering: E) และคณิตศาสตร์ (Mathematics: M) โดยนำจุดเด่นของธรรมชาติตลอดจนวิธีการสอนของแต่ละสาขาวิชามาสผสมผสานกันอย่างลงตัว เพื่อให้ผู้เรียนนำความรู้ทุกแขนงมาใช้ในการแก้ปัญหาการค้นคว้า และการพัฒนาสิ่งต่าง ๆ ในสถานการณ์โลกปัจจุบันซึ่งอาศัยการจัดการเรียนรู้ที่ครูผู้สอนหลายสาขาร่วมมือกัน เพราะในการทำงานจริงหรือในชีวิตประจำวันนั้นต้องใช้ความรู้หลายด้านในการทำงาน ไม่ได้แยกใช้ความรู้เป็นส่วน ๆ นอกจากนี้สะเต็มศึกษายังเป็นการส่งเสริมการพัฒนาทักษะสำคัญในโลกหรือทักษะที่จำเป็นสำหรับศตวรรษที่ 21 อีกด้วย (Dejarnette, 2012)

พรทิพย์ ศิริภทราชัย (2556) อธิบายว่า “สะเต็มศึกษา” คือ การสอนแบบบูรณาการข้ามกลุ่มสาระวิชาระหว่างสาขาวิชาต่าง ๆ ได้แก่ วิชาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ โดยนำจุดเด่นของธรรมชาติตลอดจนวิธีการสอนของแต่ละสาขาวิชามาสผสมผสานกันอย่างลงตัว เพื่อให้ผู้เรียนนำความรู้ทุกแขนงมาใช้ในการแก้ปัญหา การค้นคว้า และการพัฒนาสิ่งต่าง ๆ ในสถานการณ์โลกปัจจุบันซึ่งอาศัยการจัดการเรียนรู้ที่ครูผู้สอนหลายสาขาร่วมมือกันเพราะในการทำงานจริงหรือในชีวิตประจำวันนั้นต้องใช้ความรู้ในหลายด้านในการทำงานทั้งสิ้น ไม่ได้แยกใช้ความรู้เป็นส่วน ๆ

มนตรี จุฬาวัฒนทล (2556) อธิบายว่า “สะเต็มศึกษา” เป็นแนวทางใหม่ในการจัดการศึกษาที่เน้นการบูรณาการเรียนวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์และเทคโนโลยี โดยเริ่มตั้งแต่การศึกษาขั้นพื้นฐานจนถึงอุดมศึกษา อาชีวศึกษาและการศึกษาตลอดชีวิต เพื่อให้คนไทยมีความรู้และทักษะสำหรับสร้างสรรค์สิ่งใหม่ สามารถประกอบวิชาชีพวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี และมีคุณภาพชีวิตที่ดีในยุคประชาคมอาเซียน

รักษพล ธนานุวงศ์ (2556) อธิบายว่า สะเต็มศึกษา หมายถึง การเรียนรู้เนื้อหาและทักษะทางด้านวิทยาศาสตร์ (Science) คณิตศาสตร์ (Mathematic) วิศวกรรมศาสตร์ (Engineering) และเทคโนโลยี (Technology) ซึ่งล้วนเป็นวิชาที่ส่งเสริมให้นักเรียนได้มีความรู้ความสามารถที่จะดำรงชีวิตได้อย่างมีคุณภาพในศตวรรษที่ 21 ที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว มีความเป็นโลกาภิวัตน์ที่ตั้งอยู่บนพื้นฐานความรู้และเต็มไปด้วยเทคโนโลยี อีกทั้งวิชาทั้ง 4 เป็นวิชาที่มีความสำคัญอย่างมากกับการเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันทางเศรษฐกิจ ในการพัฒนาคุณภาพชีวิตและความมั่นคงของประเทศ

อภิสิทธิ์ ชงไชยและคณะ (2556) อธิบายว่า “สะเต็มศึกษา” เป็นวิทยาการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการที่มีการนำวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์เข้าด้วยกัน โดยผ่านการแก้ปัญหาที่เชื่อมโยงกับชีวิตจริง

สุพรรณิ ชาญประเสริฐ (2557) อธิบายว่า สะเต็มศึกษา คือ แนวทางการจัดการเรียนรู้ที่มีการบูรณาการ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรม และคณิตศาสตร์ โดยที่การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา ที่จะต้องมีการบูรณาการพฤติกรรมที่ต้องการหรือความคาดหวังให้เกิดขึ้นกับผู้เรียนเข้ากับการเรียนรู้เนื้อหาด้วย พฤติกรรมเหล่านี้ รวมถึงการกระตุ้นให้เกิดความสนใจในการสืบเสาะหาความรู้ การสำรวจตรวจสอบ การคิดอย่างมีเหตุผลในเชิงตรรกะ รวมถึงทักษะของการเรียนรู้หรือการทำงานแบบร่วมมือ ดังนั้นจะพบว่าสะเต็มศึกษาไม่ใช่เรื่องใหม่เพียงแต่เป็นการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมให้เกิดการบูรณาการการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยี และกระบวนการทางวิศวกรรมศาสตร์ ทั้งนี้เพื่อมุ่งเน้นให้สามารถนำความรู้ ทักษะ และประสบการณ์จากการเรียนรู้ไปใช้แก้ปัญหาในชีวิตจริง เป็นประโยชน์ในการดำเนินชีวิตและการประกอบอาชีพในอนาคต

สถาบันการส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2558) อธิบายว่า “สะเต็มศึกษา” คือ แนวทางจัดการศึกษาที่บูรณาการใน 4 สหวิทยาการ ได้แก่ วิทยาศาสตร์ วิศวกรรมศาสตร์ เทคโนโลยี และคณิตศาสตร์ โดยเน้นการนำความรู้ไปใช้แก้ปัญหาในชีวิตจริง รวมทั้งพัฒนากระบวนการหรือผลผลิตใหม่ ๆ ที่เป็นประโยชน์ต่อการดำรงชีวิตและการทำงาน

วศิณีส อิศรเสนา ณ อยุธยา (2560) อธิบายว่า STEM Education เป็นการจัดการเรียนการสอนที่เชื่อมโยงความรู้และบูรณาการความรู้จาก ศาสตร์ทั้ง 4 คือ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ เพื่อพัฒนามนุษย์ให้มีทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้วยพื้นฐานความรู้ความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ จากการบูรณาการความรู้กับวิชาอื่น ๆ ในการแก้ปัญหา ความคิดสร้างสรรค์ การสื่อสาร การเป็นผู้นำ และการทำงานร่วมกับผู้อื่น การเข้าใจสังคม สิ่งแวดล้อม วัฒนธรรมในบริบทของตนเองและของโลก โดยการนำทักษะความรู้ไปใช้ในชีวิตประจำวันเพื่อพัฒนาตนเอง และพัฒนาประเทศในด้านเศรษฐกิจ สังคม สาธารณสุข และความมั่นคงของประเทศ ทั้งพัฒนาความเป็นสากลมนุษย์ต่อไป

ประสาธ เนืองเฉลิม (2561) อธิบายว่า สะเต็มศึกษา คือ แนวคิดการจัดการเรียนรู้ที่มีการบูรณาการเนื้อหาและทักษะด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ วิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี โดยที่วิชาทั้งสี่ในสะเต็มศึกษาล้วนแต่เป็นวิชาที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนได้มีความรู้ ความสามารถที่จะดำรงชีวิตได้อย่างมีคุณภาพในศตวรรษที่ 21

กุลิสรา จิตรขญาวนิช และเกศราพรรณ พันธุ์ศรีเกตุ คงเจริญ. (2566) อธิบายว่า “สะเต็มศึกษา” เป็นแนวทางการจัดการศึกษาที่บูรณาการความรู้ใน 4 สหวิทยาการ ได้แก่

วิทยาศาสตร์ (Science) เทคโนโลยี (Technology) วิศวกรรมศาสตร์ (Engineering) และคณิตศาสตร์ (Mathematics) โดยเน้นการคิดอย่างมีเหตุผล นำความรู้ไปใช้แก้ปัญหาในชีวิตจริง รวมทั้งการพัฒนากระบวนการหรือผลผลิตใหม่ที่เป็นประโยชน์ต่อการดำเนินชีวิตและการทำงานแบบร่วมมือ

ผู้วิจัยสรุปได้ว่า “สะเต็มศึกษา” คือ รูปแบบวิทยาการเรียนรู้แบบหนึ่งที่มีมุ่งเน้นให้เกิดการบูรณาการในกลุ่มสาระวิชาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ มาผสมผสานกันอย่างลงตัว เพื่อพัฒนาให้ผู้เรียนเกิดทักษะที่จำเป็นในศตวรรษที่ 21 ที่เน้นให้ผู้เรียนเกิดการเชื่อมโยงความรู้ของตนไปสู่แนวทางในการคิดแก้ปัญหา คิดสร้างสรรค์ การคิดแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์โดยมีกระบวนการคิดอย่างเป็นระบบ มีเหตุผล มีทางเลือกที่หลากหลายในการตัดสินใจ การเป็นผู้นำ และการทำงานร่วมกับผู้อื่น การเข้าใจสังคม สิ่งแวดล้อม วัฒนธรรมและเป็นประโยชน์ในการดำเนินชีวิตในปัจจุบันและอนาคต

2.3 จุดเริ่มต้นของแนวคิดสะเต็มศึกษา

พรทิพย์ ศิริภัทราชัย (2556) กล่าวว่า จุดเริ่มต้นของแนวคิดสะเต็มศึกษามาจากประเทศสหรัฐอเมริกาที่ประสบปัญหาเรื่องผลการทดสอบ PISA ของสหรัฐอเมริกาที่ต่ำกว่าหลายประเทศและส่งผลกระทบต่อขีดความสามารถด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีและวิศวกรรม รัฐบาลจึงมีนโยบายส่งเสริมการศึกษาโดยพัฒนาสะเต็มศึกษาขึ้นมา เพื่อหวังว่าจะช่วยยกระดับผลการทดสอบ PISA ให้สูงขึ้นและจะเป็นแนวทางหนึ่งในการส่งเสริมทักษะที่จำเป็นสำหรับผู้เรียนในศตวรรษที่ 21 สะเต็มศึกษานั้นจึงเป็นหลักสูตรโดยการบูรณาการการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยีและกระบวนการทางวิศวกรรมศาสตร์ เพื่อเน้นการนำความรู้ไปใช้แก้ปัญหาในการดำเนินชีวิต รวมทั้งเพื่อสามารถพัฒนากระบวนการหรือผลผลิตใหม่ที่เป็นประโยชน์ต่อการดำเนินชีวิตและการประกอบอาชีพในอนาคต อีกทั้งวิชาทั้งสี่เป็นวิชาที่มีความสำคัญอย่างมากกับการเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันทางเศรษฐกิจ การพัฒนาคุณภาพชีวิต และความมั่นคงของประเทศ ซึ่งล้วนเป็นวิชาที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนได้มีความรู้ความสามารถที่จะดำรงชีวิตได้อย่างมีคุณภาพในโลกศตวรรษที่ 21

สิรินภา กิจเกื้อกูล (2558) กล่าวว่า การพัฒนาประเทศเพื่อให้อยู่ได้ในยุคศตวรรษที่ 21 กำลังเป็นประเด็นที่ท้าทายสำหรับผู้นำประเทศทั่วโลก สิ่งสำคัญที่นานาประเทศต่างมุ่งหวัง คือ การพัฒนาให้เยาวชนในประเทศ มีความรู้ ความสามารถทางเทคโนโลยี ควบคู่ไปกับการมีความรู้ทางวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ อย่างไรก็ตาม คนที่มีความรู้และทักษะวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์และเทคโนโลยี อาจยังไม่เพียงพอสำหรับประเทศที่กำลังขาดแคลนแรงงานคุณภาพดี หรือแรงงานที่สามารถนำความรู้ ทั้งหลายมาประยุกต์ใช้เพื่อออกแบบและสร้างเครื่องใช้ต่างๆ สำหรับการดำรงชีวิตในปัจจุบันและอนาคต ในประเทศสหรัฐอเมริกา เป็นประเทศหนึ่งที่กำลังประสบปัญหา การขาด

แคลนแรงงานคุณภาพ เยาวชนไม่สนใจการเรียนรู้ด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี รวมทั้งเมื่อสำเร็จการศึกษาผู้เรียนไม่สามารถนำความรู้มาประยุกต์ใช้เพื่อการประกอบอาชีพ โดยเฉพาะอาชีพวิศวกร ซึ่งกำลังเป็นอาชีพที่ขาดแคลนมากในประเทศสหรัฐอเมริกา (Koehler, Faraclas, Giblin, Moss and Kazerounian, 2013) ดังนั้น รัฐบาลจึงได้ดำเนินการปฏิรูปการศึกษา วิทยาศาสตร์ โดยตั้งเป้าหมายของการศึกษาวิทยาศาสตร์ไว้ว่า ต้องมีการพัฒนาให้ผู้เรียนสามารถประยุกต์ใช้ความรู้ควบคู่กับทักษะทางวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันวิจัยแห่งชาติ หรือ National Research Council (NRC, 2012) ของประเทศสหรัฐอเมริกา ได้พัฒนาหลักสูตรการศึกษา วิทยาศาสตร์แห่งชาติที่นับได้ว่าเป็นชาติแรกที่ผนวกศาสตร์ความรู้และทักษะทางวิทยาศาสตร์และ วิศวกรรมศาสตร์ไว้ด้วยกัน และเน้นการสร้างแรงจูงใจให้แก่เยาวชนของชาติ หันมาสนใจในอาชีพที่ ขาดแคลน หลักสูตรจึงมีการแทรกเนื้อหาหรือแนวคิด (concepts) ด้านวิศวกรรมศาสตร์และ เทคโนโลยีลงสู่หลักสูตรวิทยาศาสตร์ระดับชั้นมัธยมศึกษาอย่างเป็นรูปธรรม กลายเป็นที่มาของ สะเต็มศึกษา (STEM Education) ที่มีการบูรณาการศาสตร์ 4 สาขาวิชาเข้าไว้ด้วยกัน คือ วิทยาศาสตร์ (Science) เทคโนโลยี (Technology) วิศวกรรมศาสตร์ (Engineering) และ คณิตศาสตร์ (Mathematics)

ปัฐมาภรณ์ พิมพ์ทอง (2564) ได้กล่าวว่า สะเต็มเป็นที่กล่าวถึงครั้งแรกตั้งแต่ช่วงปี ค.ศ. 1990 ในการประชุมด้านวิทยาศาสตร์ศึกษา (The Interagency Meeting on Science Education) จัดขึ้นโดยสถาบันวิทยาศาสตร์แห่งชาติ (The National Science Foundation [NSF]) ประเทศ สหรัฐอเมริกา ได้มีการกำหนดอักษรย่อ STEM ซึ่งเป็นการบูรณาการศาสตร์ 4 สาขาวิชาเข้าไว้ด้วยกัน คือ วิทยาศาสตร์ (S: Science) เทคโนโลยี (T: Technology) วิศวกรรมศาสตร์ (E: Engineering) และ คณิตศาสตร์ (M: Mathematics)

ผู้วิจัยสรุปได้ว่า จุดเริ่มต้นของแนวคิดสะเต็มศึกษามาจากประเทศสหรัฐอเมริกาที่ประสบ ปัญหาเรื่องผลการทดสอบ PISA ของสหรัฐอเมริกาที่ต่ำกว่าหลายประเทศและส่งผลต่อขีด ความสามารถด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีและวิศวกรรม รัฐบาลจึงมีนโยบายส่งเสริมการศึกษา โดยพัฒนาสะเต็มศึกษาขึ้นมา และเป็นแนวทางหนึ่งในการส่งเสริมทักษะที่จำเป็นสำหรับผู้เรียนใน ศตวรรษที่ 21 ซึ่งสิ่งสำคัญที่นานาประเทศมุ่งหวัง คือ การพัฒนาให้เยาวชนในประเทศ มีความรู้ ความสามารถทางเทคโนโลยี ควบคู่ไปกับการมีความรู้ทางวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ จึงเป็นที่มา ของสะเต็มศึกษา (STEM Education) ที่มีการบูรณาการศาสตร์ 4 สาขาวิชาเข้าไว้ด้วยกัน คือ วิทยาศาสตร์ (Science) เทคโนโลยี (Technology) วิศวกรรมศาสตร์ (Engineering) และ คณิตศาสตร์ (Mathematics)

2.4 แนวคิดและลักษณะสำคัญของการเรียนรู้โดยใช้แนวทางสะเต็มศึกษา

ปฐมาภรณ์ พิมพ์ทอง (2564) ได้กล่าวว่า สะเต็ม (STEM) และสะเต็มศึกษา (STEM Education) มีความหมายแตกต่างกัน คือ สะเต็ม หมายถึง ศาสตร์ (Disciplinary) ที่เกิดจากการบูรณาการศาสตร์หลัก 4 ศาสตร์ ได้แก่ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ เมื่อพูดถึงสะเต็มจึงเป็นไปได้หลายอย่าง ไม่จำเป็นต้องเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้ เช่น แรงงานทางสะเต็ม (STEM workforce) ทักษะด้านสะเต็ม (STEM skills) อาชีพสะเต็ม (STEM career) ส่วนสะเต็มศึกษา หมายถึง แนวทางการจัดการเรียนรู้ (Teaching and learning) เกี่ยวกับสะเต็ม ซึ่งไม่ได้หมายถึงแค่ในห้องเรียน หรือในระบบ หรือแค่ครูสอนนักเรียน แต่เป็นการส่งเสริมให้บุคคลเป็นผู้ฉลาดรู้สะเต็ม

สะเต็มศึกษาเกี่ยวข้องกับการเรียนรู้แบบเพื่อประกอบอาชีพทางสะเต็ม และเตรียมคนเพื่อดำรงชีวิตอยู่ในยุคที่เกี่ยวข้องกับสะเต็มซึ่งมีศาสตร์แต่ละศาสตร์ ได้แก่ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ ไม่ได้ทำงานแยกจากกัน เนื่องจากจากการพิจารณารอบตัวเราแล้วจะพบว่า ไม่ว่าจะเป็นประเด็นปัญหาหรือเหตุการณ์ใด ๆ ในยุคปัจจุบันย่อมต้องเกี่ยวข้องกับศาสตร์ ต่าง ๆ มากกว่าหนึ่งศาสตร์ เช่น ปัญหาศัตรูพืชต้องอาศัยความรู้ทั้งทางด้านวิทยาศาสตร์ เกี่ยวข้องกับชนิดของพืช ชนิดของศัตรูพืช ความรู้ทางด้านเทคโนโลยี และวิศวกรรมศาสตร์มาช่วยในการคิดออกแบบแนวทางหรือวิธีการในการกำจัดศัตรูพืช ตลอดจนความรู้ทางด้านคณิตศาสตร์มาคิดคำนวณในด้านการหาพื้นที่ที่เกิดปัญหาศัตรูพืช การคำนวณอัตราส่วนของสารเคมี หรือการคำนวณด้านค่าใช้จ่าย เป็นต้น

สะเต็มเป็นศาสตร์ที่เกิดจากการบูรณาการเพื่อประโยชน์สูงสุดคือ การตอบสนองความต้องการของมนุษย์ หรือ แก้ปัญหาที่มีความซับซ้อนเกินกว่าที่ศาสตร์เพียงศาสตร์เดียวทำได้เพียงการผสานวิทยาการบูรณาการเพื่อประโยชน์สูงสุดต่อการตอบสนองความต้องการของมนุษย์ หรือ แก้ปัญหาที่มีความซับซ้อนเกินกว่าที่ศาสตร์เพียงศาสตร์เดียวทำได้ เช่น เมื่อเป้าหมายหลักของวิทยาศาสตร์ คือ การอธิบายปรากฏการณ์ ย่อมจะดียิ่งขึ้นหากบูรณาการวิทยาศาสตร์กับเทคโนโลยี และวิศวกรรมศาสตร์ ที่มีเป้าหมายเพื่อการแก้ปัญหา และบูรณาการร่วมกับคณิตศาสตร์ที่มีเป้าหมายในการอธิบายปรากฏการณ์ และบูรณาการร่วมกับคณิตศาสตร์ต้องมีซึ่งสัมพันธ์กับการนำศาสตร์กับเทคโนโลยีและวิศวกรรมศาสตร์ ที่มีเป้าหมายเพื่อการแก้ปัญหา และบูรณาการร่วมกับคณิตศาสตร์ที่มีเป้าหมายในการอธิบายปรากฏการณ์โดยอาศัยทฤษฎีหรือข้อตกลงทางคณิตศาสตร์ มุ่งบูรณาการร่วมกับคณิตศาสตร์ที่มีเป้าหมายในการอธิบายปรากฏการณ์โดยอาศัยทฤษฎีหรือคิดคำนวณทางคณิตศาสตร์ การบูรณาการศาสตร์ต่าง ๆ นี้ย่อมช่วยให้ผู้เรียนได้ใช้ความรู้และทักษะจากหลายศาสตร์ ตลอดจนมีมุมมองและค่านิยมที่เปิดกว้าง เพื่อแก้ปัญหาหรือตอบสนองความต้องการที่มีความซับซ้อนได้ดีขึ้น

ลือชา ลดาชาติ และลฎาภา ลดาชาติ (2561,) กล่าวว่า การออกแบบเป็นบริบทในการเรียนรู้วิทยาศาสตร์สอดคล้องกับทฤษฎีการเรียนรู้สรคณิยม นักเรียนได้ใช้ความรู้เดิมในการร่างและออกแบบนวัตกรรมเพื่อแก้ปัญหา และนำผลจากการสำรวจตรวจสอบมาปรับเปลี่ยนความรู้เดิมให้สอดคล้องกับความรู้ทางวิทยาศาสตร์มากขึ้น การออกแบบต้องอาศัยความรู้ทางวิทยาศาสตร์ จึงช่วยให้นักเรียนเห็นว่าความรู้ทางวิทยาศาสตร์มีประโยชน์ในการแก้ไขปัญหาในชีวิตประจำวันอย่างไร โดยมีทฤษฎีการเรียนรู้สรคณิยม (Constructivist) และทฤษฎีการเรียนรู้สรคณิยมเป็นทฤษฎีที่สนับสนุนการจัดการเรียนการสอนตามแนวคิดสะเต็มศึกษาส่งเสริมให้นักเรียนได้เรียนรู้และเกิดประสบการณ์ด้วยตัวเอง นำความรู้เดิมมาใช้ในการออกแบบแก้ไขปัญหา

อับดุลยามีน หะยีชาเดร์ (2560) สะเต็มศึกษา เป็นแนวทางการบูรณาการความรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์และคณิตศาสตร์ ที่มุ่งพัฒนาทักษะ พัฒนาระบวนการคิด การใช้เหตุผล การร่วมมือในการทำงาน ความคิดสร้างสรรค์ การคิดแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตประจำวัน ซึ่งการจัดการศึกษาตามแนวคิดสะเต็มศึกษามีลักษณะ ดังนี้

1) เป็นการบูรณาการระหว่างสาระวิชา ได้แก่ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี

วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ ซึ่งได้นำจุดเด่นของธรรมชาติตลอดจนวิธีการสอนของแต่ละสาขาวิชามาสผสมผสานกันอย่างลงตัว ได้แก่

1.1) วิทยาศาสตร์ (S) เน้นเกี่ยวกับความเข้าใจในธรรมชาติ ซึ่งการสอนวิทยาศาสตร์ในสะเต็มศึกษาจะให้นักเรียนสนใจ กระตือรือร้น ทำทหาย

1.2) เทคโนโลยี (T) เป็นวิชาที่เกี่ยวกับระบบทั้งหมดของคนและองค์กร ความรู้ สิ่งประดิษฐ์ กระบวนการแก้ปัญหา การปรับปรุงพัฒนาสิ่งต่าง ๆ หรือกระบวนการต่าง ๆ เพื่อตอบสนองความต้องการ โดยผ่านกระบวนการทำงานทางเทคโนโลยี เรียกว่า กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม (Engineering Design) ซึ่งคล้ายกับกระบวนการสืบเสาะ จึงไม่ได้หมายถึงคอมพิวเตอร์หรืออุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ตามที่คนส่วนใหญ่เข้าใจเท่านั้น

1.3) วิศวกรรมศาสตร์ (E) เป็นวิชาที่ว่าด้วยการคิดสร้างสรรค์ พัฒนานวัตกรรมต่าง ๆ โดยใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี โดยกระบวนการออกแบบทางเทคโนโลยีมีหลายขั้นตอน เริ่มจากการระบุถึงปัญหาและเงื่อนไขหรือกฎเกณฑ์ต่าง ๆ จากนั้น จะรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องในการแก้ปัญหาที่เป็นไปได้ แล้วจึงวิเคราะห์เลือกวิธีการแก้ปัญหา และลงมือทำตามขั้นตอนที่ได้ออกแบบไว้ รวมทั้งประเมินผลลัพธ์ที่ปฏิบัติ ร่วมกันอภิปรายถึงการดำเนินงาน แล้วปรับปรุงพัฒนาให้ดีขึ้น

1.4) คณิตศาสตร์ (M) ประกอบด้วย 3 องค์ประกอบ ได้แก่

(1) กระบวนการคิดคณิตศาสตร์ เช่น การเปรียบเทียบ การจำแนกหรือจัดกลุ่ม การจัดรูปแบบ การบอกรูปร่างและคุณสมบัติ

(2) ภาษาคณิตศาสตร์ เป็นการถ่ายทอดความคิดรวบยอด โดยการสื่อสาร ด้วยสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ เช่น มากกว่า น้อยกว่า เป็นต้น

(3) การส่งเสริมการคิดคณิตศาสตร์ขั้นสูงจากกิจกรรมต่าง ๆ

2) สามารถจัดสอนได้ทุกระดับชั้น ตั้งแต่ชั้นอนุบาลจนถึงมัธยมศึกษาตอนปลาย โดยการบูรณาการ โดยการบูรณาการด้านบริบทที่สอดคล้องกับชีวิตประจำวัน ซึ่งทำให้ผู้เรียน เห็นคุณค่า ของการเรียนรู้ นั้น ๆ และนำไปใช้ในชีวิตจริงได้ ซึ่งจะเพิ่มโอกาสในการทำงาน

3) ทำให้ผู้เรียนเกิดพัฒนาการด้านต่าง ๆ อย่างครบถ้วน และสอดคล้องกับแนวทางการ พัฒนาผู้เรียนให้มีคุณภาพในศตวรรษที่ 21 เช่น

3.1) ด้านปัญญา ผู้เรียนเข้าใจเนื้อหาวิชา

3.2) ด้านทักษะการคิด ผู้เรียนพัฒนาทักษะการคิด โดยเฉพาะการคิดขั้นสูง เช่น การคิดวิเคราะห์ การคิดสังเคราะห์ การคิดสร้างสรรค์ เป็นต้น

3.3) ด้านคุณลักษณะ ผู้เรียนสามารถทำงานร่วมกัน มีความสามารถในการสื่อสาร เป็นผู้นำยอมรับคำวิพากษ์วิจารณ์ของผู้อื่น

ผู้วิจัยสรุปได้ว่า สะเต็มศึกษาเป็นการจัดการศึกษาเป็นการบูรณาการที่เน้นจุดเด่น ในธรรมชาติของทั้ง 4 สาขารวิชา ความรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์และ คณิตศาสตร์ พัฒนาทักษะ พัฒนากระบวนการคิด การใช้เหตุผล การร่วมมือในการทำงาน ความคิด สร้างสรรค์ การคิดแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ เพื่อที่จะสามารถนำมาแก้ปัญหาในชีวิตประจำวัน โดยสามารถบูรณาการระหว่างสาขารวิชา สามารถจัดสอนได้ทุกระดับชั้น ตั้งแต่ชั้นอนุบาลจนถึง มัธยมศึกษาตอนปลาย ทำให้ผู้เรียนเกิดพัฒนาการด้านต่าง ๆ อย่างครบถ้วน และสอดคล้องกับแนว ทางการพัฒนาผู้เรียนให้มีคุณภาพในศตวรรษที่ 21

2.5 เหตุผลที่จัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา

อภิสิทธิ์ ธงไชย (2556) การจัดการศึกษาตามแนวคิดสะเต็มศึกษาจำเป็นต้องสอดคล้องกับ หลักสูตรหรือมาตรฐานการเรียนรู้และเป็นการนำไปบูรณาการกับกิจกรรมการเรียนรู้แบบเดิม เพื่อ มิให้เป็นภาระกับครูเพราะอาจจะเป็นปัญหากับการเรียนการสอนได้ นอกจากนั้นยังพบว่า กระบวนการของการจัดการเรียนการสอนทางวิทยาศาสตร์ ได้มุ่งเน้นแนวคิดการทดลองทาง วิทยาศาสตร์ ที่ไม่เพียงแต่ค้นคว้าเพื่อให้ได้คำตอบและยังมุ่งเน้นการลงมือทำทั้งการทดลองและการ สร้างสรรค์ชิ้นงาน โดยการใช้ความรู้ควบคู่กับคณิตศาสตร์และใช้กระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม และเทคโนโลยี (Engineering and Technological Design Process) นักเรียนจะเกิดทักษะต่างๆ ในขณะที่ทำกิจกรรม ข้อควรปฏิบัติในการสอนสะเต็มศึกษาคือ จะต้องใช้องค์ประกอบของเหตุการณ์ให้

อยู่รอบตัวนักเรียนใกล้เคียงกับเหตุการณ์จริง และให้นักเรียนมองว่าเป็นสิ่งใกล้ตัว มีการใช้คำถามปลายเปิดเพื่อให้ผู้เรียนได้ฝึกคิดแก้ปัญหา (Problem Solving) ฝึกการคิดเชิงระบบ (Systems Thinking) และการคิดวิเคราะห์ (Critical Thinking) มุ่งเน้นการทำงานเป็นทีม และให้นักเรียนฝึกใช้อุปกรณ์ สื่อ และเทคโนโลยีที่พบเห็นได้ทั่วไป เพื่อเป็นเครื่องมือในการเรียนรู้ เช่น ใน การสืบค้นข้อมูล รวมถึงมีการฝึกการนำเสนอผลงานที่นักเรียนได้จัดทำ ช่วยให้นักเรียนตระหนักถึงจุดมุ่งหมาย เหตุผล กระบวนการในการเรียนรู้

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2557) กล่าวว่า ประเทศไทยกำลังประสบปัญหาเกี่ยวกับการศึกษาคณิตศาสตร์ และเทคโนโลยีหลายประการที่สำคัญ ได้แก่

1. จำนวนผู้เรียนสายวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์และเทคโนโลยีลดลง ตั้งแต่การศึกษาขั้นพื้นฐาน อาชีวศึกษา และอุดมศึกษา นอกจากนี้การประเมินผลทั้งในระดับประเทศและระดับนานาชาติบ่งชี้ว่า การศึกษาวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยีระดับโรงเรียนมีคุณภาพต่ำโดยเฉลี่ย

2. ประเทศไทยเป็นประเทศที่อยู่ในกลุ่มที่มีรายได้ระดับปานกลาง ซึ่งต้องการกำลังคนที่มีความรู้และทักษะด้านวิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยีที่เหมาะสมกับการผลิตและการบริการที่มีการแข่งขันสูง เช่น การเกษตรแบบก้าวหน้า การผลิตสินค้าที่ใช้เทคโนโลยีขั้นสูง การสื่อสาร การคมนาคม การพลังงานและการจัดการสิ่งแวดล้อมที่ต้องใช้เทคโนโลยีสารสนเทศและเครื่องจักรที่มีเทคโนโลยีสูง ตลอดจนการจัดการโลจิสติกส์ เป็นต้น แต่การศึกษาวissenschaft คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยียังไม่สามารถตอบสนองความต้องการในการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมของชาติ

3. ในยุคประชาคมเศรษฐกิจอาเซียน (ASEAN Economic Community- AEC) ที่เริ่มในปี พ.ศ. 2558 จะมีการเคลื่อนย้ายเสรีของกำลังคนด้านสะเต็ม (STEM Workforce) เช่น วิศวกร นักสำรวจ สถาปนิก แพทย์ ทันตแพทย์และพยาบาล ซึ่งประเทศไทยยังขาดกำลังคนทางด้านนี้ทั้งปริมาณและคุณภาพ จึงจำเป็นต้องเร่งปรับยุทธศาสตร์ การจัดการศึกษาวissenschaft คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี ให้เน้นความรู้และทักษะที่เหมาะสมกับการประกอบอาชีพในเศรษฐกิจและสังคมยุคเออีซี

ปัทมาภรณ์ พิมพ์ทอง (2564) กล่าวว่า สะเต็มเกี่ยวข้องกับภารกิจชีวิต การศึกษา การประกอบอาชีพ และการอยู่ในสังคมอย่างมีความสุข และเพื่อตอบสนองนโยบายของประเทศไทยที่มุ่งใช้การศึกษาเป็นตัวขับเคลื่อนให้ประเทศหลุดพ้นจากการเป็นประเทศที่มีรายได้ปานกลาง และเป็นเพียงฐานการผลิตให้แก่ประเทศมหาอำนาจทางเศรษฐกิจ มาเป็นประเทศที่มีรายได้สูง และมีความสามารถเป็นผู้สร้างนวัตกรรม นอกจากนั้นแล้วยังมีความท้าทายเกี่ยวกับการวัดผลสัมฤทธิ์ระดับนานาชาติ เช่น โครงการประเมินผลผู้เรียนร่วมกับนานาชาติ หรือ PISA (Programme for international student assessment) และโครงการศึกษาแนวโน้มการจัดการศึกษาคณิตศาสตร์

และวิทยาศาสตร์ หรือ TIMSS (Trends in international mathematics and science study) ของผู้เรียนไทยเทียบกับนานาชาติ ที่ไม่ว่าจะมีการสอบในคราวใดประเทศไทยก็อยู่ในอันดับที่ไม่เป็นที่น่าพอใจ และทิ้งห่างจากประเทศเพื่อนบ้าน อีกทั้งยังพบว่าจำนวนคนที่เรียนต่อในสาขาทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยีมีน้อยลง

ผู้วิจัยสรุปได้ว่า เหตุผลที่จัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เพื่อมุ่งเน้นแนวคิดการทดลองทางวิทยาศาสตร์ ในการลงมือทำทั้งการทดลองและการสร้างสรรค์ชิ้นงาน โดยใช้ความรู้ควบคู่กับคณิตศาสตร์และใช้กระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมและเทคโนโลยี (Engineering and Technological Design Process) ซึ่งสะเต็มมีความเกี่ยวข้องกับการดำรงชีวิต การศึกษา การประกอบอาชีพ และการอยู่ในสังคมอย่างมีความสุข และที่สำคัญในยุคประชาคมเศรษฐกิจอาเซียน (ASEAN Economic Community– AEC) ซึ่งจะมีการเคลื่อนย้ายเสรีของกำลังคนด้านสะเต็ม (STEM Workforce) เช่น วิศวกรนักสำรวจ สถาปนิก แพทย์ ทันตแพทย์และพยาบาล ซึ่งประเทศไทยยังขาดกำลังคนทางด้านนี้ทั้งปริมาณและคุณภาพ จึงควรนำแนวคิดสะเต็มมาใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ และเพื่อตอบสนองนโยบายของประเทศไทยที่มุ่งใช้การศึกษาเป็นตัวขับเคลื่อนให้ประเทศเป็นประเทศที่มีรายได้สูง และมีความสามารถเป็นผู้สร้างนวัตกรรม

2.6 จุดมุ่งหมายของการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา

เพื่อให้การจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษามีประสิทธิภาพ มีหน่วยงานและนักการศึกษา ได้กล่าวถึงเป้าหมายของการจัดการศึกษาโดยใช้สะเต็มศึกษา ดังนี้

มอร์ริสัน (Morrison, 2006 อ้างถึงในอับดุลยามิณ หะยีชาเดร์, 2560) ได้กล่าวว่า จุดมุ่งหมายของสะเต็มศึกษา ได้สรุปเกี่ยวกับเป้าหมายด้านผู้เรียนที่ผ่านการจัดการเรียนรู้ด้วยรูปแบบสะเต็มศึกษาไว้ดังต่อไปนี้

1. เป็นนักแก้ปัญหา โดยผู้เรียนสามารถตั้งคำถามและระบุปัญหา ออกแบบแนวทางการรวบรวม จัดระบบข้อมูล ลงข้อสรุปและประยุกต์ใช้ความรู้ที่ได้ในสถานการณ์ใหม่
2. เป็นนักสร้างสรรค์นวัตกรรม ในการประยุกต์ใช้หลักการทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์และเทคโนโลยีกับกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมศาสตร์อย่างสร้างสรรค์
3. เป็นนักประดิษฐ์ รู้ถึงความต้องการของสังคมเพื่อเป็นพื้นฐานในการออกแบบ ตรวจสอบ ปรับปรุงและแก้ปัญหาโดยใช้กระบวนการทางวิศวกรรมศาสตร์อย่างสร้างสรรค์เพื่อตอบสนองความต้องการที่แท้จริง
4. เป็นนักพึ่งพาตนเอง ที่สามารถนำความคิดที่ริเริ่มและแรงจูงใจภายในมาใช้ในการสร้างและพัฒนาความเชื่อมั่นในตนเองให้สามารถให้สามารถทำงานได้

5. เป็นนักคิดอย่างมีเหตุผล คือเข้าใจและอธิบายธรรมชาติของเทคโนโลยี การพัฒนาทักษะที่จำเป็นและประยุกต์ใช้เทคโนโลยีได้อย่างเหมาะสม

National Governor's Association (2009 อ้างถึงในอับลยามิน หะยีชาเดร์, 2560) ได้กล่าวว่า จุดมุ่งหมายของสะเต็มศึกษา คือ การรู้สะเต็มศึกษา (STEM literacy) เป็นการที่ผู้เรียนมีการรู้วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์และคณิตศาสตร์ ซึ่งหมายถึง ความสามารถในการประยุกต์ความเข้าใจของตนเองในการศึกษาความเป็นไปของโลกโดยใช้ การบูรณาการความรู้จากทั้งสี่รายวิชา มีรายละเอียดดังนี้

1. การรู้วิทยาศาสตร์ (Science Literacy) ความรู้ ความเข้าใจเกี่ยวกับเนื้อหาวิชาวิทยาศาสตร์ สามารถเชื่อมโยงความเกี่ยวเนื่องเนื้อหาสาระทางสาระวิชา และมีทักษะในการปฏิบัติการเชิงวิทยาศาสตร์มีทักษะในการคิดที่เป็นเหตุเป็นผล สามารถค้นหาความรู้และแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบ สามารถตัดสินใจโดยใช้ข้อมูลที่หลากหลายและมีประจักษ์พยานที่ตรวจสอบได้

2. การรู้เทคโนโลยี (Technology Literacy) ความเข้าใจ และความสามารถในการใช้งาน จัดการ และเข้าถึงเทคโนโลยี ซึ่งเป็นกระบวนการหรือสิ่งประดิษฐ์ที่สร้างขึ้นเพื่อตอบสนองความต้องการของมนุษย์

3. การรู้วิศวกรรมศาสตร์ (Engineering Literacy) ความเข้าใจการพัฒนาหรือการได้มาของเทคโนโลยีโดยการประยุกต์ความรู้วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยีที่มีอยู่กับการออกแบบเชิงวิศวกรรม เพื่อสร้างเครื่องใช้หรือวิธีการ เพื่อพัฒนาคุณภาพชีวิต

4. การรู้คณิตศาสตร์ (Mathematics Literacy) ความสามารถในการวิเคราะห์ให้เหตุผล และการประยุกต์แนวคิดทางคณิตศาสตร์ เพื่อสร้างอธิบายและทำนายปรากฏการณ์ต่าง ๆ ภายใต้บริบทที่แตกต่างกัน รวมถึงตระหนักถึงบทบาทของคณิตศาสตร์และสามารถใช้คณิตศาสตร์ช่วยในการวินิจฉัยและการตัดสินใจที่ดี

ศศิเทพ ปิติพรเทพิน (2558) ได้กล่าวว่า จุดมุ่งหมายที่สำคัญที่สุดของการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ตามแนวสะเต็มศึกษา คือ การรู้วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ (STEM literacy) ซึ่งเกี่ยวข้องกับความเข้าใจแนวคิด ทักษะกระบวนการและความสามารถของบุคคลที่มีต่อความรู้วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ที่สัมพันธ์กับบุคคลและสังคม ซึ่งผู้รู้วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ จะมีลักษณะดังนี้

1. ประยุกต์ความรู้ที่สัมพันธ์กับวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมและคณิตศาสตร์ในประเด็นต่างๆ

2. เข้าใจลักษณะของวิชาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมและคณิตศาสตร์ ว่าเป็นความพยายามของมนุษย์ที่รวมเอากระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางเทคโนโลยี ความรู้ทางวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์มาใช้ในการออกแบบระบบทางวิศวกรรม

3. มีความตระหนักถึงรูปแบบของสาขาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมและคณิตศาสตร์ ทั้งด้านเนื้อหาสาระ การใช้ปัญญาและเป็นวัฒนธรรมหนึ่งของโลก

4. เข้าไปมีส่วนร่วมในประเด็นที่สัมพันธ์กับวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรม และคณิตศาสตร์ โดยสามารถให้แนวคิดเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์เทคโนโลยี วิศวกรรมและคณิตศาสตร์ ว่าเป็นสิ่งที่เกี่ยวข้องกับพลเมืองโลก

นอกจากนี้ ศศิทเพ ปิติพรเทพิน (2558) ได้กล่าวว่า จุดมุ่งหมายของสะเต็มศึกษา ในการพัฒนานักเรียนในด้านต่าง ๆ ที่จำเป็นในศตวรรษที่ 21 ดังนี้

1. ความสามารถในการแก้ปัญหา หมายถึง นักเรียนสามารถกำหนดคำถาม และปัญหา ออกแบบและค้นคว้าเพื่อรวมกลุ่มข้อมูล สร้างข้อสรุป และสามารถประยุกต์ความเข้าใจเหล่านี้ไปสู่สถานการณ์ใหม่ ๆ หรือที่ไม่เคยมีมาก่อนได้ นักเรียนต้องใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ร่วมกับการคำนวณด้วยสมการทางคณิตศาสตร์ เพื่อช่วยในการแก้ปัญหา

2. ความเป็นผู้มีความคิดสร้างสรรค์ นักเรียนสามารถคิดสร้างสรรค์โดยใช้วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี เป็นหลักการในการประยุกต์ไปสู่การออกแบบระบบทางวิศวกรรม โดยนักเรียนต้องวิเคราะห์สถานการณ์ปัญหา เพื่อกำหนดกรอบหรือขอบเขตที่จะศึกษาแนวทางแก้ปัญหา หรือการออกแบบระบบทางวิศวกรรมเพื่อตอบสนองความต้องการของโลกปัจจุบัน

3. ความสามารถในการประดิษฐ์ นักเรียนทราบความต้องการของสังคมและออกแบบสิ่งประดิษฐ์อย่างสร้างสรรค์ โดยบูรณาการความรู้ทั้งทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี เพื่อนำไปสู่การนำไปใช้จริง

4. ความเชื่อมั่นในตนเอง นักเรียนสามารถสร้างแรงกระตุ้นในการพัฒนาตนเองและมีแรงจูงใจในการพัฒนาความรู้และความเชื่อมั่นในตนเอง ต่อการทำงานในช่วงเวลาหรือสถานการณ์ที่มีความแตกต่างกันได้

5. ความคิดอย่างมีเหตุผล นักเรียนสามารถเข้าใจเหตุผลผ่านกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และวิศวกรรม ในการออกแบบสิ่งประดิษฐ์หรือนวัตกรรมต่าง ๆ ได้

6. ความรู้ทางเทคโนโลยี นักเรียนสามารถอธิบายธรรมชาติของเทคโนโลยี พัฒนาทักษะที่จำเป็นและสามารถนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ได้อย่างเหมาะสม

พัชรี รมพะยอม วิชัยดิษฐ์ (2561) ได้กล่าวว่า จุดหมายของสะเต็มศึกษา คือ การผลิตและพัฒนากำลังคนที่มีทักษะด้านสะเต็ม การสร้างเยาวชนรุ่นใหม่ที่จะเป็นกำลังคนแห่งอนาคต (Workforce of the future) ที่มีความคิดสร้างสรรค์ มีทักษะด้านสะเต็มศึกษา และการพัฒนา

กำลังคนที่มีคุณภาพด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์และคณิตศาสตร์ จะช่วยเพิ่มขีดความสามารถระดับสากล โดยประเทศไทยจำเป็นต้องเร่งพัฒนาและดำเนินการระบบสะเต็มศึกษาตลอดจนพัฒนาระบบสนับสนุนการดำเนินงานด้านสะเต็ม ซึ่งจำเป็นต้องได้รับความร่วมมือจากหลายฝ่าย

กุลิสรา จิตรขญาวณิช และเกศราพรรณ พันธุ์ศรีเกตุ คงเจริญ (2566) ได้กล่าวว่า เป้าหมายของสะเต็มศึกษา คือ ส่งเสริมให้ผู้เรียนรักและเห็นคุณค่าของการเรียนวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ และเห็นว่าวิชาเหล่านี้เป็นเรื่องใกล้ตัวที่สามารถนำมาใช้ได้ทุกวัน สำหรับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มมีลักษณะ 5 ประการ ดังนี้

1. เป็นการสอนที่เน้นการบูรณาการ
2. ช่วยนักเรียนสร้างความเชื่อมโยงระหว่างเนื้อหาวิชาทั้ง 4 กับชีวิตประจำวัน และการทำอาชีพ
3. เน้นการพัฒนาทักษะในศตวรรษที่ 21
4. ทำลายความคิดของนักเรียน
5. เปิดโอกาสให้นักเรียนได้แสดงความคิดเห็น และความเข้าใจที่สอดคล้องกับเนื้อหาทั้ง 4 วิชา

ผู้วิจัยสรุปได้ว่า จุดมุ่งหมายของสะเต็มศึกษา เป็นการพัฒนาผู้เรียนให้มีความรู้ทักษะ กระบวนการ และเข้าใจความสัมพันธ์ของวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์และคณิตศาสตร์ เพื่อให้ผู้เรียนมีการพัฒนาทักษะในศตวรรษที่ 21 เป็นนักแก้ปัญหา เป็นนักสร้างสรรค์นวัตกรรม เป็นนักประดิษฐ์ เป็นนักพึ่งพาตนเอง เป็นนักคิดอย่างมีเหตุผล มีความคิดสร้างสรรค์ มีความเชื่อมั่นในตนเอง มีความรู้ในการใช้เทคโนโลยี และสามารถนำความรู้เหล่านั้นไปประยุกต์ใช้ให้เกิดประโยชน์ หรือใช้ในการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวันได้สมเหตุสมผลและเป็นระบบ

2.7 แนวทางการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา

อภิสิทธิ์ ธงไชยและคณะ (2556) กล่าวว่า วิศวกรรมศาสตร์ในสะเต็มศึกษา หมายถึง การออกแบบ (Design) วางแผน (Planning) การแก้ปัญหา (Problem Solving) การใช้องค์ความรู้จากศาสตร์ต่าง ๆ มาสร้างสรรค์ผลงานภายใต้ข้อจำกัดหรือเงื่อนไข (Constraints and Criteria) ที่กำหนด กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม (Engineering Design Process) เป็นการนำเอาองค์ความรู้โดยเฉพาะวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยีมาประยุกต์ใช้ เพื่อสร้างสรรค์ผลงานและเชื่อมโยงกับโลกความเป็นจริง ทั้งนี้ สะเต็มศึกษาเป็นการจัดการศึกษาที่มีแนวคิด และลักษณะดังนี้ (Dejarnette, 2012)

1. เป็นการบูรณาการข้ามกลุ่มสาระวิชา นั่นคือการบูรณาการระหว่างศาสตร์สาขาต่าง ๆ ได้แก่ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ ทั้งนี้ได้นำจุดเด่นของธรรมชาติตลอดจนวิธีการสอนของแต่ละสาขาวิชามาสอดคล้องกันอย่างลงตัว กล่าวคือ

วิทยาศาสตร์ เน้นเกี่ยวกับความเข้าใจในธรรมชาติ โดยนักการศึกษาชี้แนะให้อาจารย์ครูผู้สอนใช้วิธีการสอนวิทยาศาสตร์ด้วยกระบวนการสืบเสาะ (Inquiry Based Science Teaching) กิจกรรมการสอนแบบแก้ปัญหา (Scientific Problem-based Activities) ซึ่งเป็นกิจกรรมที่เหมาะสมกับผู้เรียนระดับประถมศึกษา แต่ไม่เหมาะสมกับผู้เรียนระดับมัธยมศึกษา หรือมหาวิทยาลัย เพราะทำให้ผู้เรียนเบื่อหน่ายและไม่สนใจ แต่การสอนวิทยาศาสตร์ในสะเต็มศึกษาจะทำให้นักเรียนสนใจ มีความกระตือรือร้น รู้สึกท้าทายและเกิดความมั่นใจในการเรียน ส่งผลให้ผู้เรียนสนใจที่จะเรียนในสาขาวิทยาศาสตร์ในระดับขั้นที่สูงขึ้นและประสบความสำเร็จในการเรียน

เทคโนโลยี เป็นวิชาที่เกี่ยวกับกระบวนการแก้ปัญหา ปรับปรุง พัฒนาสิ่งต่าง ๆ หรือกระบวนการต่าง ๆ เพื่อตอบสนองความต้องการของคนเรา โดยผ่านกระบวนการทำงานทางเทคโนโลยี ที่เรียกว่า Engineering Design หรือ Design Process ซึ่งคล้ายกับกระบวนการสืบเสาะ ดังนั้นเทคโนโลยีจึงมิได้หมายถึงคอมพิวเตอร์หรือ ICT ตามที่คนส่วนใหญ่เข้าใจ

วิศวกรรมศาสตร์ เป็นวิชาที่ว่าด้วยการคิดสร้างสรรค์ พัฒนานวัตกรรมต่าง ๆ ให้กับนิสิตนักศึกษาโดยใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี ซึ่งคนส่วนใหญ่มักเข้าใจว่าเป็นวิชาที่สามารถเรียนได้ แต่จากการศึกษาวิจัยพบว่าแม้แต่เด็กอนุบาลก็สามารถเรียนได้ดีเช่นกัน คณิตศาสตร์ เป็นวิชาที่มีได้หมายถึงการนับจำนวนเท่านั้น แต่เกี่ยวกับองค์ประกอบอื่นที่สำคัญประการแรกคือกระบวนการคิด

คณิตศาสตร์ (Mathematical Thinking) ซึ่งได้แก่การเปรียบเทียบ การจำแนก/จัดกลุ่มการจัดแบบรูป และการบอกรูปร่างและคุณสมบัติ ประการที่สองภาษาคณิตศาสตร์ เด็กจะสามารถถ่ายทอดความคิดหรือความเข้าใจความคิดรวบยอด (Concept) ทางคณิตศาสตร์ได้ โดยใช้ภาษาคณิตศาสตร์ในการสื่อสาร เช่น มากกว่า น้อยกว่า เล็กกว่า ใหญ่กว่า ฯลฯ ประการต่อมา คือ การส่งเสริมการคิดคณิตศาสตร์ขั้นสูง (Higher-Level Math Thinking) จากกิจกรรมการเล่นของเด็กหรือการทำกิจกรรมในชีวิตประจำวัน

2. เป็นการบูรณาการที่สามารถจัดสอนได้ในทุกระดับชั้น ตั้งแต่ชั้นอนุบาลถึงมัธยมศึกษาตอนปลาย โดยพบว่าในประเทศสหรัฐอเมริกาได้กำหนดเป็นนโยบายทางการศึกษาให้แต่ละรัฐนำสะเต็มมาใช้ ผลจากการศึกษาพบว่าครูผู้สอนใช้วิธีการสอนแบบ Project-based Learning, Problem-based Learning, Design-based Learning ทำให้นักเรียนสามารถสร้างสรรค์พัฒนาชิ้นงานได้ดี และถ้าครูผู้สอนสามารถใช้สะเต็มศึกษาในการสอนได้เร็วเท่าใดก็จะยิ่งเพิ่ม

ความสามารถและศักยภาพผู้เรียนได้มากขึ้นเท่านั้น ซึ่งในขณะนี้ในบางรัฐของประเทศสหรัฐอเมริกา มีการนำสะเต็มศึกษาไปสอนตั้งแต่ระดับวัยก่อนเรียนด้วย

3. เป็นการสอนที่ทำให้ผู้เรียนเกิดพัฒนาการด้านต่าง ๆ อย่างครบถ้วน และสอดคล้องกับแนวทางการพัฒนาคนให้มีคุณภาพในศตวรรษที่ 21 เช่น

ด้านปัญญา ผู้เรียนเข้าใจในเนื้อหาวิชา

ด้านทักษะการคิด ผู้เรียนพัฒนาทักษะการคิด โดยเฉพาะการคิด ขั้นสูง เช่น การคิดวิเคราะห์ การคิดสร้างสรรค์ ฯลฯ

ด้านคุณลักษณะผู้เรียนมีทักษะการทำงานกลุ่ม ทักษะการสื่อสารที่มีประสิทธิภาพ การเป็นผู้นำตลอดจนการยอมรับคำวิพากษ์วิจารณ์ของผู้อื่น

จำรัส อินทลาภาพร (2558) กล่าวว่า การจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา ผู้สอนควรจัดการเรียนรู้ที่หลากหลาย ได้แก่ 1) การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน เป็นการจัดการเรียนรู้ที่กำหนดสถานการณ์ที่เป็นปัญหาและท้าทายการคิดของนักเรียน เพื่อกระตุ้นให้นักเรียนเกิดความสนใจ และศึกษาค้นคว้าข้อมูลด้วยตนเองเพื่อแก้ปัญหา ซึ่งส่งผลให้นักเรียนสามารถนำความรู้ที่ได้รับจากครูผู้สอนไปประยุกต์ใช้ในสถานการณ์ต่าง ๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพ และเสริมสร้างให้นักเรียนเกิดการใฝ่เรียนรู้ 2) จัดการเรียนรู้แบบโครงงานเป็นฐาน เป็นการจัดการเรียนรู้ที่เปิดโอกาสให้นักเรียนเลือกทำโครงงานที่ตนเองสนใจ โดยร่วมกันสำรวจ สังเกต และกำหนดเรื่องที่ตนเองสนใจ มีการวางแผนในการทำโครงงานร่วมกัน โดยศึกษาหาข้อมูลความรู้ที่จำเป็นและลงมือปฏิบัติตามแผนที่กำหนดจนได้ข้อค้นพบ หรือองค์ความรู้ใหม่แล้วเขียนรายงานและนำเสนอต่อสาธารณชน นำเสนอ และประสบการณ์ทั้งหมดมาอภิปราย แลกเปลี่ยนเรียนรู้และสรุปผลการเรียนรู้ที่ได้รับจากประสบการณ์ที่ได้รับทั้งหมด 3) จัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่เน้นให้นักเรียนทำงานร่วมกันเป็นกลุ่ม มีการแลกเปลี่ยนเรียนรู้และให้ข้อมูลย้อนกลับกับผู้เรียน เพื่อตรวจสอบความรู้ความเข้าใจของนักเรียน

สิรินภา กิจเกื้อกูล (2558) กล่าวว่า หลักการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา มีกระบวนการหรือขั้นตอนคล้ายกับการจัดการเรียนรู้แบบโครงงานวิทยาศาสตร์ที่ประกอบไปด้วย ขั้นตอนปัญหา ขั้นตอนสมมติฐาน ขั้นตอนกำหนดตัวแปร ขั้นตอนออกแบบการทดลอง ขั้นตอนทดลอง ขั้นตอนอภิปรายผล และขั้นตอนนำเสนอผล แต่การจัดการเรียนรู้แบบสะเต็ม จะเน้นการนำปัญหาที่มีอยู่จริงในชีวิตประจำวันที่กำลังเป็นประเด็นทางสังคมให้ผู้เรียนได้คิดอย่างมีวิจารณญาณและออกแบบชิ้นงานภายใต้เงื่อนไขทางสังคม เพื่อให้สามารถแก้ไขปัญหาเหล่านั้นได้อย่างเป็นรูปธรรมมากยิ่งขึ้นนั่นเอง

สถาบันการส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2558) กล่าวว่า การจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา คือ แนวทางการจัดการศึกษาที่บูรณาการความรู้ใน 4 สหวิทยาการ ได้แก่ วิทยาศาสตร์ วิศวกรรม เทคโนโลยี และคณิตศาสตร์ โดยเน้นการนำความรู้ไปใช้แก้ปัญหาใน

ชีวิตจริง รวมทั้งการพัฒนากระบวนการหรือผลผลิตใหม่ ที่เป็นประโยชน์ต่อการดำเนินชีวิต และการทำงาน ช่วยนักเรียนสร้างความเชื่อมโยงระหว่าง 4 สหวิทยาการ กับชีวิตจริงและการทำงาน การจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาเป็นการจัดการเรียนรู้ที่ไม่เน้นเพียงการท่องจำทฤษฎีหรือกฎทางวิทยาศาสตร์ และคณิตศาสตร์ แต่เป็นการสร้างความเข้าใจทฤษฎีหรือกฎเหล่านั้นผ่านการปฏิบัติให้เห็นจริงควบคู่กับการพัฒนาทักษะการคิด ตั้งคำถาม แก้ปัญหาและการหาข้อมูลและวิเคราะห์ข้อค้นพบใหม่ ๆ พร้อมทั้งสามารถนำข้อค้นพบนั้นไปใช้หรือบูรณาการกับชีวิตประจำวันได้

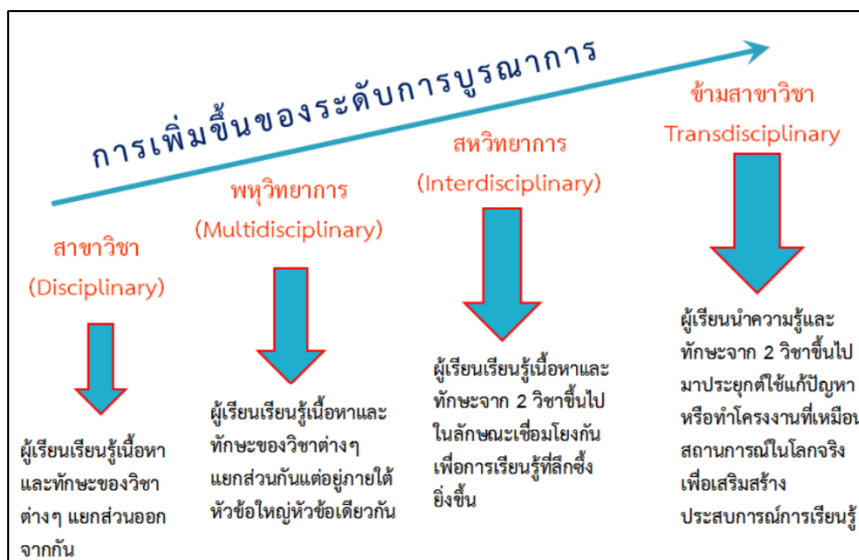
การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มมีลักษณะ 5 ประการได้แก่

- 1) เป็นการสอนที่เน้นการบูรณาการ
- 2) ช่วยนักเรียนสร้างความเชื่อมโยงระหว่างเนื้อหาวิชาทั้ง 4 กับชีวิตประจำวันและการประกอบอาชีพ
- 3) เน้นการพัฒนาทักษะในศตวรรษที่ 21
- 4) ทำทลายความคิดของนักเรียน
- 5) เปิดโอกาสให้นักเรียนได้แสดงความคิดเห็น และความเข้าใจที่สอดคล้องกับเนื้อหาทั้ง 4 วิชา

จุดประสงค์ของการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา คือ ส่งเสริมให้ผู้เรียนรักและเห็นคุณค่าของการเรียนวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ และเห็นว่าวิชาเหล่านั้นเป็นเรื่องใกล้ตัวที่สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้ในชีวิตประจำวัน

ระดับการบูรณาการที่อาจเกิดขึ้นในชั้นเรียนสะเต็มศึกษาสามารถแบ่งได้เป็น 4 ระดับ ได้แก่ การบูรณาการภายในวิชา (disciplinary), การบูรณาการแบบพหุวิทยาการ (multidisciplinary integration), การบูรณาการแบบสหวิทยาการ (interdisciplinary integration) และ การบูรณาการแบบข้ามสาขาวิชา (transdisciplinary integration) ดังแสดงในรูป

พูน ปณ จิโต ชีเว



ภาพที่ 1 ระดับการบูรณาการที่อาจเกิดขึ้นในชั้นเรียนสะเต็มศึกษา

ที่มา: สสวท. (2558). https://physics.ipst.ac.th/?page_id=2481

กุลิสรา จิตรชญาวนิช และเกศราพรรณ พันธุ์ศรีเกตุ คงเจริญ (2566) กล่าวว่า แนวทางในการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา สามารถดำเนินการตามขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. ขั้นเตรียมความพร้อม เป็นการเตรียมความพร้อมโดยใช้วิธีการต่าง ๆ ที่ทำให้ผู้เรียนมีความพร้อมในการที่จะเรียนรู้ ได้แก่ นั่งสมาธิ ร้องเพลง เช่น ผู้เรียนกำหนดจิตจดจ่อตามเสียงเพลง สายธารธรรม เพื่อทำจิตใจให้อยู่ในความสงบเพื่อเกิดความพร้อมในการที่จะเรียนรู้
2. ขั้นระบุปัญหา เป็นการระบุปัญหาหรือสถานการณ์ที่ต้องการให้ผู้เรียนแก้ปัญหา โดยผู้สอนอาจจัดหาหรือกำหนดสถานการณ์ต่าง ๆ กระตุ้นให้ผู้เรียนเห็นภาพที่จะสร้างหรือใช้นวัตกรรมมาช่วยในการแก้ปัญหาดังกล่าว เช่น ผู้สอนกำหนดสถานการณ์ให้ผู้เรียนแต่ละกลุ่มสร้างตึกจากรูปทรงต่าง ๆ ที่แจกให้ โดยมีเงื่อนไขให้ตึกนั้นมีความสูงมากที่สุด มีความแข็งแรงและใช้รูปทรงต่าง ๆ ในการสร้างตึกจำนวนน้อยที่สุด ภายในเวลา 10 นาที
3. ขั้นออกแบบวิธีการแก้ปัญหา เป็นการให้ผู้เรียนร่วมกันระดมสมองรวบรวมหาข้อมูลและแนวคิด ที่เกี่ยวข้องในการแก้ปัญหาเพื่อให้บรรลุเป้าหมาย โดยผู้สอนต้องเน้นย้ำให้ผู้เรียนใช้วิธีแก้ปัญหาอาศัย พื้นฐานความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีวิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์เข้ามาเกี่ยวข้องในการแก้ปัญหา เช่น ผู้เรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันวางแผนออกแบบตึกที่จะสร้าง โดยวาดเป็นรูปร่างต่าง ๆ ลงในกระดาษที่แจกให้
4. ขั้นวางแผนดำเนินการแก้ปัญหา เป็นการลงมือปฏิบัติในการแก้ปัญหาตามที่ออกแบบหรือวางแผนเอาไว้ ระหว่างการปฏิบัติผู้เรียนควรบันทึกความสำเร็จตามแผน ปัญหาอุปสรรค และวิธีแก้ไข และควรกำหนดเวลาให้ผู้เรียนต้องรายงานสรุปให้ผู้สอนทราบความก้าวหน้าของการ

ปฏิบัติงานเป็นระยะ ๆ ด้วย เช่น ผู้เรียนแต่ละกลุ่มลงมือปฏิบัติการสร้างตึกตามที่วางแผนไว้ โดยจะต้องทำงานให้เสร็จภายในเวลาที่กำหนด 15 นาที

5. ขั้นตอนทดสอบประเมินผล เป็นขั้นตอนที่ผู้สอนและผู้เรียนระดมความคิดในการทดสอบผลงาน ควรจะทดสอบด้วยวิธีใด และใครเป็นผู้ทดสอบ ควรให้ผู้เรียนประเมินว่าได้ผลงานเป็นรูปธรรมตามเป้าหมายหรือไม่ สิ่งใดที่ต้องปรับปรุงหรือไม่ เช่น ผู้สอนและผู้เรียนทำการทดสอบประเมินความสูงและความแข็งแรงของตึกที่สร้างแต่ละกลุ่ม โดยใช้ไม้บรรทัดวัดความสูง และใช้สมุดหรือหนังสือวางลงบนตึกในการทดสอบความแข็งแรงทดทาน

6. ขั้นนำเสนอวิธีการแก้ปัญหา เป็นขั้นตอนที่ผู้สอนเสนอแนะให้ผู้เรียนนำเสนออย่างเป็นขั้นตอน ตั้งแต่สถานการณ์ปัญหา การระบุปัญหา การรวบรวมข้อมูล การออกแบบ การวางแผน การปฏิบัติงานเพื่อแก้ปัญหา การทดสอบ ผลการประเมิน การออกแบบอยู่บนพื้นฐานของการใช้วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ คณิตศาสตร์อย่างไร เกิดปัญหาอุปสรรคระหว่างสร้างงานอย่างไร และผลลัพธ์เป็นไปตามเป้าหมายหรือไม่ เช่น ผู้สอนให้ผู้เรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอผลการดำเนินการสร้างตึกของกลุ่ม ในภาพรวมตั้งแต่เริ่มต้นจนเสร็จสิ้นบรรลุเป้าหมายและปัญหาอุปสรรคที่เกิดขึ้นในการทำงาน

จากแนวคิดข้างต้นนักการศึกษาก็ยังได้บูรณาการศาสตร์อื่นประกอบเพื่อให้การจัดการศึกษาแบบสะเต็มศึกษานั้น ครอบคลุมและพัฒนาผู้เรียนได้อย่างแท้จริงแบบรอบด้าน เช่น การจัดการศึกษาแบบสะเต็มศึกษา (STEAM Education) ที่มีการบูรณาการศิลปะ (A) ทำให้ผู้เรียนมีโอกาสถ่ายทอดหรือประยุกต์ใช้แนวคิดสำคัญด้วย มีความคิดสร้างสรรค์และมีจินตนาการยิ่งขึ้น ผู้เรียนสามารถสื่อสารความคิดของตนเอง ในรูปแบบของดนตรีและการเคลื่อนไหว การสื่อสารด้วยภาษา ท่าทางหรือการวาดภาพ หรือการสร้างโมเดลจำลอง ทำให้ชิ้นงานนั้น ๆ มีองค์ประกอบที่มีความสมบูรณ์ทั้งการใช้งาน และมีความสวยงามเพิ่มขึ้น (ยศวีร์ สายฟ้า, 2555)

ผู้วิจัยสรุปได้ว่า แนวทางการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา เป็นการบูรณาการข้ามกลุ่มสาระวิชา 4 วิชา ได้แก่ วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยี และวิศวกรรมศาสตร์ ผู้สอนควรจัดการเรียนรู้ที่หลากหลาย ได้แก่ 1) การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน เป็นการจัดการเรียนรู้ที่กำหนดสถานการณ์ที่เป็นปัญหาและท้าทายการคิดของนักเรียน เพื่อกระตุ้นให้นักเรียนเกิดความสนใจและศึกษาค้นคว้าข้อมูลด้วยตนเองเพื่อแก้ปัญหา 2) จัดการเรียนรู้แบบโครงงานเป็นฐาน เป็นการจัดการเรียนรู้ที่เปิดโอกาสให้นักเรียนเลือกทำโครงงานที่ตนเองสนใจ โดยร่วมกันสำรวจ สังเกต และกำหนดเรื่องที่ตนเองสนใจ มีการวางแผนในการทำโครงงานร่วมกัน 3) จัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่เน้นให้นักเรียนทำงานร่วมกันเป็นกลุ่ม มีการแลกเปลี่ยนเรียนรู้และให้ข้อมูลย้อนกลับกับผู้เรียน เพื่อตรวจสอบความรู้ความเข้าใจของนักเรียน โดยเน้นการนำความรู้ไปใช้แก้ปัญหาในชีวิตจริง สามารถจัดสอนได้ในทุกระดับชั้น ทำให้ผู้เรียนเกิดพัฒนาการด้านต่าง ๆ อย่างครบถ้วน ซึ่งในการดำเนินการจัดกิจกรรม

ประกอบด้วย การเตรียมความพร้อม สถานการณ์ปัญหา การระบุปัญหา การรวบรวมข้อมูล การออกแบบ การวางแผนการปฏิบัติงานเพื่อแก้ปัญหา การทดสอบ ผลการประเมิน สะเต็มศึกษาทำให้ผู้เรียนมีความสนใจในการเรียนวิทยาศาสตร์มีความกระตือรือร้น รู้สึกล้าหาญและเกิดความมั่นใจในการเรียน สอดคล้องกับแนวทางการพัฒนาคนให้มีคุณภาพในศตวรรษที่ 21

2.8 ขั้นตอนในการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา

แนวทางการจัดเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาเป็นกระบวนการเรียนรู้โดยกำหนดกรอบปัญหาที่พบเห็นในชีวิตจริง หรือสถานการณ์หรือหัวข้อที่สามารถเชื่อมโยงสู่การบูรณาการความรู้ของเนื้อหาที่มีความสอดคล้องกับเนื้อหาบทเรียนตามความเหมาะสมเป็นตัวกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดความต้องการที่จะค้นคว้าหาความรู้เพื่อขบคิดหาวิธีการแก้ปัญหาโดยนำกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมผ่านการทำงานร่วมกันเป็นทีมเล็ก ๆ ของผู้เรียน สรุปผลและนำเสนอแลกเปลี่ยนความรู้กันเพื่อเพิ่มทักษะการคิดวิเคราะห์ ทักษะการแก้ปัญหา การทำงานเป็นทีม ฝึกประสบการณ์ ก่อให้เกิดความคิดสร้างสรรค์ และอาจนำไปสู่การสร้างนวัตกรรม ซึ่งมีนักการศึกษาหลายท่าน ได้กล่าวถึงขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา ดังนี้

ภัทรวิทย์ หาดแก้ว (2557) ได้กล่าวว่า แนวทางการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา นักเรียนระดับประถมศึกษาโดยใช้ชื่อกิจกรรม “เรียนวิทย์-คณิต ผ่านการทำวัน” ซึ่งมีแนวทางการจัดการเรียนรู้และแนวทางการประเมิน ดังนี้

1. กิจกรรมนำเข้าสู่บทเรียน เป็นการจัดกิจกรรมที่สอดคล้องกับเนื้อหาโดยครูจะสร้างคำถามหรือสร้างสถานการณ์การเรียนรู้ที่เป็นปัญหาเพื่อส่งเสริมให้นักเรียนมีการอภิปรายตอบคำถาม และทดสอบความรู้เดิมของนักเรียน

2. กิจกรรมพัฒนาผู้เรียน จัดกิจกรรมโดยใช้กระบวนการทางวิศวกรรมเป็นแนวทางในการออกแบบกิจกรรม มีขั้นตอนและรายละเอียด ดังนี้

- ขั้นที่ 1 กำหนดปัญหาหรือความต้องการ เป็นขั้นตอนที่ผู้แก้ปัญหาทำความเข้าใจสิ่งที่เป็นปัญหาในชีวิตประจำวัน และจำเป็นต้องหาวิธีการหรือสร้างสิ่งประดิษฐ์เพื่อแก้ปัญหาดังกล่าว

- ขั้นที่ 2 รวบรวมข้อมูล คือ การรวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหาและประเมินความเป็นไปได้ความคุ้มค่า ข้อดีข้อด้อยและความเหมาะสมเพื่อเลือกแนวคิดหรือวิธีการที่เหมาะสมที่สุด

- ขั้นที่ 3 เลือกวิธีการ ผู้แก้ปัญหาต้องกำหนดวิธีการแก้ปัญหาหรือขั้นตอนย่อยในการทำงานรวมทั้งกำหนดเป้าหมายและระยะเวลาในการดำเนินการให้ชัดเจน

- ขั้นที่ 4 ออกแบบและปฏิบัติการ ออกแบบและพัฒนาต้นแบบ (prototype) ของผลผลิตเพื่อใช้ในการทดสอบแนวคิดที่ใช้ในการแก้ปัญหา

ขั้นที่ 5 ทดสอบ เป็นขั้นตอนทดสอบและประเมินการใช้งานต้นแบบเพื่อแก้ปัญหา โดยผลที่ได้จะถูกนำมาใช้ในการปรับปรุงและพัฒนาผลลัพธ์ให้มีประสิทธิภาพในการแก้ปัญหามากขึ้น

ขั้นที่ 6 ปรับปรุงแก้ไขเป็นขั้นตอนการพัฒนาปรับปรุงทดสอบและประเมินวิธีการแก้ปัญหาหรือผลลัพธ์จนมีประสิทธิภาพตามที่ต้องการ

ขั้นที่ 7 ประเมินผล ผู้แก้ปัญหาต้องนำเสนอผลลัพธ์ต่อสาธารณชนโดยต้องออกแบบวิธีการนำเสนอข้อมูลที่เข้าใจง่ายและน่าสนใจ

3. กิจกรรมสรุป นักเรียนตอบคำถาม/ขยายความรู้/ให้ตัวอย่างเพิ่มเติมในเรื่องของความรู้/ข้อค้นพบที่ได้จากการทำกิจกรรม

จำรัส อินทลาภาพร และคณะ (2558) ได้กล่าวว่า แนวทางการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา ผู้สอนควรจัดการเรียนรู้ที่หลากหลาย ได้แก่

1. จัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน (Problem-based-Learning) เป็นการจัดการเรียนรู้ที่กำหนดสถานการณ์ที่เป็นปัญหา และท้าทายความคิดของนักเรียน เพื่อกระตุ้นให้นักเรียนเกิดความสนใจและศึกษาค้นคว้าหาข้อมูลด้วยตนเองเพื่อแก้ปัญหา ซึ่งส่งผลให้นักเรียนสามารถนำความรู้ที่ได้รับจากผู้สอนไปประยุกต์ใช้ในสถานการณ์ต่าง ๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพ และเสริมสร้างให้นักเรียนเกิดการใฝ่เรียนรู้

2. จัดการเรียนรู้แบบโครงงานเป็นฐาน (Project-based-learning) เป็นการจัดการเรียนรู้ที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนเลือกทำโครงงานที่ตนเองสนใจ โดยร่วมกันสำรวจ สังเกต และกำหนดเรื่องที่ตนเองสนใจ มีการวางแผนในการทำโครงงานร่วมกัน โดยศึกษาหาข้อมูลความรู้ที่จำเป็นและลงมือปฏิบัติตามแผนที่กำหนดจนได้ค้นพบหรือองค์ความรู้ใหม่ แล้วเขียนรายงานและนำเสนอต่อสาธารณชน และนำผลงานประสบการณ์ทั้งหมดมาอภิปราย แลกเปลี่ยนเรียนรู้และสรุปผลการเรียนรู้ที่ได้รับจากประสบการณ์ที่ได้รับทั้งหมด

3. จัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่เน้นให้นักเรียนร่วมกันทำงานเป็นกลุ่ม มีการแลกเปลี่ยนเรียนรู้และให้ข้อมูลย้อนกลับแก่นักเรียน เพื่อตรวจสอบความรู้ความเข้าใจของนักเรียน

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2558) ได้กล่าวว่า แนวทางการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา ประกอบด้วยขั้นตอนและแนวปฏิบัติการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ 6 ขั้นตอน ดังต่อไปนี้

ขั้นตอนที่ 1 ระบุปัญหา (Problem Identification) ทำความเข้าใจปัญหาหรือความท้าทาย วิเคราะห์เงื่อนไขหรือข้อจำกัดของสถานการณ์ปัญหา เพื่อกำหนดขอบเขตของปัญหา ซึ่งจะนำไปสู่การสร้างชิ้นงานหรือวิธีการในการแก้ปัญหา

ขั้นตอนที่ 2 รวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา (Related Information Search) เป็นการรวบรวมข้อมูลและแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์และเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับแนวทางการแก้ปัญหาและประเมินความเป็นไปได้ รวมถึงข้อดีและข้อจำกัด

ขั้นตอนที่ 3 ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา (Solution Design) เป็นการประยุกต์ใช้ข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องเพื่อการออกแบบชิ้นงานหรือวิธีการในการแก้ปัญหาโดยคำนึงถึงทรัพยากร ข้อจำกัดและเงื่อนไขตามสถานการณ์ที่กำหนด

ขั้นตอนที่ 4 วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา (Planning and Development) เป็นการกำหนดลำดับขั้นตอนของการสร้างชิ้นงานหรือวิธีการ แล้วลงมือสร้างชิ้นงานหรือพัฒนาวิธีการเพื่อใช้ในการแก้ปัญหา

ขั้นตอนที่ 5 ทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน (Testing, Evaluation and Design Improvement) เป็นการทดสอบและประเมินการใช้งานของชิ้นงานหรือวิธีการ โดยผลที่ได้เอานำมาใช้ในการปรับปรุงและพัฒนาให้มีประสิทธิภาพในการแก้ปัญหาได้อย่างเหมาะสมที่สุด

ขั้นตอนที่ 6 นำเสนอวิธีการแก้ปัญหาลงมือทำการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน (Presentation) เป็นการนำเสนอแนวคิดและขั้นตอนการแก้ปัญหาของการสร้างชิ้นงานหรือการพัฒนาวิธีการ ให้ผู้อื่นเข้าใจและได้ข้อเสนอแนะเพื่อการพัฒนาต่อไป

กมลฉัตร กล่อมอิม (2559) ได้กล่าวถึง ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา จะจัดกิจกรรมใน 5 ขั้นตอน ได้แก่

ขั้นตอนที่ 1 ขั้นระบุปัญหา การทำความเข้าใจปัญหาหรือความท้าทาย วิเคราะห์เงื่อนไขหรือ ข้อจำกัดของสถานการณ์ปัญหา เพื่อกำหนดขอบเขตของปัญหา ซึ่งจะนำไปสู่การสร้างชิ้นงานหรือวิธีการในการแก้ปัญหา

ขั้นตอนที่ 2 ขั้นค้นหาแนวคิดที่เกี่ยวข้อง หมายถึง การรวบรวมข้อมูลและแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับแนวทางการแก้ปัญหาและประเมิน ความเป็นไปได้ ข้อดี และข้อจำกัด

ขั้นตอนที่ 3 การวางแผนและการพัฒนา หมายถึง การประยุกต์ใช้ข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องเพื่อการออกแบบชิ้นงานหรือวิธีการในการแก้ปัญหา โดยคำนึงถึงทรัพยากร ข้อจำกัดและเงื่อนไขตามสถานการณ์ที่กำหนด ตลอดจนการกำหนดลำดับขั้นตอนของการสร้างชิ้นงานหรือวิธีการ แล้วลงมือสร้างชิ้นงานหรือพัฒนาวิธีการเพื่อใช้ในการแก้ปัญหา

ขั้นตอนที่ 4 ทดสอบและประเมินผล หมายถึง การทดสอบและประเมินการใช้งานของชิ้นงานหรือวิธีการ โดยผลที่ได้เอานำมาใช้ในการปรับปรุงและพัฒนาให้มีประสิทธิภาพในการแก้ปัญหาได้อย่างเหมาะสม

ขั้นตอนที่ 5 นำเสนอผลงาน หมายถึง การนำเสนอแนวคิดและขั้นตอนการแก้ปัญหาของการสร้างชิ้นงานหรือการพัฒนาวิธีการ ให้ผู้อื่นเข้าใจและได้ข้อเสนอแนะเพื่อการพัฒนาต่อไป

ผู้วิจัยสรุปได้ว่า แนวทางการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษามี 3 รูปแบบ ได้แก่ จัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน จัดการเรียนรู้แบบโครงงานเป็นฐาน และจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่เน้นให้นักเรียนร่วมกันทำงานเป็นกลุ่ม จากการศึกษาขั้นตอนในการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา มีขั้นปฏิบัติกิจกรรมการเรียนรู้ 6 ขั้นตอน ได้แก่

ขั้นที่ 1 ขั้นระบุปัญหา (Problem Identification) ครูยกสถานการณ์ตัวอย่างที่พบในชีวิตประจำวัน ให้ผู้เรียนร่วมกันสังเกตและระดมความคิด ระบุมุมมองที่เกิดขึ้นจากสถานการณ์ตัวอย่างที่ครูกำหนด ผู้เรียนวิเคราะห์ปัญหา และทำความเข้าใจ หรือบริบทของปัญหาโดยแยกแยะว่าปัญหานั้นมีองค์ประกอบย่อย ๆ อะไรบ้าง เกิดจากอะไร และมีความเชื่อมโยงสัมพันธ์กันอย่างไร

ขั้นที่ 2 ขั้นรวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา (Related Information Search) ผู้เรียนศึกษาค้นคว้า ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับปัญหาจากสถานการณ์ที่กำหนด ศึกษาแนวทางการแก้ไข และผลการแก้ไขจากข้อมูลการสืบค้นและแหล่งข้อมูลในการสืบค้นที่มีความหลากหลาย

ขั้นที่ 3 ขั้นตอนออกแบบวิธีการแก้ปัญหา (Solution Design) ผู้เรียนระดมสมอง คิดหาวิธีการเพื่อแก้ปัญหาที่ผู้เรียนสนใจจากสถานการณ์ที่กำหนด ต้องคำนึงถึงเงื่อนไข หรือข้อจำกัดของปัญหา และประโยชน์จากการแก้ปัญหา โดยเน้นแนวคิดที่สร้างสรรค์และหลากหลาย แล้วประเมินว่าจะเลือกวิธีแก้ปัญหาใดที่มีความเป็นไปได้ และดีที่สุดเพื่อนำไปออกแบบและปฏิบัติจริงตามที่ได้ออกแบบไว้

ขั้นที่ 4 ขั้นวางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา (Planning and Development) ผู้เรียนออกแบบและเขียนแผนการปฏิบัติการจากร่างแนวคิดวิธีการแก้ปัญหาที่ผ่านการเลือกแล้วว่าเป็นวิธีที่มีความเหมาะสมโดยจัดทำรายละเอียดขั้นตอนการดำเนินงาน เงื่อนไขที่กำหนดความเหมาะสมด้านเทคนิคหรือแนวทางในการแก้ปัญหา จากนั้นให้ผู้เรียนดำเนินการตามแผนที่ออกแบบไว้ โดยบันทึกความสำเร็จตามแผน ปัญหา อุปสรรค วิธีแก้ไข และรายงานความก้าวหน้าให้ครูทราบเป็นระยะ ๆ

ขั้นที่ 5 ขั้นทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ไขปัญหหรือแก้ไขชิ้นงาน (Testing, Evaluation and Design Improvement) ผู้เรียนตรวจสอบผลงาน และประเมินผลงานโดยยึดว่า ผลงานนั้นมีคุณลักษณะเป็นไปตามความต้องการ และภายใต้เงื่อนไขที่ได้กำหนดไว้แต่แรกหรือไม่ จากผลการประเมินมีสิ่งใดที่ต้องปรับปรุงหรือไม่ หากมีการปรับปรุงจะต้องบันทึกการปรับปรุง

ขั้นที่ 6 ขั้นนำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน (Presentation) ผู้เรียนนำเสนออย่างเป็นขั้นตอน ตั้งแต่ขั้นตอนของการทำความเข้าใจปัญหาว่าอะไรคือเป้าหมาย อะไรคือความต้องการ อะไรเป็นข้อจำกัดของการสร้างงาน การรวบรวมข้อมูลทำให้เรียนรู้อะไร การออกแบบอยู่บนพื้นฐานของการใช้วิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์อย่างไร มีเทคโนโลยีอะไรที่ใช้ประโยชน์ในการสร้างงานนี้ เกิดปัญหาอุปสรรคระหว่างสร้างงานอย่างไร ปรับแก้อย่างไร และผลลัพธ์สุดท้ายเป็นไปตามเป้าหมายและความต้องการหรือไม่ และให้ผู้เรียนลงข้อสรุปให้ผู้ฟังเห็นชัดเจนว่าวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ วิศวกรรมและเทคโนโลยี สามารถนำมาใช้ในการแก้ปัญหาในชีวิตจริงได้

2.9 บทบาทของผู้สอนและผู้เรียนในการจัดการเรียนการสอนตามแนวคิดสะเต็มศึกษา

จาร์ส อินทลาภาพร และคณะ (2558) ได้กล่าวว่า บทบาทของผู้สอนในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา ดังนี้

1. จัดบรรยากาศและสภาพแวดล้อมที่ตื้นตันน่าสนใจสนุกสนานมีชีวิตชีวาเพื่อส่งเสริมให้ผู้เรียนพัฒนากระบวนการคิดและการแก้ปัญหาในสถานการณ์จริง
2. ออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาที่ท้าทายความรู้ความสามารถ กระบวนการคิดและการแก้ปัญหาของผู้เรียนโดยใช้สถานการณ์ที่เป็นปัญหาในโลกปัจจุบัน
3. จัดกิจกรรมที่ให้ผู้เรียนลงมือปฏิบัติ
4. จัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบบูรณาการใน 3 สาระ ได้แก่ สาระวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์และเทคโนโลยี โดยสอดแทรกกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม
5. จัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบโครงงานเป็นฐาน (Project-based learning) โดยสร้างสถานการณ์ที่เป็นปัญหาเกี่ยวกับชีวิตจริง และท้าทายกระบวนการคิดของผู้เรียนเพื่อกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดกระบวนการคิดหาคำตอบ โดยใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์และสามารถสร้างองค์ความรู้ได้ด้วยตนเอง
6. เป็นโค้ช (Coach) หรือ เป็นพี่เลี้ยงทางวิชาการ (Mentor)
7. ตั้งคำถามเพื่อกระตุ้นให้ผู้เรียนคิด
8. ประเมินกระบวนการทำงานและผลงานของผู้เรียนโดยใช้วิธีการที่หลากหลาย และให้ข้อมูลย้อนกลับระหว่างและหลังจากปฏิบัติการทดลองโดยใช้การสื่อสารเชิงบวก

ศศิเทพ บิตติพรเทพิน (2558) ได้กล่าวว่า ในการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์และคณิตศาสตร์ศึกษา ครูมีบทบาทเป็นผู้อำนวยความสะดวก จัดกิจกรรมที่ท้าทายความสามารถของนักเรียน เชื่อมโยงวิทยาศาสตร์กับเทคโนโลยี วิศวกรรม และคณิตศาสตร์เข้าสู่ชีวิตจริงของนักเรียน รวมทั้งส่งเสริมให้นักเรียนสร้างสรรค์สิ่งประดิษฐ์หรือนวัตกรรม

เพื่อใช้ในการแก้ปัญหาในชีวิตประจำวันและยอมรับในปัญหา และความท้าทายที่จะเกิดขึ้นกับการบูรณาการกับวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและวิศวกรรม

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (อัสถึงในภัสสร ติตมา, 2558) ได้กล่าวว่า บทบาทของครูในการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา ดังนี้

1. ต้องออกแบบกิจกรรมการจัดการเรียนรู้ให้มีความน่าสนใจ เพื่อกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดความสนใจ
2. ครูต้องเตรียมพร้อมล่วงหน้าเป็นอย่างดี ในเรื่องความรู้ที่นำมาสอน ลำดับการถ่ายทอดความรู้ และอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้ให้พร้อมสำหรับผู้เรียนได้ทำกิจกรรม
3. ต้องคอยตั้งคำถามที่สร้างความสนใจให้ผู้เรียน และนำไปสู่การอภิปรายข้อมูลได้ และเป็นคำถามที่เหมาะสมกับผู้เรียนในแต่ละวัย
4. ครูต้องคอยตั้งคำถามที่นำไปสู่การคิดวิเคราะห์ เพื่อให้นักเรียนนำความรู้ที่ได้ไปใช้ในการแก้ปัญหา และสร้างสรรค์ผลงาน
5. ครูต้องมีความรู้ ความเข้าใจในข้อมูลของแต่ละสาขาวิชาที่นำมาบูรณาการเข้าด้วยกันได้

นัตยา หัสมินทร์ (2563) ได้กล่าวว่า บทบาทของผู้เรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา สะเต็มศึกษาเป็นการเรียนรู้แบบบูรณาการที่ใช้ความรู้และทักษะในด้านต่าง ๆ ผ่านการทำกิจกรรม (Activity Based) หรือการทำโครงงาน (Project Based) ที่เหมาะสมกับวัยและระดับชั้นของผู้เรียนการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา ดังกล่าวนี จะช่วยให้ผู้เรียนได้พัฒนาทักษะการคิด ทักษะการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ ทักษะการแก้ปัญหา และทักษะการสื่อสาร ซึ่งทักษะดังกล่าวนี้เป็นทักษะการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 ที่ผู้เรียนพึงมี ดังนั้น บทบาทของผู้เรียน คือ ผู้เรียนเป็นผู้ปฏิบัติกิจกรรม โดยจะต้องรวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา (Solution Design) วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา (Planning and Development) ทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ไขปัญหหรือแก้ไขชิ้นงาน (Testing, Evaluation and Design Improvement) นำเสนอวิธีการแก้ปัญหาลงผลการแก้ปัญหหรือชิ้นงาน (Presentation)

ผู้วิจัยสรุปได้ว่า ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา ครูเป็นผู้ออกแบบ และเตรียมการในส่วนต่างๆ ได้แก่ อุปกรณ์ ข้อมูล แนะนำและอำนวยความสะดวกในการศึกษาค้นคว้าของผู้เรียน พร้อมทั้งใช้คำถามในการกระตุ้นกระบวนการคิดเพื่อแก้ปัญหา มีความรู้ความเข้าใจในข้อมูลของแต่ละสาขาวิชาที่นำมาบูรณาการเข้าด้วยกันได้ จัดกิจกรรมที่ให้ผู้เรียนลงมือปฏิบัติ และจัดบรรยากาศและสภาพแวดล้อมให้ตื่นตื้นน่าสนใจ เพื่อส่งเสริมให้ผู้เรียนพัฒนากระบวนการคิดและการแก้ปัญหาในสถานการณ์จริง ผู้เรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตาม

แนวคิดสะเต็มศึกษา สะเต็มศึกษาเป็นการเรียนรู้แบบบูรณาการที่ใช้ความรู้และทักษะในด้านต่าง ๆ ผ่านการทำกิจกรรม (Activity Based) หรือการทำโครงการ (Project Based) ที่เหมาะสมกับวัยและระดับชั้นของผู้เรียน ผู้เรียนได้พัฒนาทักษะการคิด ทักษะการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ ทักษะการแก้ปัญหา และทักษะการสื่อสาร มีทักษะกระบวนการที่สำคัญในการนำไปใช้ในชีวิตประจำวัน

2.10 การวัดและประเมินผลตามแนวคิดสะเต็มศึกษา

Edward (2013) ได้กล่าวว่า การวัดและประเมินผลตามแนวคิดสะเต็มศึกษา สามารถทำได้ 2 วิธี คือ

1) ในกรณีที่ครูใช้วิธีการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (Inquiry-based) ใน การสอนวิทยาศาสตร์ ครูสามารถประเมินนักเรียน ดังนี้

- 1.1) การตั้งคำถามในแบบทดสอบ
- 1.2) การปฏิบัติการทดลอง
- 1.3) การรายงานผลการทดลอง
- 1.4) การศึกษาตัวแปรในการทดลอง

2) ในกรณีที่ครูใช้วิธีการจัดการเรียนรู้โดยการออกแบบทางวิศวกรรม (Engineering design) ครูสามารถประเมินกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมของนักเรียน ดังนี้

- 2.1) การระดมความคิด
- 2.2) การพัฒนาโมเดลต้นแบบ
- 2.3) การทำงานเป็นทีม

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2557) ได้กล่าวว่า การวัดและประเมินผลตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ดังนี้

1) การประเมินจากสภาพจริง (Authentic Assessment) คือ การประเมินความสามารถที่แท้จริงของผู้เรียน จากการแสดงออก การกระทำหรือผลงานเพื่อสร้างความรู้ด้วยตนเองในขณะที่ผู้เรียนแสดงออกในการปฏิบัติกิจกรรมหรือสร้างชิ้นงาน ซึ่งสามารถสะท้อนให้เห็นถึงกระบวนการคิดระดับสูง กระบวนการทำงาน และความสามารถในการแก้ปัญหาหรือการแสวงหาความรู้ การประเมินจากสภาพจริงจะมีประสิทธิภาพก็ต่อเมื่อมีการประเมินหลาย ๆ ด้าน โดยใช้วิธีประเมินหลากหลายวิธีในสถานการณ์ต่าง ๆ ที่สอดคล้องกับชีวิตจริง และต้องประเมินอย่างต่อเนื่อง

เพื่อให้ได้ข้อมูลที่มากพอที่จะสะท้อนถึงการพัฒนาและความสามารถที่แท้จริงของผู้เรียนลักษณะสำคัญของการประเมินจากสภาพจริง

1. การประเมินต้องผสมผสานไปกับการเรียนการสอนและต้องประเมินอย่างต่อเนื่อง โดยใช้วิธีประเมินหลาย ๆ วิธีที่ครอบคลุมพฤติกรรมหลาย ๆ ด้านในสถานการณ์ที่แตกต่างกัน

2. สามารถประเมินกระบวนการคิดที่ซับซ้อน ความสามารถในการปฏิบัติงาน ศักยภาพของผู้เรียนในแง่ของผู้ผลิตและกระบวนการที่ได้ผลผลิตมากกว่าที่จะประเมินว่าผู้เรียนสามารถจดจำความรู้อะไรได้บ้าง

3. เป็นการประเมินที่มุ่งเน้นศักยภาพโดยรวมของผู้เรียนทั้งด้านความรู้ พื้นฐานความคิดระดับสูง ความสามารถในการแก้ปัญหา การสื่อสาร เจตคติลักษณะนิสัยทักษะในด้านต่าง ๆ และความสามารถในการทำงานร่วมกับผู้อื่น

4. เป็นการประเมินที่ให้ความสำคัญต่อการพัฒนาการของผู้เรียนข้อมูลที่ได้จากการประเมินหลาย ๆ ด้าน และหลากหลายวิธีสามารถนำมาใช้ในการวินิจฉัยจุดเด่นของผู้เรียนที่ควรจะให้ส่งเสริม และวินิจฉัยจุดด้อยที่จะต้องให้ความช่วยเหลือหรือแก้ไข เพื่อให้ผู้เรียนได้พัฒนาเต็มตามศักยภาพตามความสนใจ และความสามารถของแต่ละบุคคล

5. ข้อมูลที่ได้จากการประเมินจะสะท้อนให้เห็นถึงกระบวนการเรียนการสอน และการวางแผนการสอนของผู้สอนว่าเป็นไปตามจุดมุ่งหมายของการเรียนการสอนหรือไม่ ผู้สอนสามารถนำข้อมูลจากการประเมินมาปรับกระบวนการนำเสนอเนื้อหา กิจกรรมและตัวแปรอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องให้เหมาะสมในการเรียนการสอนต่อไป

6. เป็นการประเมินที่ผู้เรียนได้มีส่วนร่วมเพื่อส่งเสริมให้ผู้เรียนรู้จักตัวเอง เชื่อมั่นในตนเองและสามารถพัฒนาตนเองได้

7. เป็นการประเมินที่ทำให้การเรียนการสอนมีความหมาย และเพิ่มความเชื่อมั่นได้ว่าผู้เรียนสามารถถ่ายโอนการเรียนรู้ไปสู่การดำรงชีวิตในสังคมได้

2) การวัดและการประเมินผลด้านความสามารถ (Performance Assessment)

1. ความสามารถของผู้เรียนประเมินได้จากการแสดงออกโดยตรงจากการทำงานต่าง ๆ จากสถานการณ์ที่กำหนดให้ ซึ่งเป็นของจริงหรือใกล้เคียงกับสภาพจริงและเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้แก้ปัญหาจากสถานการณ์จริง หรือปฏิบัติงานได้จริง โดยประเมินจากกระบวนการทำงาน กระบวนการคิด โดยเฉพาะความคิดขั้นสูงและผลงานที่ได้

2. การประเมินผลด้านความสามารถ ประเมินได้ทั้งการแสดงออก กระบวนการทำงานและผลผลิตของงานจะให้ความสำคัญต่อกระบวนการทำงานกระบวนการคิด คุณภาพของงานมากกว่าผลสำเร็จของงาน

3. ลักษณะสำคัญของการประเมินความสามารถ คือ กำหนดวัตถุประสงค์ของงาน วิธีการทำงาน ผลสำเร็จของงาน มีคำสั่งควบคุมสถานการณ์ในการปฏิบัติงาน และมีเกณฑ์การให้คะแนนที่ชัดเจน การประเมินความสามารถที่แสดงออกของผู้เรียนทำได้หลายแนวทางต่าง ๆ กัน ขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อม สถานการณ์และความสนใจของผู้เรียนจากคำกล่าวข้างต้นสามารถสรุปได้ว่าการวัดและการประเมินผลการสอนโดยใช้เทคนิคสะเต็มศึกษามี 2 แนวทาง ได้แก่ การประเมินตามสภาพจริง คือการประเมินความสามารถที่แท้จริงของผู้เรียน และการวัดการประเมินผลด้านความสามารถ คือ การประเมินความสามารถของผู้เรียนที่ได้แสดงออกมาโดยการทำงานต่าง ๆ ซึ่งสามารถประเมินได้ทั้งกระบวนการทำงาน และผลที่เกิดจากการทำงานนั้น ๆ

กุลิสรา จิตรชนวนิช และเกศราพรรณ พันธุ์ศรีเกตุ คงเจริญ (2566) กล่าวว่า การวัดและประเมินผลการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา สามารถวัดผลการเรียนรู้ตามแนวทางการวัดผลของสาขาวิชาที่นำมาบูรณาการร่วมกัน และนอกจากนี้ยังต้องมีการวัดสมรรถนะในการนำความรู้และทักษะที่ได้เรียนรู้มาประยุกต์ใช้การออกแบบและพัฒนาชิ้นงาน รวมทั้งทักษะสำคัญของการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 เช่น ทักษะการคิดวิเคราะห์วิจารณ์การคิดสร้างสรรค์ การทำงานร่วมกันเป็นทีมและการสื่อสาร

ผู้วิจัยสรุปได้ว่า การวัดและประเมินผลตามแนวคิดสะเต็มศึกษาประกอบด้วย การประเมินจากสภาพจริง คือ การประเมินความสามารถที่แท้จริงของผู้เรียน จากการแสดงออก การกระทำหรือผลงาน การวัดและการประเมินผลด้านความสามารถ คือ ความสามารถของผู้เรียนประเมินได้จากการแสดงออกโดยตรงจากการทำงานต่าง ๆ จากสถานการณ์ที่กำหนดให้ ประเมินได้จากการแสดงออกกระบวนการทำงานและผลผลิตของงาน การกำหนดวัตถุประสงค์ของงาน วิธีการทำงาน ผลสำเร็จของงาน มีคำสั่งควบคุมสถานการณ์ในการปฏิบัติงาน และมีเกณฑ์การให้คะแนนที่ชัดเจน

2.11 การประเมินชิ้นงานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา

2.11.1 ความหมายของชิ้นงาน

สุวิทย์ มูลคำ (2543) กล่าวว่า ชิ้นงานหรือหลักฐานที่ผู้เรียนเป็นผู้ผลิตขึ้น หมายถึง ชิ้นงานหรือหลักฐานการเรียนรู้ที่เป็นผลผลิตมาจากการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนที่ครูจัดให้กับผู้เรียนปฏิบัติจริงในรูปแบบต่าง ๆ เช่น การบันทึก ผลการสังเกต การเขียนรายงาน การเขียนเรื่องสั้น การผลิตชิ้นงานที่ได้รับมอบหมายในกลุ่มประสบการณ์หรือวิชาต่าง ๆ การจัดทำหนังสือเล่มเล็ก การจัดทำโครงงานวิทยาศาสตร์ ฯลฯ

ชนิษฐา เวชรังสี (2550) กล่าวว่า ชิ้นงาน หมายถึง การนำความรู้ ความคิด ข้อค้นพบตลอดจนทักษะกระบวนการที่เกิดจากการเรียนรู้มาสร้างเป็นชิ้นงานในรูปแบบหนังสือทำ

มือที่มีการเขียนถ่ายทอดข้อมูลตามรูปแบบการเขียนที่ผู้เรียนนัดโดยใช้สำนวนภาษาถูกต้อง มีเหตุผล และลำดับขั้นตอนในการนำเสนอที่สามารถสร้างความเข้าใจแก่ผู้อื่นได้อย่างชัดเจน

มีนกาญจน์ แจ่มพงษ์ (2559) กล่าวว่า ชิ้นงาน หมายถึง การค้นพบความรู้ด้วยตัวเองที่เกิดจากการประกายความสนใจ ค้นหาข้อมูล ลงมือปฏิบัติ จัดองค์ความรู้ นำเสนอสิ่งที่พบ แล้วถ่ายทอดชิ้นงาน และประดิษฐ์สิ่งใหม่ได้

พจนานุกรมศัพท์วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี (2561) กล่าวว่า ชิ้นงาน หมายถึง สิ่งเกิดขึ้นตั้งแต่เริ่มเข้าสู่กระบวนการเทคโนโลยีจนกระทั่งสิ้นสุดกระบวนการ โดยการถ่ายทอดความคิดที่เป็นชิ้นงานเป็นการอธิบายหรือสื่อสารให้ผู้อื่นเข้าใจอย่างเป็นรูปธรรมในลักษณะของรูปร่าง รูปทรงรายละเอียดและส่วนประกอบของชิ้นงาน ซึ่งการถ่ายทอดความคิดลักษณะนี้ทำได้หลายวิธี ได้แก่ ภาพร่าง 2 มิติ ภาพร่าง 3 มิติ ผังงาน แบบจำลองความคิด

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2561) กล่าวว่า ชิ้นงาน หมายถึง สิ่งที่ได้มา หรือเกิดขึ้นจากกระบวนการเทคโนโลยี หรือผลที่ได้จากกระบวนการแก้ปัญหา นั่นเอง โดยผลผลิตหรือผลลัพธ์ที่ได้จากกระบวนการเทคโนโลยี (กระบวนการแก้ปัญหา)นี้อาจ เป็น ชิ้นงาน (Product) หรืออาจเป็นวิธีการ (Methodology)

ผู้วิจัยสรุปได้ว่า ชิ้นงาน หมายถึง ผลลัพธ์ที่เกิดจากกระบวนการเรียนรู้หรือกระบวนการเทคโนโลยี ซึ่งรวมถึงการแสวงหาความรู้ การวางแผน การลงมือปฏิบัติ และการถ่ายทอดแนวคิดหรือผลงานออกมาอย่างเป็นระบบและจับต้องได้ โดยอาจเป็นรูปแบบของผลิตภัณฑ์ วิธีการ หรือการนำเสนอที่แสดงให้เห็นถึงความรู้ ความคิดสร้างสรรค์ และทักษะของผู้จัดทำอย่างชัดเจน

2.11.2 การประเมินชิ้นงาน

อัครเดช จำนงค์ธรรม (2560) ได้ทำการศึกษาการพัฒนาหลักสูตรรายวิชา วิทยาศาสตร์พื้นฐาน หน่วยการเรียนรู้สารชีวโมเลกุล โดยประยุกต์ใช้การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 มีประเด็นที่ประเมิน ได้แก่ การวิเคราะห์งาน การวางแผน การบูรณาการความรู้ การเลือกใช้วัสดุ การทำชิ้นงาน ความสมบูรณ์ของชิ้นงาน คุณค่าและประโยชน์ของชิ้นงาน ความคิดสร้างสรรค์ การนำเสนอผลงานอย่างสร้างสรรค์ การทำงานกลุ่ม ระดับคุณภาพและประสิทธิภาพของชิ้นงานวัดโดยเกณฑ์รูบริก (Rubric scoring)

ณัฐชนก กองแก้ว (2562) ได้ทำการศึกษาการพัฒนาทักษะกระบวนการแก้ปัญหา เรื่อง การดูดกลืนและคายความร้อน ด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น มีประเด็นที่ประเมิน ได้แก่ ชิ้นงาน/ผลงาน การออกแบบเชิงวิศวกรรม การนำเสนอผลงาน การบูรณาการความรู้ ระดับคุณภาพและประสิทธิภาพของชิ้นงานวัดโดยเกณฑ์รูบริก (Rubric scoring)

ปราณี ถิ่นเวียงทอง (2564) ได้ทำการศึกษาการพัฒนาหลักสูตรสะเต็มศึกษาเพื่อส่งเสริมสมรรถนะการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น โรงเรียนเครือข่ายสะเต็มศึกษา จังหวัดขอนแก่น มีประเด็นที่ประเมิน ได้แก่ องค์ประกอบที่ 1 ความสมบูรณ์ของต้นแบบชิ้นงาน ชิ้นงานน่าสนใจ มีความแปลกใหม่ ชิ้นงานสมบูรณ์และทำงานได้ดีตลอดเวลา องค์ประกอบที่ 2 การออกแบบชิ้นงาน ออกแบบอย่างดีโดยใช้หลักการออกแบบตามหลักวิศวกรรมศาสตร์ มีความประณีต เหมาะสมกับงบประมาณ องค์ประกอบที่ 3 การเลือกใช้วัสดุและอุปกรณ์ เลือกใช้อุปกรณ์และเครื่องมือได้เหมาะสมกับชิ้นงาน ชิ้นงานเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด องค์ประกอบที่ 4 คุณค่าของชิ้นงาน บูรณาการความรู้วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยีนำไปใช้ประโยชน์ได้อย่างคุ้มค่าสอดคล้องกับจุดประสงค์ของชิ้นงาน ระดับคุณภาพและประสิทธิภาพของชิ้นงานวัดโดยเกณฑ์รูบริก (Rubric scoring)

พรทิพย์ สังเกต (2564) ได้ทำการศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ และเจตคติต่อวิชาเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา มีประเด็นที่ประเมิน ได้แก่ การออกแบบผ่านกระบวนการทางวิศวกรรม ความสำเร็จของงาน ประสิทธิภาพของผลงาน การนำเสนอผลงาน และการสื่อสาร การวางแผน และการร่วมมือในการทำงาน ระดับคุณภาพและประสิทธิภาพของชิ้นงานวัดโดยเกณฑ์รูบริก (Rubric scoring)

สรวิทย์ นาคเกษม (2564) ได้ทำการศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ และการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง งานและพลังงาน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 มีประเด็นที่ประเมิน ได้แก่ การวางแผนและการร่วมมือกันในการทำงาน ความสำเร็จของชิ้นงาน การบูรณาการ STEM Education การนำเสนอผลงาน ระดับคุณภาพและประสิทธิภาพของชิ้นงานวัดโดยเกณฑ์รูบริก (Rubric scoring)

กิตติมาภรณ์ สมบัติพล (2564) ได้ทำการศึกษาการพัฒนาการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมที่ส่งเสริมทักษะอาชีพ เรื่อง แรงและสมดุลของแรง ของนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง ชั้นปีที่ 1 มีประเด็นที่ประเมิน ได้แก่ การประยุกต์ ใช้ความรู้ กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ผลลัพธ์ของชิ้นงาน การทำงานเป็นทีม การนำเสนอ ระดับคุณภาพและประสิทธิภาพของชิ้นงานวัดโดยเกณฑ์รูบริก (Rubric scoring)

อรอนงค์ เมืองคง (2565) ได้ทำการศึกษาการวิจัยปฏิบัติการเพื่อพัฒนาความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณและความสามารถในการแก้ปัญหา ด้วยการจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 มีประเด็นที่ประเมิน ได้แก่ ชิ้นงาน งบประมาณ การใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม การบูรณาการความรู้ ระดับคุณภาพและประสิทธิภาพของชิ้นงานวัดโดยเกณฑ์รูบริก (Rubric scoring)

ผู้วิจัยได้ศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับรายการประเมินสามารถเปรียบเทียบและสังเคราะห์รายการประเมินชิ้นงานตามแนวคิดสะเต็มศึกษาได้ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 การเปรียบเทียบ และการสังเคราะห์รายการประเมินชิ้นงานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา

รายการ ประเมิน	อัตราส่วน จำนวนชิ้นงาน (2560)	นักเรียน กลุ่ม (2562)	ปริมาณ งาน (2564)	พื้นที่ ใช้ (2564)	สรีระ นา (2564)	กิจกรรม สัมพันธ์ (2564)	อัตรา ส่วน (2565)	ผลการ สังเคราะห์
การ บูรณาการ วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และ เทคโนโลยี	✓	✓	✓	-	✓	-	✓	✓
การออกแบบ ตามหลัก วิศวกรรม	-	✓	✓	-	✓	✓	✓	✓
การวางแผน การทำงาน	✓	-	-	-	✓	-	-	-
การวิเคราะห์ งาน	✓	-	-	-	-	-	-	-
งบประมาณ	-	-	✓	✓	-	-	✓	-
การเลือกใช้ วัสดุ/อุปกรณ์	✓	-	✓	✓	-	-	-	-
การนำไปใช้ ประโยชน์	✓	-	✓	✓	-	-	-	-
ความสำเร็จ ของงาน	✓	✓	✓	✓	✓	✓	-	✓
ดึงดูดความ สนใจ/	✓	-	✓	✓	✓	-	-	✓

ตารางที่ 2 (ต่อ)

รายการ ประเมิน	อัครเดช จำนงค์ธรรม (2560)	นัฐชนก กองแก้ว ปราณี ถิ่นเวียงทอง (2564)	พรทิพย์ สังเกต (2564)	สรวิทย์ นาคเกษม (2564)	กิตติภรณ์ สมบัติพล (2564)	อรอนงค์ เมืองคง (2565)	ผลการ สังเคราะห์
แปลกใหม่							
ประสิทธิภาพ	-	-	✓	✓	✓	✓	✓
แข็งแรง คงทน	✓	-	✓	-	-	-	-
การนำเสนอ	-	✓	-	-	✓	-	-
การทำงานกลุ่ม	✓	-	-	-	✓	-	-

จากตารางที่ 2 ผลการศึกษารายการประเมินชิ้นงานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ผู้วิจัยได้สังเคราะห์รายการประเมินชิ้นงานที่สอดคล้องกันตั้งแต่ 4 รายการประเมินขึ้นไป ได้รายการประเมินดังนี้

- 1) การบูรณาการวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี
- 2) การออกแบบตามหลักวิศวกรรมตรงตามที่ระบุปัญหารวบรวมข้อมูล ออกแบบ และวางแผนการดำเนินงานในการแก้ปัญหา
- 3) รวบรวมข้อมูล ออกแบบ และวางแผนการดำเนินงานในการแก้ปัญหา
- 4) ดึงดูดความสนใจ/แปลกใหม่

2.11.3 เกณฑ์การประเมินชิ้นงานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา

ผู้วิจัยได้ศึกษาเกณฑ์การประเมินชิ้นงานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ดังต่อไปนี้

อัครเดช จำนงค์ธรรม (2560) ได้ทำการศึกษาการพัฒนาหลักสูตรรายวิชาวิทยาศาสตร์พื้นฐาน หน่วยการเรียนรู้สารชีวโมเลกุล โดยประยุกต์ใช้การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยมีเกณฑ์การประเมินชิ้นงาน ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 เกณฑ์การประเมินชิ้นงานของอัครเดช จำนงค์ธรรม

รายการ ประเมิน	ระดับคะแนน				
	4	3	2	1	0
1. การ วิเคราะห์ งาน	วิเคราะห์งาน จากการบันทึก ผลงานเพื่อ นำไปสู่การ สรุปผล ได้อย่าง ชัดเจน	วิเคราะห์งาน จากการบันทึก ผลงานเพื่อ นำไปสู่การ สรุปผล ค่อนข้างชัดเจน	วิเคราะห์งาน จากการ บันทึกผลงาน เพื่อนำไปสู่ การสรุปผล ไม่ค่อย ชัดเจน	วิเคราะห์ งานจากการ บันทึก ผลงานเพื่อ นำไปสู่การ สรุปผล ไม่ ชัดเจน	ไม่มีการ วิเคราะห์ งานจากการ บันทึก ผลงานเพื่อ นำไปสู่การ สรุปผล
2. การ วางแผน	มีการวาง แผนการทำงาน กำหนดกิจกรรม แบ่งหน้าที่ รับผิดชอบ กำหนด ระยะเวลาการ ทำงาน และ ติดตามผลการ ทำงานที่ชัดเจน	มีการวาง แผนการทำงาน กำหนดกิจกรรม แบ่งหน้าที่ รับผิดชอบ และ ติดตามผลการ ทำงานที่ชัดเจน แต่ไม่กำหนด ระยะเวลาการ ทำงาน	มีการวาง แผนการ ทำงาน กำหนด กิจกรรม แบ่ง หน้าที่ รับผิดชอบ แต่ไม่ติดตาม ผลการ ทำงาน และ ไม่กำหนด ระยะเวลา การทำงาน	มีการวาง แผนการ ทำงาน กำหนด กิจกรรม ไม่ มีการแบ่ง หน้าที่ รับผิดชอบ ไม่ติดตามผล การทำงาน และไม่ กำหนด ระยะเวลา การทำงาน	ไม่มีการวาง แผนการ ทำงาน
3. การ บูรณาการ ความรู้	มีการ บูรณาการเชื่อมโยง ความรู้และ ทักษะที่เรียนรู้ จาก วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยีและ วิศวกรรมศาสตร์ กับชีวิตจริง	มีการ บูรณาการ เชื่อมโยงความรู้ และทักษะที่ เรียนรู้จาก วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยีและ วิศวกรรมศาสตร์	มีการ บูรณาการ เชื่อมโยง ความรู้และ ทักษะที่ เรียนรู้จาก วิทยาศาสตร์ กับ 2 สาขา อื่น	มีการ บูรณาการ เชื่อมโยง ความรู้และ ทักษะที่ เรียนรู้จาก วิทยาศาสตร์ กับอีก 1 สาขาอื่น	ไม่มีการ บูรณาการ เชื่อมโยง ความรู้และ ทักษะที่ เรียนรู้

ตารางที่ 3 (ต่อ)

รายการ ประเมิน	ระดับคะแนน				
	4	3	2	1	0
4. การ เลือกใช้ วัสดุ	ใช้วัสดุเหลือใช้ หาได้ในท้องถิ่น ราคาเหมาะสม และเป็นมิตรกับ สิ่งแวดล้อม	ใช้วัสดุที่หาได้ใน ท้องถิ่น ราคา เหมาะสม และ เป็นมิตรกับ สิ่งแวดล้อม	ใช้วัสดุที่หา ได้ในท้องถิ่น ราคา เหมาะสม แต่ไม่เป็น มิตรกับ สิ่งแวดล้อม	วัสดุที่ใช้มีอยู่ ทั่วไป ราคา เหมาะสม แต่ไม่เป็น มิตรกับ สิ่งแวดล้อม	วัสดุที่ใช้มีอยู่ ทั่วไป ราคา ไม่เหมาะสม และไม่เป็น มิตรกับ สิ่งแวดล้อม
5. การทำ ชิ้นงาน	ชิ้นงานสามารถ นำไปใช้ได้จริง ตาม วัตถุประสงค์ นำไปสร้าง ประโยชน์ให้กับ ตนเอง และ สังคม	ชิ้นงานสามารถ นำไปใช้ได้จริง ตาม วัตถุประสงค์ นำไปสร้าง ประโยชน์ให้กับ ตนเอง	ชิ้นงาน สามารถ นำไปใช้ได้ จริงตาม วัตถุประสงค์ แต่ไม่ สามารถ นำไปสร้าง ประโยชน์ ให้กับตนเอง	ชิ้นงาน สามารถ นำไปใช้ได้ จริงตาม วัตถุประสงค์ แต่ไม่ สามารถ นำไปสร้าง ประโยชน์ได้	ชิ้นงานไม่ สามารถ นำไปใช้ได้ จริงตาม วัตถุประสงค์
6. ความ สมบูรณ์ ของชิ้นงาน	รูปแบบชิ้นงาน ถูกต้องตามที่ กำหนด แปลก ใหม่น่าสนใจ มี ขนาดเหมาะสม สีสันทสวยงาม สัมพันธ์กับ เนื้อหา	รูปแบบแปลก ใหม่น่าสนใจ มี ขนาดเหมาะสม สีสันทสวยงาม สัมพันธ์กับ เนื้อหา	มีขนาด เหมาะสม สีสันทสวยงาม สัมพันธ์กับ เนื้อหา	สีสันทสวยงาม สัมพันธ์กับ เนื้อหา	สัมพันธ์กับ เนื้อหา
7. คุณค่า และ ประโยชน์ ของชิ้นงาน	ชิ้นงานนำไปใช้ ให้เกิดประโยชน์ ในชีวิต ประจำวันต่อ ตนเอง ครอบครัว	ชิ้นงานนำไปใช้ ให้เกิดประโยชน์ ในชีวิต ประจำวันต่อ ตนเอง ครอบครัว และ โรงเรียน	ชิ้นงาน นำไปใช้ให้ เกิด ประโยชน์ใน ชีวิต ประจำวันต่อ ตนเอง	ชิ้นงาน นำไปใช้ให้ เกิด ประโยชน์ ในชีวิต ประจำวันต่อ ตนเอง	ไม่สามารถ นำไปใช้ให้ เกิด ประโยชน์ใน ชีวิต ประจำวันได้

ตารางที่ 3 (ต่อ)

รายการ ประเมิน	ระดับคะแนน				
	4	3	2	1	0
	โรงเรียน และ สังคม		และ ครอบครัว		
8. ความคิด สร้างสรรค์	คิดแปลกใหม่ แตกต่างจาก เดิม ดัดแปลง ประยุกต์และ สามารถ นำไปใช้ได้ อย่างถูกต้อง	คิดแปลกใหม่ แตกต่างจาก เดิม ดัดแปลง ไม่สามารถ นำไปใช้ได้	คิดแปลกใหม่ แตกต่างจาก เดิม ไม่มี แนวทางใน การนำไปใช้	คิดตามแบบ ไม่มีแนวทาง ในการ นำไปใช้	คิดตามแบบ หรือ ลอกเลียนแบบ ที่มีอยู่แล้ว
9. การ นำเสนอ ผลงาน อย่าง สร้างสรรค์	มีการนำเสนอ ด้วยวิธีการ น่าสนใจ ใช้สื่อ หรือเทคโนโลยี ที่เหมาะสม	มีการนำเสนอ ด้วยวิธีการ น่าสนใจ ใช้สื่อ ที่เหมาะสม	มีการนำเสนอ ด้วยวิธีการใช้ สื่อที่ เหมาะสม	มีการ นำเสนอด้วย วิธีการไม่ น่าสนใจ	นำเสนอ ผลงานไม่ได้
10. การ ทำงานกลุ่ม	มีประธาน เลขานุการ ผู้นำเสนอ ผู้ร่วมงาน ทุก คนมีหน้าที่ และความ รับผิดชอบต่อ หน้าที่ของ ตนเอง	ขาด องค์ประกอบ 1 อย่าง มีผู้มี หน้าที่ แต่ไม่ รับผิดชอบ 1 คน	ขาด องค์ประกอบ 2 อย่าง มีผู้มี หน้าที่ แต่ไม่ รับผิดชอบ 2 คน	ขาด องค์ประกอบ 3 อย่าง มีผู้มี หน้าที่ แต่ไม่ รับผิดชอบ 3 คน	ขาด องค์ประกอบ 3 อย่างขึ้นไป มีผู้มีหน้าที่ แต่ ไม่รับผิดชอบ 4 คนขึ้นไป

นักชนก กองแก้ว (2562) ได้ทำการศึกษาการพัฒนาทักษะกระบวนการแก้ปัญหา เรื่อง การดูกลิ่นและคายความร้อน ด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา สำหรับนักเรียนชั้น มัธยมศึกษาตอนต้น โดยมีเกณฑ์การประเมินชิ้นงาน ดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 การประเมินชิ้นงานของนักออกแบบ กองแก้ว

รายการประเมิน	ระดับคะแนน			
	4	3	2	1
1. ชิ้นงาน/ผลงาน	สร้างชิ้นงานตามทีออกแบบไว้ถูกต้องและสมบูรณ์ ชิ้นงานสามารถแก้ไข ปัญหาได้ตามที่เงื่อนไขที่กำหนด	สร้างชิ้นงานตามทีออกแบบไว้ถูกต้องและสมบูรณ์ แต่ ชิ้นงานไม่ สามารถแก้ไข ปัญหาได้ตามที่เงื่อนไขที่กำหนด	สร้างชิ้นงานตามทีออกแบบไว้ถูกต้องและสมบูรณ์บางส่วน และชิ้นงานไม่ สามารถแก้ไข ปัญหาได้ตามที่เงื่อนไขที่กำหนด	ไม่สามารถสร้าง ชิ้นงานตามทีออกแบบไว้สร้าง ชิ้นงานตามทีออกแบบไว้ไม่มี การใช้ กระบวนการ
2. การออกแบบเชิงวิศวกรรม	มีการใช้ กระบวนการการออกแบบเชิงวิศวกรรมและการสืบค้นข้อมูล มาใช้เป็นพื้นฐาน ในการตัดสินใจ การออกแบบ	มีการใช้ กระบวนการการออกแบบเชิงวิศวกรรม มีการสืบค้นข้อมูล แต่ ไม่ได้นำมาใช้เป็น พื้นฐานในการตัดสินใจการออกแบบ	มีการใช้ กระบวนการการออกแบบเชิงวิศวกรรม แต่ไม่ มีการสืบค้น ข้อมูลมาใช้เป็น พื้นฐานในการตัดสินใจในการออกแบบ	การออกแบบเชิงวิศวกรรม และการสืบค้นข้อมูล มาใช้เป็นพื้นฐาน ในการตัดสินใจ ในการออกแบบ
3. การนำเสนอผลงาน	สามารถนำเสนอ ผลงานได้ถูกต้อง และชัดเจน มี การอธิบาย ขั้นตอน การสร้างแบบจำลอง อธิบายเหตุผลใน การเลือกวัสดุ และรูปทรงต้อบพลังงาน แสงอาทิตย์	สามารถนำเสนอ ผลงานได้ถูกต้อง และชัดเจน มี การอธิบาย ขั้นตอนการสร้างแบบจำลอง อธิบายเหตุผลใน การเลือกวัสดุ และรูปทรงต้อบพลังงาน แสงอาทิตย์ได้ ถูกต้องบางส่วน	สามารถนำเสนอ ผลงานได้ไม่ ถูกต้อง ไม่ชัดเจน มีการอธิบาย ขั้นตอนการสร้างแบบจำลองต้อบพลังงาน แสงอาทิตย์และ อธิบายเหตุผลใน การเลือกวัสดุ และรูปทรงต้อบพลังงาน แสงอาทิตย์ บางส่วน	นำเสนอสื่อ ความหมายไม่ ถูกต้อง ไม่ชัดเจน ไม่มีการอธิบาย ขั้นตอนการสร้างแบบจำลองต้อบพลังงาน แสงอาทิตย์ และ ไม่อธิบายเหตุผล ในการเลือกวัสดุ และรูปทรงต้อบพลังงาน แสงอาทิตย์

ตารางที่ 4 (ต่อ)

รายการ ประเมิน	ระดับคะแนน			
	4	3	2	1
4. การบูรณาการความรู้	สามารถอธิบายความรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และ เทคโนโลยีที่นำมาใช้ในการออกแบบผลงาน ได้ชัดเจนและถูกต้องครบทั้ง 3 ด้าน	สามารถอธิบายความรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และ เทคโนโลยีที่นำมาใช้ในการออกแบบผลงาน ได้ชัดเจนและถูกต้องครบ 2 ด้าน	สามารถอธิบายความรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และ เทคโนโลยีที่นำมาใช้ในการออกแบบผลงาน ได้ชัดเจนและถูกต้องเพียงด้านเดียว	ไม่สามารถอธิบายความรู้ที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบผลงานได้

ปราณี ถิ่นเวียงทอง (2564) ได้ทำการศึกษาการพัฒนาหลักสูตรสะเต็มศึกษาเพื่อส่งเสริมสมรรถนะการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น โรงเรียนเครือข่ายสะเต็มศึกษา จังหวัดขอนแก่น โดยมีเกณฑ์การประเมินชิ้นงาน ดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 การประเมินชิ้นงานของปราณี ถิ่นเวียงทอง

รายการ ประเมิน	ระดับคะแนน				
	5	4	3	2	1
องค์ประกอบที่ 1 ความสมบูรณ์ของต้นแบบชิ้นงาน					
1.1 ชิ้นงานน่าสนใจ มีความแปลกใหม่ ไม่มีผู้ใดทำมาก่อน	ชิ้นงานน่าสนใจ มีความแปลกใหม่ ไม่มีผู้ใดทำมาก่อน	ชิ้นงานน่าสนใจ มีความแปลกใหม่ แต่มีคนคัดแปลงจากผู้อื่นทำมาแล้วส่วนใหญ่	ชิ้นงานน่าสนใจ มีความแปลกใหม่ แต่มีคนอื่นทำมาแล้ว	ชิ้นงานน่าสนใจ ไม่มีความแปลกใหม่ ลอกเลียนแบบจากคนอื่นที่เคยทำมาก่อน	ชิ้นงานไม่น่าสนใจ ไม่แปลกใหม่ และมีคนอื่นทำมาก่อนแล้ว
1.2 ชิ้นงานสมบูรณ์และทำงานได้ดีตลอดเวลา	ชิ้นงานมี ส่วนประกอบที่สมบูรณ์ มีความคงทนและทำงาน	ชิ้นงานมี ส่วนประกอบที่สมบูรณ์ มีความคงทนและใช้งานได้	ชิ้นงานมี ส่วนประกอบที่สมบูรณ์ และใช้งานได้	ชิ้นงานมี ส่วนประกอบที่สมบูรณ์และใช้งานได้	ชิ้นงานมี ส่วนประกอบที่ไม่สมบูรณ์ ไม่มีความ

ตารางที่ 5 (ต่อ)

รายการประเมิน	ระดับคะแนน				
	5	4	3	2	1
	ได้ดี ตลอดเวลา				คงทน และ ใช้งานไม่ได้
องค์ประกอบที่ 2 การออกแบบชิ้นงาน					
2.1 ออกแบบ อย่างดีโดยใช้ หลักการ ออกแบบตาม หลักวิศวกรรม ศาสตร์	ออกแบบได้ ถูกต้อง เหมาะสม และใช้ หลักการทาง วิศวกรรม ศาสตร์ในการ ออกแบบได้ ถูกต้อง	ออกแบบได้ ถูกต้อง เหมาะสม และใช้ หลักการทาง วิศวกรรม ศาสตร์ใน การ ออกแบบได้	ออกแบบได้ เหมาะสม และใช้ หลักการทาง วิศวกรรม ศาสตร์ใน การ ออกแบบได้	ออกแบบได้ และไม่ใช้ หลักการทาง วิศวกรรม ศาสตร์ในการ ออกแบบ	ออกแบบ ไม่ได้ และไม่ ใช้หลักการ ทาง วิศวกรรม ศาสตร์ใน การ ออกแบบ
2.2 มีความ ประณีต เหมาะสมกับ งบประมาณ	มีความ สวยงาม ประณีต และ เหมาะสม คุ้มค่ากับ ค่าใช้จ่ายใน การสร้าง ชิ้นงาน	มีความ สวยงาม ประณีต และ เหมาะสมกับ ค่าใช้จ่ายใน การสร้าง ชิ้นงาน	มีความ สวยงาม ไม่ ค่อยประณีต และ เหมาะสมกับ ค่าใช้จ่ายใน การสร้าง ชิ้นงาน	มีความ สวยงาม แต่ ไม่ประณีต ไม่ เหมาะสมกับ ค่าใช้จ่ายใน การสร้าง ชิ้นงาน	ไม่มีความ สวยงาม ไม่ ประณีต ไม่ เหมาะสมกับ ค่าใช้จ่ายใน การสร้าง ชิ้นงาน
องค์ประกอบที่ 3 การเลือกใช้วัสดุและอุปกรณ์					
3.1 เลือกใช้ อุปกรณ์และ เครื่องมือได้ เหมาะสมกับ ชิ้นงาน	เลือกใช้วัสดุ อุปกรณ์ใน การสร้าง ชิ้นงานได้ อย่างดีและ เหมาะสมกับ ชิ้นงาน	เลือกใช้วัสดุ อุปกรณ์ใน การสร้าง ชิ้นงานได้ ค่อนข้าง เหมาะสมกับ ชิ้นงาน	เลือกใช้วัสดุ อุปกรณ์ บางส่วนที่ เหมาะสมกับ ชิ้นงาน	เลือกใช้วัสดุ อุปกรณ์ บางส่วนที่ เหมาะสมกับ ชิ้นงาน	ไม่สามารถ เลือกใช้วัสดุ และอุปกรณ์ ที่เหมาะสม กับการสร้าง ชิ้นงาน
3.2 ชิ้นงาน เป็นไปตามเกณฑ์ ที่กำหนด	ชิ้นงาน เป็นไปตาม เกณฑ์ที่ กำหนด	ชิ้นงาน เป็นไปตามที่ เกณฑ์	ชิ้นงาน เป็นไปตาม เกณฑ์ที่ กำหนดและ	ชิ้นงานเป็นไป ตามเกณฑ์ที่ กำหนด บางส่วน ไม่มี	ชิ้นงานไม่ เป็นไปตาม เกณฑ์ที่ กำหนด

ตารางที่ 5 (ต่อ)

รายการประเมิน	ระดับคะแนน				
	5	4	3	2	1
	ครบถ้วน สมบูรณ์	กำหนด ครบถ้วน	มีการ ปรับเปลี่ยน บางส่วน	การ ปรับเปลี่ยน	
องค์ประกอบที่ 4 คุณค่าของชิ้นงาน					
4.1 บูรณาการ ความรู้ วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี	มีแนวคิด พื้นฐานมา จากความรู้ วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี ตั้งแต่ สถานการณ์ ปัญหา วิธีการ แก้ปัญหา การใช้ ประโยชน์ การออกแบบ การสร้างชิ้น ใหม่ การ พัฒนา การ ดัดแปลง อุปกรณ์และ ชิ้นส่วนต่างๆ	มีแนวคิด พื้นฐานมา จากความรู้ วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี ตั้งแต่ สถานการณ์ ปัญหา วิธีการ แก้ปัญหา การใช้ ประโยชน์ การ ออกแบบ การสร้างชิ้น ใหม่	มีแนวคิด พื้นฐานมา จากความรู้ วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี ตั้งแต่ สถานการณ์ ปัญหา วิธีการ แก้ปัญหา และการใช้ ประโยชน์	มีแนวคิด พื้นฐานมา จากความรู้ วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี	ไม่มีแนวคิด พื้นฐานมา จากความรู้ วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี
4.2 นำไปใช้ ประโยชน์ได้ อย่างคุ้มค่า สอดคล้องกับ จุดประสงค์ของ ชิ้นงาน	นำไปใช้ ประโยชน์ได้ อย่างคุ้มค่า สอดคล้องกับ จุดประสงค์	นำไปใช้ ประโยชน์ได้ อย่างคุ้มค่า สอดคล้อง กับ	นำไปใช้ ประโยชน์ได้ สอดคล้อง กับ จุดประสงค์	นำไปใช้ ประโยชน์ได้ อย่างคุ้มค่า แต่ไม่ สอดคล้องกับ	ไม่สามารถ นำไปใช้ ประโยชน์ได้

ตารางที่ 5 (ต่อ)

รายการประเมิน	ระดับคะแนน				
	5	4	3	2	1
	ของชิ้นงาน อย่างชัดเจน	จุดประสงค์ ของชิ้นงาน	ของชิ้นงาน บางส่วน	จุดประสงค์ ของชิ้นงาน	

พรทิพย์ สังเกต (2564) ได้ทำการศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ และเจตคติต่อวิชาเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา โดยมีเกณฑ์การประเมินชิ้นงาน ดังตารางที่ 6

ตารางที่ 6 การประเมินชิ้นงานของพรทิพย์ สังเกต

รายการประเมิน	ระดับคะแนน		
	3	2	1
1. การออกแบบผ่านกระบวนการทางวิศวกรรม	มีการใช้กระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมที่มีการสืบค้นข้อมูลและเชื่อมโยงข้อมูลเพื่อเป็นพื้นฐานประกอบการตัดสินใจในการออกแบบ	มีการใช้กระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม แต่ขาดการสืบค้นข้อมูลก่อนการออกแบบ	มีการใช้กระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม แต่ยังขาดขั้นตอนใดขั้นตอนหนึ่งและขาดการสืบค้นข้อมูลก่อนการออกแบบ
2. ความสำเร็จของงาน	สามารถทำงานได้สำเร็จไปตามเงื่อนไขครบถ้วน ภายในเวลาที่กำหนด	สามารถทำงานได้สำเร็จไปตามเงื่อนไขครบถ้วน และใช้เวลาเกินกว่าที่กำหนดเล็กน้อย	สามารถทำงานได้สำเร็จ แต่ไม่เป็นไปตามเงื่อนไขทั้งหมด และใช้เวลาเกินกว่าที่กำหนด
3. ประสิทธิภาพของผลงาน	มีการออกแบบใช้งานได้จริง และเกิดปฏิกิริยาได้เร็ว	มีการออกแบบสามารถใช้งานได้ และเกิดปฏิกิริยาได้ช้า	มีการออกแบบไม่สามารใช้งานได้ และเกิดปฏิกิริยาได้ช้า
4. การนำเสนอผลงาน และการสื่อสาร	สามารถนำเสนอผลงานได้อย่างน่าสนใจ สื่อสารได้อย่างชัดเจน และมีปฏิสัมพันธ์กับผู้ฟัง	สามารถนำเสนอผลงานได้อย่างน่าสนใจ แต่สื่อสารยังไม่ชัดเจน ขาดปฏิสัมพันธ์กับผู้ฟัง	สามารถนำเสนอผลงานได้ แต่ขาดความน่าสนใจ และปฏิสัมพันธ์กับผู้ฟัง

ตารางที่ 6 (ต่อ)

รายการประเมิน	ระดับคะแนน			
	4	3	2	1
5. การวางแผน และการร่วมมือ ในการทำงาน	มีการประชุม เพื่อวางแผนการทำงานแบ่งหน้าที่ความรับผิดชอบ และมีการอภิปรายและลงข้อสรุปร่วมกัน	มีการประชุมเพื่อวางแผนการทำงานแบ่งหน้าที่ความรับผิดชอบ แต่ขาดการระดมความคิด และการลงข้อสรุปร่วมกัน	ลงมือปฏิบัติโดย ไม่มีการวางแผน ระดมความคิด และการลงข้อสรุปร่วมกัน	5. การวางแผน และการร่วมมือ ในการทำงาน

สรวิทย์ นาคเกษม (2564) ได้ทำการศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ และการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง งานและพลังงาน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โดยมีเกณฑ์การประเมินชิ้นงาน ดังตารางที่ 7

ตารางที่ 7 การประเมินชิ้นงานของสรวิทย์ นาคเกษม

รายการประเมิน	ระดับคะแนน			
	4	3	2	1
1. การวางแผน และการร่วมมือกันในการทำงาน	มีการประชุม เพื่อวางแผนการทำงาน แบ่งหน้าที่ความรับผิดชอบ และมีการอภิปรายและลงข้อสรุปร่วมกันทุกคน	มีการประชุม เพื่อวางแผนการทำงานแบ่งหน้าที่ความรับผิดชอบ และมีการอภิปราย และลงข้อสรุปร่วมกันจำนวน 2 ใน 3 คน	มีการวางแผนการทำงานร่วมกัน มีการแบ่งหน้าที่ความรับผิดชอบ 1 คน	ไม่มีการวางแผน ระดมความคิด และลงข้อสรุปของกลุ่ม
2. ความสำเร็จของชิ้นงาน	สามารถทำงานได้สำเร็จตามเงื่อนไขที่กำหนดทั้งหมดครบถ้วน	สามารถทำงานได้สำเร็จ และเป็นไปตามเงื่อนไขที่กำหนดทั้งหมด แต่ใช้	สามารถทำงานได้สำเร็จ แต่ไม่เป็นไปตามเงื่อนไขที่กำหนด และใช้	ไม่สามารถทำงานได้สำเร็จ

ตารางที่ 7 (ต่อ)

รายการประเมิน	ระดับคะแนน			
	4	3	2	1
	และภายในเวลาที่กำหนด	เวลาเกินกว่าที่กำหนดเล็กน้อย	เวลาเกินกว่าที่กำหนด	
3. การบูรณาการ STEM Education	สามารถอธิบายความรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ ที่นำมาใช้ในการออกแบบผลงานได้ชัดเจน และถูกต้องครบทั้ง 4 สาขาวิชา	สามารถอธิบายความรู้ ที่นำมาใช้ในการออกแบบ ผลงานได้ชัดเจน และถูกต้อง 3 สาขาวิชา	สามารถอธิบายความรู้ ที่นำมาใช้ในการออกแบบ ผลงานได้ชัดเจน และถูกต้อง 2 สาขาวิชา	สามารถอธิบายความรู้ที่นำมาใช้ในการออกแบบ ผลงานได้ชัดเจน และถูกต้อง 1 สาขาวิชา
4. การนำเสนอผลงาน	สามารถนำเสนอผลงานได้อย่าง น่าสนใจ อธิบาย ขั้นตอน วิธีการ ออกแบบได้ ชัดเจนมี ปฏิสัมพันธ์กับ ผู้ฟังและเข้าใจง่าย	สามารถนำเสนอผลงานได้อย่าง น่าสนใจ อธิบาย ขั้นตอน วิธีการ ออกแบบได้ ชัดเจนมี ปฏิสัมพันธ์กับ ผู้ฟังแต่เข้าใจยาก	สามารถนำเสนอผลงานได้อย่าง น่าสนใจ อธิบาย ขั้นตอน วิธีการ ออกแบบได้ ชัดเจนแต่ขาด ปฏิสัมพันธ์กับ ผู้ฟัง	สามารถนำเสนอผลงานได้ แต่ไม่น่าสนใจ อธิบาย ขั้นตอน วิธีการ ออกแบบได้ไม่ชัดเจน

กิตติมาภรณ์ สมบัติพล (2564) ได้ทำการศึกษาการพัฒนาการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมที่ส่งเสริมทักษะอาชีพ เรื่อง แรงและสมดุลของแรง ของนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง ชั้นปีที่ 1 โดยมีเกณฑ์การประเมินชิ้นงาน ดังตารางที่ 8

ตารางที่ 8 การประเมินชิ้นงานของกิตติมาภรณ์ สมบัติพล

รายการ ประเมิน	ระดับคะแนน			
	4	3	2	1
1. การ ประยุกต์ใช้ ความรู้	อธิบายความรู้ ด้านสะเต็มศึกษา ที่เกี่ยวข้องและ เชื่อมโยงกับการ แก้ปัญหาได้อย่าง ถูกต้อง ตั้งแต่ 3 องค์ความรู้ขึ้นไป	อธิบายความรู้ ด้านสะเต็มศึกษา ที่เกี่ยวข้องและ เชื่อมโยงกับการ แก้ปัญหาได้อย่าง ถูกต้อง ตั้งแต่ 2 องค์ความรู้ขึ้นไป	อธิบายความรู้ ด้านสะเต็มศึกษา ที่เกี่ยวข้องและ เชื่อมโยงกับการ แก้ปัญหาได้อย่าง ถูกต้อง ตั้งแต่ 1 องค์ความรู้ขึ้นไป	ไม่สามารถ อธิบายความรู้ ด้านสะเต็มศึกษา ที่เกี่ยวข้องและ เชื่อมโยงกับการ แก้ปัญหาได้อย่าง ถูกต้อง
2. กระบวนการ ออกแบบเชิง วิศวกรรม	มีการใช้แนวคิด กระบวนการ ออกแบบเชิง วิศวกรรมที่ สามารถเลือก วิธีการและ ออกแบบการ แก้ปัญหาได้ เหมาะสม สร้างสรรค์ นำไปใช้จริงได้	มีการใช้แนวคิด กระบวนการ ออกแบบเชิง วิศวกรรมที่ สามารถเลือก วิธีการและ ออกแบบการ แก้ปัญหาได้ เหมาะสม นำไปใช้จริงได้	มีการใช้แนวคิด กระบวนการ ออกแบบเชิง วิศวกรรมที่ สามารถเลือก วิธีการและ ออกแบบการ แก้ปัญหาได้	ไม่มีการใช้ แนวคิด กระบวนการ ออกแบบเชิง วิศวกรรมที่ สามารถเลือก วิธีการและ ออกแบบการ แก้ปัญหาได้
3. ผลลัพธ์ของ ชิ้นงาน	มีการทดสอบ ประสิทธิภาพ ชิ้นงานครบตาม ประเด็นที่ควร ทดสอบและการ ปรับปรุงผลงาน และยังมีการ ประเมินด้าน อื่นๆ เช่น ความ สวยงาม ความ สะดวกในการ ใช้งาน	มีการทดสอบ ประเมิน ประสิทธิภาพ ผลงาน และนำ ผลการประเมิน มาปรับปรุง	มีการทดสอบ ประเมิน ประสิทธิภาพ ผลงาน แต่ไม่มี การปรับปรุง ผลงาน	ไม่มีการประเมิน ประสิทธิภาพ ผลงาน

ตารางที่ 8 (ต่อ)

รายการ ประเมิน	ระดับคะแนน			
	4	3	2	1
4. การทำงาน เป็นทีม	รับฟัง ข้อเสนอแนะ ข้อคิดเห็นของ สมาชิกในกลุ่ม ก่อนที่จะเสนอ แนวคิดหรือ ข้อคิดเห็นของ ตนเอง ทำงาน ร่วมกับสมาชิกคน อื่น ๆ ในกลุ่มได้ดี และได้แบ่งรับ หน้าที่ รับผิดชอบ ร่วมกับสมาชิกใน ทีมทุกคน	รับฟังข้อเสนอ และข้อคิดเห็น ของสมาชิกใน กลุ่มเป็นใหญ่ และทำงาน ร่วมกับสมาชิก คนอื่นในกลุ่มได้ดี เป็นส่วนใหญ่	รับฟังข้อเสนอ และข้อคิดเห็น ของสมาชิกใน กลุ่มบางครั้งและ ทำงานร่วมกับ สมาชิกคนอื่น ๆ ในกลุ่มได้ดีเป็น บางเวลา	ไม่ใส่ใจรับฟัง ข้อเสนอและ ข้อคิดเห็นของ สมาชิกในกลุ่ม และไม่สามารถ ทำงานร่วมกับ สมาชิกคนอื่น ๆ ในกลุ่มได้
5. การนำเสนอ	นำเสนอผลงานได้ น่าสนใจ อธิบาย ขั้นตอนการ ออกแบบชิ้นงาน ที่เข้าใจง่ายและ ตอบคำถามได้ ชัดเจน ตรง ประเด็นทุกข้อ เชื่อมโยง ความสัมพันธ์ของ STEM ได้ถูกต้อง ชัดเจน	นำเสนอผลงาน ได้น่าสนใจ อธิบายขั้นตอน การออกแบบ ชิ้นงานที่เข้าใจ ง่ายและตอบ คำถามได้ตรง ประเด็นเป็นส่วน ใหญ่ เชื่อมโยง ความสัมพันธ์ของ STEM ได้เป็น บางส่วน	นำเสนอผลงาน ได้ แต่อธิบาย ขั้นตอนการ ออกแบบชิ้นงาน ที่เข้าใจยากและ ตอบคำถามได้ ตรงประเด็นเพียง เล็กน้อย เชื่อมโยง ความสัมพันธ์ของ STEM ได้น้อย มาก	นำเสนอผลงาน ได้ แต่อธิบาย ขั้นตอนการ ออกแบบชิ้นงาน ที่เข้าใจยากและ ตอบคำถามไม่ ตรงประเด็น ไม่ สามารถเชื่อมโยง ความสัมพันธ์ของ STEM ได้

อรอนงค์ เมืองคง (2565) ได้ทำการศึกษาการวิจัยปฏิบัติการเพื่อพัฒนาความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณและความสามารถในการแก้ปัญหา ด้วยการจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โดยมีเกณฑ์การประเมินชิ้นงาน ดังตารางที่ 9

ตารางที่ 9 การประเมินชิ้นงานของอรอนงค์ เมืองคง

รายการ ประเมิน	ระดับคะแนน			
	4	3	2	1
1. ชิ้นงาน	กังหันผลิตไฟฟ้า ได้มากที่สุด	กังหันผลิตไฟฟ้า ได้มากลำดับที่ 2	กังหันผลิตไฟฟ้า ได้มากลำดับที่ 3	กังหันผลิตไฟฟ้า ได้มากลำดับที่ 4
2. งบประมาณ	ใช้งบประมาณ น้อยที่สุดเป็น ลำดับที่ 1	ใช้งบประมาณ น้อยที่สุดเป็น ลำดับที่ 2	ใช้งบประมาณ น้อยที่สุดเป็น ลำดับที่ 3	ใช้งบประมาณ น้อยที่สุดเป็น ลำดับที่ 4
3. การใช้ กระบวนการ ออกแบบเชิง วิศวกรรม	ระบุปัญหาได้ ชัดเจน มีการ ค้นคว้าหาข้อมูล ที่เกี่ยวข้องมาใช้ ในการสร้าง กังหัน มีการ ออกแบบ วางแผนในการ สร้างกังหันอย่าง เป็นระบบ และ ทดสอบกังหันที่ สร้างขึ้น พร้อม ปรับปรุงแก้ไขให้ ดีขึ้น และ นำเสนอวิธีสร้าง กังหันในชั้นเรียน	ระบุปัญหาได้ ชัดเจน มีการ ค้นคว้าหาข้อมูล ที่เกี่ยวข้องมาใช้ ในการสร้าง กังหัน มีการ ออกแบบ วางแผนในการ สร้างกังหันอย่าง เป็นระบบ และ ทดสอบกังหันที่ สร้างขึ้น พร้อม ปรับปรุงแก้ไขให้ ดีขึ้น แต่ไม่ สามารถนำเสนอ วิธีการสร้าง กังหันในชั้นเรียน ได้	ระบุปัญหาได้ ชัดเจน มีการ ค้นคว้าหาข้อมูล ที่เกี่ยวข้องมาใช้ ในการสร้าง กังหัน มีการ ออกแบบ วางแผนในการ สร้างกังหันอย่าง เป็นระบบ และ ทดสอบกังหันที่ สร้างขึ้น แต่ไม่ สามารถปรับปรุง แก้ไขให้ดีขึ้นได้ และไม่สามารถ นำเสนอวิธีการ สร้างกังหันในชั้น เรียนได้	ระบุปัญหาได้ ชัดเจน มีการ ค้นคว้าหาข้อมูล ที่เกี่ยวข้องมาใช้ ในการสร้าง กังหัน มีการ ออกแบบ วางแผนในการ สร้างกังหัน แต่ไม่ เป็นระบบ และ ทดสอบกังหันที่ สร้างขึ้น แต่ไม่ สามารถปรับปรุง แก้ไขให้ดีขึ้นได้ และไม่สามารถ นำเสนอวิธีการ สร้างกังหันในชั้น เรียนได้
4. การ บูรณาการ ความรู้	นักเรียนมีการนำ ความรู้ด้านต่าง ๆ มาใช้ดังนี้ วิทยาศาสตร์ใช้ ความรู้เกี่ยวกับ การผลิตไฟฟ้า จากพลังงานน้ำ และพลังงานลม เทคโนโลยีใช้	นักเรียนมีการนำ ความรู้ด้าน วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และ คณิตศาสตร์มาใช้ แต่ไม่ถูกต้อง 1 ด้าน	นักเรียนมีการนำ ความรู้ด้าน วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และ คณิตศาสตร์มาใช้ แต่ไม่ถูกต้อง 2 ด้าน	นักเรียนมีการนำ ความรู้ด้าน วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และ คณิตศาสตร์มาใช้ แต่ไม่ถูกต้อง 3 ด้าน

ตารางที่ 9 (ต่อ)

รายการประเมิน	ระดับคะแนน			
	4	3	2	1
	ความรู้เกี่ยวกับการเลือกใช้วัสดุที่เหมาะสมในการสร้างกังหันคณิตศาสตร์ใช้ความรู้เกี่ยวกับการนำเสนอผลการทดสอบของกราฟในรูปชนิดใดก็ได้			

จากที่ผู้วิจัยได้ศึกษาเกณฑ์การประเมินชิ้นงานสามารถออกแบบเกณฑ์การประเมินชิ้นงานจากการสังเคราะห์ได้ ดังตารางที่ 10

ตารางที่ 10 สังเคราะห์และสร้างเกณฑ์การประเมินชิ้นงานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา

รายการประเมิน	ระดับคะแนน			คะแนนเต็ม
	3	2	1	
1. การบูรณาการวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และ เทคโนโลยี	มีการใช้หลักการทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และ เทคโนโลยี ในประเด็นที่สำคัญกับการพัฒนาชิ้นงาน และมีความเข้าใจที่ถูกต้อง พร้อมมีการพิจารณาในรายละเอียด	การใช้หลักการทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และ เทคโนโลยี ในประเด็นที่สำคัญของการพัฒนาชิ้นงาน แต่ยังไม่มีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน	ไม่มีร่องรอย (ข้อความในใบงาน หรือ การบรรยาย) ของการใช้หลักการทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และ เทคโนโลยี ในกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม	3

ตารางที่ 10 (ต่อ)

รายการประเมิน	ระดับคะแนน			คะแนนเต็ม
	3	2	1	
2. การออกแบบตามหลักวิศวกรรม ตรงตามที่ระบุปัญหา รวบรวมข้อมูล ออกแบบ และวางแผนการดำเนินงานในการแก้ปัญหา	มีการใช้แนวคิด กระบวนการ ออกแบบเชิง วิศวกรรม ตรงตามที่ระบุปัญหา รวบรวมข้อมูล ออกแบบ และวางแผนการดำเนินงานในการแก้ปัญหาโดย สามารถเลือก วิธีการและ ออกแบบในการ แก้ไขปัญหาได้ อย่างเหมาะสม นำไปใช้จริงได้	มีการใช้แนวคิด กระบวนการ ออกแบบเชิง วิศวกรรม ตรงตามที่ระบุปัญหา รวบรวมข้อมูล ออกแบบ และวางแผนการดำเนินงานในการ แก้ไขปัญหาโดย สามารถเลือก วิธีการและ ออกแบบในการ แก้ไขปัญหาได้	ไม่มีการใช้แนวคิด กระบวนการ ออกแบบเชิง วิศวกรรม หรือ ไม่สามารถเลือก วิธีการและ ออกแบบในการ แก้ไขปัญหาได้	3
3. ความสำเร็จของงาน	สามารถทำงาน สำเร็จเป็นไปตาม เงื่อนไขและ ภายในเวลาที่ กำหนด	สามารถทำงาน สำเร็จแต่ไม่ เป็นไปตาม เงื่อนไขที่กำหนด	ไม่สามารถทำงาน ให้สำเร็จ	3
4. ดึงดูดความสนใจ/ แปลงใหม่	พัฒนาชิ้นงาน ด้วยความคิดที่ แปลกใหม่โดย ไม่ซ้ำกับกลุ่มอื่น มีการออกแบบ ชิ้นงานสวนใหญ่ ไม่ซ้ำกับชิ้นงานที่	พัฒนาชิ้นงานซ้ำ กับกลุ่มอื่น โดยมี การออกแบบ ชิ้นงานที่มีบางส วนแปลกใหม่	พัฒนาชิ้นงานซ้ำ กับกลุ่มอื่น มีการ ออกแบบชิ้นงาน ที่ ซ้ำกับชิ้นงานที่ พบเห็นใน ชีวิตประจำวัน	3

ตารางที่ 10 (ต่อ)

รายการประเมิน	ระดับคะแนน			คะแนนเต็ม
	3	2	1	
มีอยู่ในชีวิตประจำวัน				
รวม				12

2.12 ข้อดีและข้อจำกัดของการจัดการเรียนการสอนแบบสะเต็มศึกษา

รักษพล ธนาวงศ์ (2556) กล่าวในรายงานสรุปการอบรมเชิงปฏิบัติการ STEM Education ถึงข้อดีและข้อจำกัดของการจัดการเรียนการสอนตามแนวคิด STEM Education ไว้ดังนี้

1. ข้อดีของการรวมศาสตร์ทั้ง 4 เข้าด้วยกัน (STEM Education)

1) ส่งเสริมให้เกิดความเข้าใจในวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ วิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีได้ลึกซึ้งยิ่งขึ้น (Deeper Learning)

2) ช่วยให้การเรียนรู้วิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์มีความหมายมากยิ่งขึ้น ผ่านการนำไปออกแบบและแก้ปัญหาตามแนวทางของวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีในบริบทที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวัน

3) ส่งเสริมให้มีความเข้าใจและทักษะในการนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ได้ดี

4) ผู้เรียนมีทักษะในการเรียนรู้และการประยุกต์ใช้ข้ามศาสตร์ได้

5) ผู้เรียนเห็นความสำคัญของ “วิศวกรรมศาสตร์” มากยิ่งขึ้น

2. ข้อจำกัดในการจัดการเรียนการสอนแบบสะเต็มศึกษา

1) ผู้บริหารโรงเรียนและครูผู้สอนอาจไม่ให้ความสำคัญเมื่อในการนำการเรียนการสอนแบบ STEM Education เนื่องจากโรงเรียนมีหลักสูตรและกิจกรรมต่าง ๆ ที่ถูกจัดไว้ค่อนข้างแน่นจนแล้วทำให้การเปลี่ยนแปลงเพิ่มหรือลดเนื้อหาจะทำให้ครูและผู้บริหารโรงเรียนไม่พร้อมที่จะให้ความร่วมมือ

2) การสอนต้องใช้เวลาและต้องใช้เวลาและทรัพยากรในการจัดเตรียมอุปกรณ์ต่าง ๆ มาก

3) ครูผู้สอนในระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นหรือตอนปลายอาจไม่สามารถสอนข้ามศาสตร์ได้ เนื่องจากเนื้อหาในศาสตร์อื่นเป็นเนื้อหาที่ครูผู้สอนไม่ได้เรียนมาโดยตรงและบางเนื้อหาค่อนข้างยากต่อการทำความเข้าใจ

4) ในการเรียนการสอนศาสตร์ทั้ง 4 แบบบูรณาการถึงแม้จะทำให้ผู้เรียนรู้ข้าม

ศาสตร์ต่าง ๆ ได้ดีแต่เป็นการยากที่จะทำให้ผู้เรียนเข้าใจและเห็นคุณค่าลักษณะจำเพาะของศาสตร์แต่ละศาสตร์ใน STEM Education

5) เป็นการยากที่จะมีการผนวกศาสตร์ทั้ง 4 ในเชิงกระบวนการคิด (Cognitive Integration) ด้วย

6) บางครั้ง ผู้เรียนเกิดความสับสนในการทำความเข้าใจในเนื้อหาที่ไม่ได้มีการสอนแบบแยกเป็นรายวิชา

7) การเรียนรู้พื้นฐานของการออกแบบเชิงวิศวกรรมไม่เพียงพอที่จะส่งเสริมให้เกิดการเปลี่ยนเชิงกระบวนการคิดอย่างลึกซึ้ง

ศูนย์สะเต็มศึกษาแห่งชาติ (2557) ข้อดีที่ได้จากการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษามีดังต่อไปนี้

1) นักเรียนมีทักษะการคิดวิเคราะห์และสร้างนวัตกรรมใหม่ ๆ ที่ใช้วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยี และกระบวนการทางวิศวกรรมเป็นฐาน

2) นักเรียนเข้าใจและสนใจการประกอบอาชีพด้านสะเต็มศึกษามากขึ้น

3) นักเรียนเข้าใจสาระวิชาและกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์มากขึ้น

4) หน่วยงานภาครัฐและเอกชนมีส่วนร่วมสนับสนุนการจัดกิจกรรมของครูและบุคลากรทางการศึกษา

5) ส่งเสริมการจัดการเรียนรู้และเชื่อมโยงระหว่าง 8 กลุ่มสาระวิชา

6) สร้างกำลังคนด้านสะเต็มศึกษาของประเทศไทย เพื่อเพิ่มศักยภาพทางเศรษฐกิจ

กุลิสรา จิตรขญาวณิช และเกศราพรรณ พันธุ์ศรีเกตุ คงเจริญ (2566) กล่าวว่า

1. ข้อดีการจัดการเรียนรู้

1) ส่งเสริมทักษะกระบวนการคิดและการทำงานร่วมกันเป็นทีม

2) สร้างเสริมประสบการณ์ ทักษะชีวิต ความคิดสร้างสรรค์ นำไปสู่การสร้างนวัตกรรม

สร้างนวัตกรรม

2. ข้อจำกัดการจัดการเรียนรู้

1) ต้องมีเวลาเพียงพอสำหรับผู้เรียนในการทำกิจกรรมต่าง ๆ

2) ผู้สอนต้องมีการเตรียมความพร้อมในการจัดการเรียนรู้ เช่น เตรียมสื่อ

การเรียนรู้ต่าง ๆ

3) ต้องใช้งบประมาณในการสนับสนุนการจัดการเรียนรู้

ผู้วิจัยสรุปได้ว่า ข้อดีของการจัดการเรียนการสอนแบบสะเต็มศึกษา คือ ส่งเสริมให้เกิดความเข้าใจในวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ วิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีได้ลึกซึ้งยิ่งขึ้น และสามารถนำการออกแบบและแก้ปัญหาตามแนวทางของวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีในบริบทที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวัน และข้อจำกัดของการจัดกิจกรรมการเรียนแบบสะเต็มศึกษา คือ การสอนต้องใช้เวลาและต้องใช้เวลาและทรัพยากรในการจัดเตรียมอุปกรณ์ต่าง ๆ มาก ครูผู้สอนต้องมีความรู้ความเข้าใจและบริหารจัดการเวลาให้เหมาะสม

3. กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม (Engineering Design Process: EDP) เป็นส่วนหนึ่งของมาตรฐานการศึกษาของรัฐบาลและของชาติสำหรับการจัดการศึกษาขั้นพื้นฐาน (K-12) ของประเทศสหรัฐอเมริกา เพื่อช่วยให้นักเรียนเกิดความรู้ความเข้าใจในการออกแบบและวางแผนแก้ปัญหาแบบวิศวกรรม ซึ่งในงานวิจัยนี้จะขอกล่าวถึงในหัวข้อ ความสำคัญ ความหมาย ขั้นตอนของกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ความสัมพันธ์ระหว่างกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมศาสตร์และวิธีการทางวิทยาศาสตร์แนวทางในการจัดการเรียนการสอนโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ดังนี้

3.1 ความหมายของกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

จากการศึกษาเกี่ยวกับความหมายของกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ได้มีนักวิชาการให้ความหมายไว้มากมาย ดังนี้

อภิสัทธ์ ธงไชย (2559) ได้กล่าวว่า กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม คือ กระบวนการของการแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบภายใต้ทรัพยากรและข้อจำกัดต่าง ๆ (resources and constraints) รวมถึงการวิเคราะห์ข้อดีข้อด้อยและความคุ้มทุน (trade-offs) เพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่เหมาะสมที่สุด (optimal solution) โดยกระบวนการแก้ปัญหานี้มีองค์ประกอบหลัก ได้แก่ การระบุปัญหาหรือเงื่อนไขที่เกี่ยวข้องให้ชัดเจน การวางแผนเพื่อหาแนวทางการแก้ปัญหา และการดำเนินการเพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่เหมาะสมที่สุด

สุธิดา การิณี (2560) ได้กล่าวว่า กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม หมายถึง ขั้นตอนที่นำมาใช้ในการดำเนินการเพื่อแก้ปัญหาหรือสนองความต้องการ ซึ่งกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมนี้จะเริ่มจากการระบุปัญหาที่พบแล้วกำหนดเป็นปัญหาที่ต้องการแก้ไข จากนั้นจึงทำการค้นหาแนวคิดที่เกี่ยวข้องและทำการวิเคราะห์เพื่อเลือกวิธีการที่เหมาะสมสำหรับการแก้ไข เมื่อได้วิธีการที่เหมาะสมแล้วจึงทำการวางแผนและพัฒนาสิ่งของเครื่องใช้หรือวิธีการ เมื่อสร้างผลงานหรือวิธีการเรียบร้อยแล้วจึงนำไปทดสอบ หากมีข้อบกพร่องให้ทำการปรับปรุงแก้ไขเพื่อให้สิ่งของเครื่องใช้

หรือวิธีการนั้นจนสามารถใช้แก้ไขปัญหาหรือสนองความต้องการได้ ในขั้นตอนสุดท้ายจะดำเนินการประเมินผลสิ่งของเครื่องใช้หรือวิธีการนั้น

โดยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมส่วนใหญ่จะให้นิยามในเชิงของการออกแบบผลงาน แต่แนวคิดนี้ถูกนำมาประยุกต์ใช้กับการศึกษาด้วย เนื่องจากสามารถช่วยพัฒนาทักษะการคิดขั้นสูงให้กับนักเรียน ดังนั้นในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมที่นำมาใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ โดยมีนักการศึกษาได้ให้ความหมายของกิจกรรมการเรียนรู้ที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมไว้ ดังนี้

Tayal (2013) ได้กล่าวว่า กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมเป็นชุดของขั้นตอนที่นักวิศวกรใช้เพื่อเป็นแนวทางในการแก้ปัญหา โดยจะมีการเก็บรวบรวมข้อมูลและดำเนินการทดลองเพื่อศึกษาความท้าทาย มีการเลือกแนวคิดที่ดีที่สุดและออกแบบโดยการวาดภาพและเลือกวัสดุที่เหมาะสมที่สุด มีการสร้างแบบจำลอง และปรับปรุงจนกระทั่งผลิตภัณฑ์ที่ได้ดีพอที่จะตอบสนองความต้องการและสามารถแก้ปัญหาได้

Grubbs & Strimel (2015) ได้กล่าวว่า การออกแบบเป็นกระบวนการที่มีการใช้ความคิดสร้างสรรค์และเปิดกว้างสำหรับการหาแนวทางในการแก้ปัญหา ซึ่งอาจจะมีการออกแบบที่ถูกหรือผิดพลาดไปบ้าง โดยในการออกแบบเชิงวิศวกรรมจะแตกต่างจากการออกแบบเชิงเทคโนโลยีคือการออกแบบเชิงวิศวกรรมจะเป็นการออกแบบภายใต้ข้อจำกัด เช่น เวลา ทุนความปลอดภัย วัสดุ อุปกรณ์ ซึ่งจะช่วยให้การออกแบบนั้นมีความชัดเจนมากขึ้นและผิดพลาดน้อยลง ได้วิธีการออกแบบที่มีประสิทธิภาพมากที่สุด ซึ่งการออกแบบเชิงวิศวกรรมจะถือว่าเป็นทั้งความสามารถในการแก้ปัญหาข้อจำกัด สร้างเกณฑ์ที่ใช้ประเมิน และการหาวิธีแก้ปัญหาได้

Teach Engineering STEM Curriculum for K-12 (2018) ได้กล่าวว่า การจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมว่า เป็นการสอนที่จะช่วยให้นักเรียนสามารถแก้ปัญหาได้ เป็นการส่งเสริมให้นักเรียนทำตามขั้นตอนของกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมเพื่อเสริมสร้างความเข้าใจ เป็นการเปิดกว้างทางความคิด เน้นการสร้างสรรค์และลงมือปฏิบัติจริง

Science Buddies (2019) ได้กล่าวว่า การจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมว่า เป็นขั้นตอนของการออกแบบเชิงวิศวกรรมที่วิศวกรทำตามเพื่อใช้ในการแก้ปัญหา ซึ่งจะแตกต่างจากขั้นตอนของวิธีการทางวิทยาศาสตร์สามารถนำมาใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนในชั้นเรียนเพื่อให้นักเรียนเรียนรู้การแก้ปัญหาได้

กมลฉัตร กล่อมอ้อม (2559) ได้กล่าวว่า การนำกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมมาประยุกต์เป็นการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมการเรียนรู้ผ่านกิจกรรมหรือโครงงานที่มุ่งเน้นการแก้ปัญหาที่พบเห็นในชีวิตจริง เพื่อสร้างเสริมประสบการณ์ ทักษะชีวิต นำไปสู่การสร้างนวัตกรรม

อภิสิทธิ์ ชงไชย (2559) ได้กล่าวว่า กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมในระดับการศึกษาขั้นพื้นฐาน หมายถึง กระบวนการของการแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบภายใต้ทรัพยากรหรือข้อจำกัดต่าง ๆ รวมถึงการวิเคราะห์ข้อดี ข้อด้อย และความคุ้มค่าเพื่อให้เกิดผลลัพธ์ที่เหมาะสมที่สุด

ผู้วิจัยสรุปได้ว่า การจัดการเรียนการสอนโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม หมายถึง วิธีการจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการ หรือขั้นตอนที่นำมาใช้แก้ปัญหาอย่างเป็นระบบ โดยเริ่มจากการระบุปัญหา ค้นหาแนวคิด และเลือกวิธีการแก้ปัญหาที่เหมาะสม และทดสอบวิธีการแก้ปัญหานั้น ๆ เพื่อสร้างหรือพัฒนาสิ่งประดิษฐ์ เป็นการเปิดกว้างทางความคิด เน้นการสร้างสรรค์ และลงมือปฏิบัติจริง ซึ่งต้องใช้องค์ความรู้ของวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยีและวิทยาศาสตร์เชิงวิศวกรรมมาประยุกต์ มุ่งเน้นการแก้ปัญหาที่พบเห็นในชีวิตจริง เพื่อสร้างเสริมประสบการณ์ทักษะชีวิต นำไปสู่การสร้างนวัตกรรม

3.2 ความสำคัญของกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

นักการศึกษากล่าวถึงความสำคัญของกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ดังนี้

National Research Council (2012) ได้กล่าวว่า ความสำคัญของการแก้ปัญหามาตามหลักวิศวกรรมศาสตร์สรุปได้ว่า การมีส่วนร่วมในการปฏิบัติงานด้านวิศวกรรมจะทำให้นักเรียนเข้าใจถึงความเชื่อมโยงของวิศวกรรมและวิทยาศาสตร์ และยังช่วยสร้างความเข้าใจถึงทั้ง 3 มิติหลักในการเรียนการสอน ได้แก่ ปฏิบัติการ (practices) มโนทัศน์ที่เป็นภาพรวมรอบด้าน (cross-cutting concept) และแนวคิดที่เป็นแก่นในด้านวิทยาศาสตร์ (core ideas in science) นอกจากนี้จะทำให้ความรู้ที่นักเรียนได้รับมีความหมายและสามารถนำไปใช้ได้ในชีวิตประจำวัน

Teach Engineering STEM Curriculum for K-12 (2018) ได้กล่าวว่า ความสำคัญของการจัดการเรียนรู้ตามกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมว่า จะช่วยให้กระตุ้นความสนใจของนักเรียน พัฒนาการเรียนรู้ของนักเรียนผ่านการลงมือทำช่วยพัฒนาลักษณะนิสัยของนักวิศวกร ได้แก่ การคิดสร้างสรรค์ การมองโลกในแง่ดี การคิดเชิงระบบ การทำงานอย่างร่วมมือรวมพลัง การสื่อสาร และจริยธรรม ซึ่งทั้งหมดนี้จำเป็นสำหรับพลเมืองในศตวรรษที่ 21 นอกจากนี้ยังช่วยพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ ช่วยสร้างวิธีการแก้ปัญหาที่เป็นนวัตกรรม และสามารถเปลี่ยนแปลงโลกให้ดีขึ้นได้

กมลวรรณ พงศนิพนทกุล (2557) ได้กล่าวว่า ในการสร้างสรรค์ หรือพัฒนาผลงาน หรือปรับปรุงระบบต่าง ๆ ที่เป็นการต้องการของมนุษย์ วิศวกรจะอาศัยกระบวนการคิดและตัดสินใจอย่างเป็นระบบบนพื้นฐานของการประยุกต์ความรู้ในด้านต่าง ๆ ซึ่งกระบวนการนี้เรียกว่า กระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม (Engineering Design Process)

กฤษฎดา ชูสินคุณาวุฒิ (2557) ได้กล่าวว่า ความสำคัญของกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมว่า จะช่วยให้นักเรียนเข้าใจถึงการทำงาน อย่างเป็นขั้นตอน รู้จักการวางแผนการแก้ปัญหา ใช้ทรัพยากรอย่างคุ้มค่าภายใต้ข้อจำกัด สามารถคิดค้นหาแนวทางที่หลากหลายเพื่อแก้ปัญหาได้อย่างเหมาะสมและเกิดประโยชน์สูงสุด

อภิสิทธิ์ ธงไชย (2559) ได้กล่าวว่า การผนวกแนวคิดของการออกแบบเชิงวิศวกรรมในการจัดการเรียนการสอนจะให้นักเรียนได้กระบวนการของการแก้ปัญหาที่มีได้หลากหลายแนวทาง สามารถประยุกต์ความรู้สู่การปฏิบัติเพื่อแก้ปัญหาหรือสร้างสรรค์ผลงานที่เชื่อมโยงกับชีวิตจริงมากขึ้น ทำให้นักเรียนเห็นถึงความสำคัญของการเรียนรู้ทักษะผู้รู้การสร้างสรรค์นวัตกรรม นอกจากนี้ยังช่วยฝึกทักษะสำคัญในหลายด้าน เช่น การแก้ปัญหา (problem-solving) การคิดอย่างมีวิจารณญาณ (critical thinking) ความคิดสร้างสรรค์ (creativity) และการคิดเชิงระบบ (systems thinking) เป็นต้น ซึ่งทักษะเหล่านี้ล้วนเป็นทักษะสำคัญของการทำงานในปัจจุบันและอนาคต

สุธิดา การิณี (2560) ได้กล่าวว่า ความสำคัญของการจัดการเรียนรู้ตามกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมว่า การเรียนรู้ตามกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมที่เน้นให้นักเรียนเรียนรู้ผ่านกระบวนการคิดสร้างสรรค์ การคิดเชิงสังเคราะห์ และการลงมือปฏิบัติเพื่อแก้ปัญหาหรือสนองความต้องการอย่างเป็นขั้นตอน โดยจะช่วยให้นักเรียนฝึกการคิดสร้างสรรค์และการคิดเชิงสังเคราะห์จากสถานการณ์ที่พบเห็นเพื่อทำการรวบรวมและกลั่นกรองข้อมูลจนได้ข้อมูลที่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ ตลอดจนมีการถ่ายทอดความคิด เพื่ออธิบายและสื่อสารแนวคิดให้ผู้อื่นเข้าใจ โดยแนวคิดเหล่านี้จะเป็นสิ่งที่น่าสนใจเสนอความคิดสร้างสรรค์และทักษะการแก้ปัญหานักเรียนแต่ละบุคคล

นอกจากนี้ สุธิดา การิณี (2560) ยังได้กล่าวว่า การใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมเพื่อเสริมสร้างความคิดสร้างสรรค์และทักษะการแก้ปัญหา สรุปได้ว่า กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมจะช่วยส่งเสริมทักษะการคิดสร้างสรรค์ ดังนี้ 1) ขั้นระบุปัญหา จะช่วยให้นักเรียนมองปัญหาต่างไปจากเดิมหรือมองต่างมุม เชื่อมโยงปัญหากับประสบการณ์เดิมของตนเองได้ 2) ขั้นรวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา จะช่วยให้นักเรียนคิดพิจารณาข้อมูลหลายประเภทที่จะนำมาใช้ประกอบการตัดสินใจ และมีการคัดเลือกแหล่งข้อมูลที่น่ามาใช้อย่างมีวิจารณญาณ 3) ขั้นตอนออกแบบวิธีการแก้ปัญหา จะช่วยให้นักเรียนคิดออกแบบผลงานที่แปลกใหม่ ไม่ซ้ำใคร และเป็นประโยชน์ต่อการแก้ปัญหา หรือสามารถคิดหาสิ่งอื่นมาทดแทนเพื่อประกอบการออกแบบได้ 4) ขั้นวางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา จะช่วยให้นักเรียนคิดดัดแปลงและออกแบบผลงาน จากวัสดุที่สามารถหาได้ง่ายในท้องถิ่น 5) ขั้นทดสอบประเมินผล และปรับปรุง จะช่วยให้นักเรียนฝึกการปรับปรุงผลงานให้มีคุณภาพมากขึ้น 6) นำเสนอวิธีการแก้ปัญหา จะช่วยให้นักเรียนสื่อสารให้ผู้อื่น

เข้าใจ นอกจากนี้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมจะช่วยให้นักเรียนเกิดทักษะการแก้ปัญหาผ่านการลงมือปฏิบัติจริงได้

ผู้วิจัยสรุปได้ว่า กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมมีความสำคัญ คือ กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมจะช่วยให้นักเรียนเกิดการประยุกต์ความรู้ และเรียนรู้ผ่านกระบวนการคิดต่าง ๆ ทั้งการคิดสร้างสรรค์ คิดสังเคราะห์ คิดอย่างมีวิจารณญาณ และการคิดแก้ปัญหา ผ่านการลงมือปฏิบัติเพื่อแก้ปัญหาหรือสนองความต้องการอย่างเป็นขั้นตอน โดยสามารถวิเคราะห์ปัญหาจากสถานการณ์ที่พบเห็น แล้วสามารถรวบรวมข้อมูลจากแหล่งสืบค้นในการศึกษาค้นคว้าในการแก้ปัญหาในวิธีที่หลากหลาย มีการออกแบบและวางแผน ทดสอบประเมินผลงาน ปรับปรุงแก้ไขให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น ทำให้ผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติจริง ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของทักษะที่จำเป็นในศตวรรษที่ 21 และช่วยให้การสร้างสิ่งประดิษฐ์ที่มีความแปลกใหม่และมีประสิทธิภาพมากขึ้น

3.3 ขั้นตอนของกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

จากการศึกษาพบว่ากระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมเป็นชุดของขั้นตอนที่วิศวกรใช้ในการแก้ปัญหา โดยมีนักวิชาการกำหนดรูปแบบของขั้นตอนต่าง ๆ ไว้มากมาย ดังนี้

National Research Council (2012) ได้กล่าวว่า ขั้นตอนของกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม (engineering design process) ที่จะต้องผนวกเข้าไปในการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ในปัจจุบัน ว่ามี 3 ขั้นตอนหลัก ได้แก่

- 1) การระบุปัญหา เงื่อนไข และข้อจำกัดที่เกี่ยวข้อง (Define) ซึ่งเป็นขั้นตอนที่นักเรียนทำความเข้าใจกับปัญหาหรือความต้องการให้มีความชัดเจน เพื่อให้สามารถแก้ปัญหาได้อย่างตรงประเด็นภายใต้ข้อจำกัดและเงื่อนไขต่าง ๆ
- 2) พัฒนาแนวทางการแก้ปัญหาและเลือกวิธีการที่เหมาะสมที่สุด (Develop solution) ในขั้นตอนนี้ นักเรียนต้องมีการสำรวจหรือรวบรวมข้อมูลจากแหล่งต่าง ๆ หรืออาจดำเนินการเก็บข้อมูลด้วยการทดลองเพื่อพิจารณาว่าปัจจัยใดมีส่วนช่วยในการแก้ปัญหาที่กำหนด และดำเนินการสร้างทางเลือกในการแก้ปัญหาพร้อมวิเคราะห์ทางเลือกที่ดีที่สุดหรือเหมาะสมที่สุดในการแก้ปัญหา
- 3) ดำเนินการแก้ปัญหตามแนวทางเลือกภายใต้เงื่อนไขและข้อจำกัดที่กำหนด (Optimize) ในขั้นตอนนี้ นักเรียนจะต้องลงมือปฏิบัติเพื่อทดสอบและปรับปรุงแก้ไขวิธีการที่ได้ออกแบบมาว่ามีความเหมาะสมหรือไม่ ซึ่งหากยังไม่เหมาะสมจะต้องวิเคราะห์ปัญหาใหม่

Museum of Science Boston (2018) ได้กล่าวว่า ขั้นตอนของการออกแบบเชิงวิศวกรรมที่ถูกพัฒนาและนำไปใช้ใน National Aeronautics and Space Administration (NASA) (2018) ไว้ 6 ขั้นตอน ดังนี้

1) ขั้นตั้งคำถาม (Ask) เป็นขั้นตอนที่นักเรียนจะระบุปัญหา กำหนดเกณฑ์และข้อจำกัดที่ต้องพิจารณา

2) ขั้นจินตนาการ (Imagine) เป็นขั้นตอนที่นักเรียนจะต้องระดมความคิดเพื่อหาวิธีการแก้ปัญหา และพิจารณาว่ามีใครเคยทำสิ่งนี้มาก่อนแล้วบ้าง

3) ขั้นวางแผน (Plan) เป็นขั้นตอนที่นักเรียนเลือกแนวคิดที่ดีที่สุดจากการระดมความคิดมา 2-3 แนวคิด เพื่อนำมาออกแบบโดยการร่างภาพ และเลือกนำมาออกแบบเพียงแนวคิดเดียว

4) ขั้นสร้าง (Create) เป็นขั้นตอนที่นักเรียนสร้างผลงานจำลองหรือต้นแบบที่สอดคล้องกับการออกแบบและสอดคล้องกับเงื่อนไขที่กำหนด

5) ขั้นทดสอบ (Test) เป็นขั้นตอนที่นักเรียนจะประเมินวิธีการแก้ปัญหาผ่านการทดสอบโดยมีการเก็บรวบรวมข้อมูลและวิเคราะห์จุดแข็ง ข้อจำกัดของการออกแบบที่เกิดขึ้นระหว่างการทดลอง

6) ขั้นพัฒนา (Improve) เป็นขั้นตอนที่นักเรียนมีการปรับปรุงพัฒนางานหลังจากได้รับผลการทดสอบ

Teach Engineering STEM Curriculum for K-12 (2018) ได้กล่าวว่า ขั้นตอนของกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมที่เหมาะสมกับการนำมาใช้ในการจัดการเรียนการสอนที่ถูกพัฒนาขึ้นโดยมหาวิทยาลัยโคโลราโด โบลเดอร์ (University of Colorado at Boulder) ประเทศอังกฤษ โดยนำเสนอไว้ 7 ขั้นตอน ดังนี้

1) ขั้นการตั้งคำถาม (Ask) เป็นขั้นที่ตั้งคำถามสำคัญเกี่ยวกับสิ่งที่ต้องการสร้าง รวมถึงปัญหาที่ต้องการแก้ไข ทำความเข้าใจกับปัญหาภายใต้ข้อจำกัดต่าง ๆ ระบุความต้องการและข้อจำกัดในการออกแบบ

2) ขั้นสืบค้น (Research) เป็นขั้นที่สืบค้นข้อมูล รวมถึงการหาข้อมูลจากบุคคลที่แตกต่างกัน เพื่อช่วยในการค้นหาแนวคิดในการแก้ปัญหาหรือออกแบบผลิตภัณฑ์ที่มีอยู่เดิมให้ดีขึ้น หรือปรับปรุงโดยใช้เทคโนโลยีเพื่อให้ตอบสนองกับความต้องการ

3) ขั้นจินตนาการ (Imagine) เป็นขั้นที่พัฒนาวิธีการที่เป็นไปได้ให้ได้มากที่สุด มีการระดมความคิดและการทำงานเป็นทีมในการระดมสมองเพื่อร่วมกันคิดวิธีการแก้ปัญหาให้ได้มากที่สุด

4) ขั้นวางแผน (Plan) เป็นขั้นที่มีการวิเคราะห์ และเปรียบเทียบแนวคิดแต่ละแนวคิด ข้อจำกัด และงานวิจัยก่อนหน้า และใช้ในการเลือกแนวคิดที่ดีที่สุดมาใช้แก้ปัญหา

5) ขั้นสร้าง (Create) เป็นขั้นที่สร้างต้นแบบหรือแบบจำลอง โดยใช้แนวคิดที่ดีที่สุดมาพัฒนาตามวัตถุประสงค์ พยายามสร้างสรรค์ผลงานและใช้จินตนาการในการออกแบบให้มากที่สุด

6) ขั้นการทดสอบ (Test) เป็นขั้นที่ทดสอบและประเมินผลการแก้ปัญหาหรือการทำงานของผลงานผ่านการทดสอบ มีการเก็บรวบรวมข้อมูลและวิเคราะห์ข้อดี ข้อจำกัดของผลงาน และประสิทธิภาพการทำงาน

7) ขั้นปรับปรุง (Improve) เป็นขั้นที่มีการปรับปรุงพัฒนาผลงาน หรือเกี่ยวกับวิธีการที่ต้องการปรับปรุงวิธีการแก้ปัญหาหรือผลงานโดยมีการแก้ไข หรือวาดออกแบบใหม่

ศูนย์ส่งเสริมศึกษาแห่งชาติ สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2557) ได้กล่าวว่า กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมซึ่งประกอบด้วยองค์ประกอบ 6 ขั้นตอน ได้แก่

1) ระบุปัญหา (Problem Identification) เป็นการทำความเข้าใจปัญหาหรือความท้าทาย วิเคราะห์เงื่อนไขหรือข้อจำกัดของสถานการณ์ปัญหา เพื่อกำหนดขอบเขตของปัญหา ซึ่งจะนำไปสู่การสร้างผลงานหรือวิธีการในการแก้ปัญหา

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

3) ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา (Solution Design) เป็นการประยุกต์ข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องเพื่อการออกแบบผลงานหรือวิธีการในการแก้ปัญหา โดยคำนึงถึงทรัพยากร ข้อจำกัดและเงื่อนไขตามสถานการณ์ที่กำหนด

4) วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา (Planning and Development) เป็นการกำหนดลำดับขั้นตอนของการสร้างผลงานหรือวิธีการ แล้วลงมือสร้างผลงานหรือพัฒนาวิธีการเพื่อใช้ในการแก้ปัญหา

5) ทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือผลงาน (Testing, Evaluation and Design Improvement) เป็นการทดสอบและประเมินการใช้งานของผลงานหรือวิธีการ โดยผลที่ได้สามารถนำมาใช้ในการปรับปรุงและพัฒนาให้มีประสิทธิภาพในการแก้ปัญหาได้อย่างเหมาะสมที่สุด

6) นำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาหรือผลงาน (Presentation) เป็นการนำเสนอแนวคิดและขั้นตอนการแก้ปัญหาของการสร้างผลงานหรือการพัฒนาวิธีการให้ผู้อื่นเข้าใจและได้ข้อเสนอแนะเพื่อการพัฒนาต่อไป

สุจิตา การมี (2560) ได้กล่าวว่า ขั้นตอนกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ซึ่งประกอบด้วย 6 ขั้นตอน ได้แก่

ขั้นที่ 1 ระบุปัญหา (Problem Identification) เป็นขั้นตอนที่ผู้แก้ปัญหาทำความเข้าใจในสิ่งที่ปัญหาในชีวิตประจำวันที่พบเจอ ซึ่งสามารถใช้ทักษะการตั้งคำถามด้วยหลัก 5W 1H เมื่อเกิดสถานการณ์ปัญหาหรือความต้องการ ซึ่งคำถามจากหลัก 5W 1H ประกอบด้วย

- Who เป็นการตั้งคำถามเกี่ยวกับบุคคลที่เกี่ยวข้องกับปัญหาหรือความต้องการ
- What เป็นการตั้งคำถามว่าปัญหาหรือความต้องการจากสถานการณ์นั้น คืออะไร
- When เป็นการตั้งคำถามว่าปัญหาหรือความต้องการของสถานการณ์นั้นจะเกิดขึ้น

เมื่อใด

- Where เป็นการตั้งคำถามว่าปัญหาหรือความต้องการของสถานการณ์นั้นจะ

เกิดขึ้นที่ไหน

- Why เป็นการตั้งคำถามเพื่อวิเคราะห์สาเหตุ ว่าทำไมถึงเกิดปัญหาหรือความ

ต้องการ

- How เป็นการตั้งคำถามเพื่อวิเคราะห์ถึงแนวทางหรือวิธีการแก้ปัญหาานั้นจะ

สามารถทำได้ด้วยวิธีการอย่างไร

ขั้นที่ 2 รวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา (Related Information Search) เป็นขั้นตอนที่รวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับปัญหาหรือความต้องการ และแนวทางการแก้ปัญหาหรือสนองความต้องการตามที่กำหนดไว้ในขั้นที่ 1 เพื่อหาวิธีการที่หลากหลายสำหรับการแก้ปัญหาหรือสนองความต้องการ โดยการค้นหาและรวบรวมข้อมูลจากแหล่งข้อมูลต่าง ๆ เช่น สอบถามจากผู้รู้ สืบค้นหรือสำรวจจากสื่อและแหล่งเรียนรู้ต่าง ๆ ซึ่งการค้นหาแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหานี้จะเป็นการศึกษาค้นคว้าความรู้จากทั้งวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ รวมทั้งศาสตร์อื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง จากนั้นนำข้อมูลที่รวบรวมได้มาวิเคราะห์และสรุปเป็นสารสนเทศและวิธีการแก้ปัญหาหรือสนองความต้องการ โดยวิธีการแก้ปัญหาหรือสนองความต้องการอาจมีได้มากกว่า 1 วิธี จากนั้นจึงพิจารณาและเลือกวิธีการแก้ปัญหาหรือสนองความต้องการที่เหมาะสมและสอดคล้องกับปัญหาหรือความต้องการในประเด็นต่าง ๆ เช่น ข้อดี ข้อเสีย ความสอดคล้องและการนำไปใช้ได้จริงของวิธีการแต่ละวิธี ดังนั้นวิธีการที่จะถูกพิจารณาคัดเลือกจะอยู่ภายใต้กรอบของปัญหาหรือความต้องการมาเป็นข้อมูลประกอบการตัดสินใจเลือก

ขั้นที่ 3 ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา (Solution Design) เป็นขั้นตอนของการออกแบบผลงานหรือวิธีการโดยการประยุกต์ข้อมูลที่ได้จากการรวบรวมในขั้นที่ 2 ซึ่งขั้นตอนนี้จะช่วยสื่อสารแนวคิดของการแก้ปัญหาให้ผู้อื่นเข้าใจโดยผ่านวิธีการต่าง ๆ เช่น การร่างภาพ การอธิบาย เป็นต้น

ขั้นที่ 4 วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา (Planning and Development) เป็นขั้นตอนของการวางลำดับขั้นตอนของการสร้างผลงานหรือวิธีการ จากนั้นจึงลงมือสร้างหรือพัฒนาผลงานหรือวิธีการ เพื่อที่จะนำผลลัพธ์ที่ได้ไปใช้ในการขั้นตอนต่อไป

ขั้นที่ 5 ทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือผลงาน (Testing, Evaluation and Design Improvement) เป็นขั้นตอนของการตรวจสอบและประเมินผล

งานวิธีการที่สร้างขึ้นว่า สามารถทำงานหรือใช้ในการแก้ปัญหาหรือสนองความต้องการได้หรือไม่มีข้อบกพร่องอย่างไร และควรปรับปรุงแก้ไขผลงานหรือแบบจำลองวิธีการในส่วนใด ควรปรับปรุงแก้ไขอย่างไร แล้วจึงดำเนินการปรับปรุงแก้ไขในส่วนนั้นจนได้ผลงานวิธีการที่สอดคล้องตามรูปแบบที่ออกแบบไว้

ขั้นที่ 6 นำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาหรือผลงาน (Presentation) เป็นขั้นตอนของการคิดวิธีการนำเสนอข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับผลงานหรือวิธีการที่สร้างขึ้นมาเพื่อแก้ปัญหาหรือสนองความต้องการ



ภาพที่ 2 กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

ที่มา: Krusmart. (2016). <http://www.krusmart.com/stem-approach/>

สำหรับงานวิจัยในครั้งนี้ผู้วิจัยได้นำขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมของศูนย์สะเต็มศึกษาแห่งชาติ สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2557) มาใช้เป็นหลักในการออกแบบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ เนื่องจากเป็นแนวคิดที่มีขั้นตอนที่ครอบคลุมสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของผู้วิจัยและเหมาะสมกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษา รวมถึงมีขั้นตอนในการสร้างทางเลือกที่หลากหลาย ส่งเสริมการพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์และถูกพัฒนาขึ้นเพื่อใช้ในการจัดการศึกษาโดยเฉพาะ มีแนวทางในการนำไปประยุกต์ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในบริบทต่าง ๆ หลายวิชา เช่น วิชาฟิสิกส์ วิชาเคมี วิชาชีววิทยา วิชาโลกและดาราศาสตร์ หรือวิชาเทคโนโลยี ซึ่งเหมาะสมต่อการนำไปใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในห้องเรียน ซึ่งประกอบด้วยองค์ประกอบ 6 ขั้นตอน สามารถสรุปได้ดังตารางที่ 11

ตารางที่ 11 บทบาทผู้สอนและผู้เรียนในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ โดยใช้กระบวนการ ออกแบบเชิงวิศวกรรม	บทบาทผู้สอน	บทบาทผู้เรียน
ขั้นที่ 1 ขั้นระบุปัญหา	- กำหนดสถานการณ์ปัญหาจากเรื่องที่เรียน หรือ ในชีวิตประจำวัน โดยตั้งเป็นประเด็นคำถาม	- วิเคราะห์สถานการณ์ปัญหาที่ผู้สอนกำหนด - อธิบายสถานการณ์ของปัญหา
ขั้นที่ 2 ขั้นรวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา	- ให้คำปรึกษา - อำนวยความสะดวก จัดหาอุปกรณ์ เอกสาร แหล่งเรียนรู้ต่าง ๆ	- ตั้งคำถามในประเด็นที่อยากรู้ - แบ่งงาน แบ่งหน้าที่ - ระดมสมองและช่วยกันสืบค้นข้อมูลเพิ่มเติม - ศึกษาข้อมูลจากแหล่งเรียนรู้ต่าง ๆ - บริหารเวลาในการดำเนินการ
ขั้นที่ 3 ขั้นออกแบบวิธีการแก้ปัญหา	- ให้คำปรึกษา - ใช้คำถามให้ผู้เรียนเกิดการสะท้อนคิดในการออกแบบ ความเหมาะสม สมเหตุสมผลและเป็นไปได้	- ระดมสมองช่วยกันออกแบบเพื่อใช้ในการแก้ไขสถานการณ์ปัญหาและตรงตามเงื่อนไขที่กำหนด - คำนึงถึงความเหมาะสม สมเหตุสมผลและเป็นไปได้
ขั้นที่ 4 ขั้นวางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา	- ให้คำปรึกษา - อำนวยความสะดวก จัดหาอุปกรณ์ เอกสาร แหล่งเรียนรู้ต่าง ๆ - พิจารณาความเหมาะสมและเป็นไปได้ในการสร้างและเลือกใช้อุปกรณ์ที่ผู้สอนเตรียมไว้	- วางแผนและเลือกวัสดุ/อุปกรณ์ในการสร้างตามที่ได้ออกแบบไว้อย่างเป็นลำดับขั้นตอน - สร้างผลงานที่นักเรียนคิดค้นโดยระมัดระวังในการใช้อุปกรณ์

ตารางที่ 11 (ต่อ)

การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ โดยใช้กระบวนการ ออกแบบเชิงวิศวกรรม	บทบาทผู้สอน	บทบาทผู้เรียน
ขั้นที่ 5 ขั้นทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุง แก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือ นวัตกรรม	- ตั้งคำถามเพื่อให้ผู้เรียนคิด วิเคราะห์เกี่ยวกับแนวทางในการ แก้ไข	นำผลงานที่สร้างไปทดสอบว่า ตรงตามเงื่อนไขของ สถานการณ์ปัญหาหรือไม่ ถ้าไม่ตรงตามเงื่อนไข ร่วมกัน วิเคราะห์ถึงสาเหตุ ปรับปรุง แก้ไขแล้วนำไปทดสอบอีกครั้ง
ขั้นที่ 6 ขั้นนำเสนอวิธีการ แก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหา หรือผลงาน	- ผู้สอนประเมินผลการเรียนรู้ - ผู้สอนเสนอแนะเพิ่มเติมเพื่อให้ ได้ข้อมูลที่สมบูรณ์มากขึ้นและ สามารถนำไปพัฒนาต่อยอดได้	- เลือกวิธี/รูปแบบการนำเสนอ ผลงานที่น่าสนใจ - นำเสนอผลงานเกี่ยวกับ ขั้นตอนการสร้างผลงาน หรือ วิธีแก้ปัญหา และผลลัพธ์ที่ได้

3.4 ความสัมพันธ์ระหว่างกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมศาสตร์และวิธีการทาง วิทยาศาสตร์

จากการศึกษา พบว่า กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมมีขั้นตอนคล้ายคลึงกับขั้นตอน
ของวิธีการทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งได้มีนักการศึกษาได้อธิบายไว้ ดังนี้

National Research Council (2012) ได้กล่าวว่า แนวทางในการพัฒนาการสืบสอบ
(Inquiry) ร่วมกับออกแบบ (Design) ที่จะทำให้นักเรียนเข้าใจแนวปฏิบัติของนักวิทยาศาสตร์และ
วิศวกร คือการออกแบบกิจกรรมเป็น 3 ส่วน ซึ่งในส่วนแรกของกิจกรรมจะเน้นที่การตรวจสอบเชิง
ประจักษ์ ส่วนที่สองจะเน้นที่การสร้างคำอธิบายออกแบบโดยใช้เหตุผล ความคิดสร้างสรรค์ และใช้
แบบจำลอง และในส่วนที่สามจะเป็นการพัฒนาแบบจำลองและอธิบายตามหลักฐานหรือผลิตภัณฑ์ที่
ได้ โดยทั้ง 3 ส่วนจะมีการวิเคราะห์ ได้แย้ง และประเมินค่ารวมอยู่ด้วย

นอกจากนี้ National Research Council (2012) ยังได้กล่าวว่า ความสัมพันธ์ระหว่าง
วิศวกรรมศาสตร์และวิทยาศาสตร์ไว้ว่า ทั้ง 2 กระบวนการนี้มีความคล้ายกันในส่วนของการ
สร้างสรรค์ที่ไม่ได้มีเพียงวิธีการเดียว ซึ่งในแง่ของวิทยาศาสตร์นั้นการสืบสอบทางวิทยาศาสตร์
สามารถทำได้หลายวิธีเช่นเดียวกับการออกแบบเชิงวิศวกรรมที่มีการแก้ปัญหามากมาย และ

นำมาประเมินเพื่อเลือกใช้วิธีการที่เหมาะสมที่สุด แต่สิ่งแตกต่างกัน คือ วิทยาศาสตร์จะมุ่งเน้นไปที่การพัฒนาคำอธิบายทางทฤษฎีที่สอดคล้องกับปรากฏการณ์ทางธรรมชาติโดยไม่คำนึงถึงการนำไปใช้งาน แต่วิศวกรรมจะเน้นไปที่การนำทฤษฎีมาใช้แก้ปัญหาในชีวิตจริง ซึ่งทั้ง 2 กระบวนการจะมีการโต้แย้ง แต่ในทางวิศวกรรมจะเป็นการโต้แย้งที่มีเป้าหมายเพื่อประเมินการแก้ปัญหาที่คาดหวัง เพื่อให้การออกแบบนั้นมีประสิทธิภาพมากที่สุด และทำให้ได้วิธีการแก้ปัญหาใหม่ แต่ในทางวิทยาศาสตร์การโต้แย้งจะมีเป้าหมายในการค้นหาทฤษฎีที่เชื่อมโยงกันและครอบคลุมสำหรับปรากฏการณ์ต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง เป็นการหาคำอธิบายที่ดีที่สุดหรือการพัฒนาทฤษฎีใหม่ที่ครอบคลุมมากขึ้น

Tayal (2013) และ Science Buddies (2019) ได้กล่าวว่า การเปรียบเทียบระหว่างกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมและวิธีการทางวิทยาศาสตร์ ไว้ว่า นักวิทยาศาสตร์ศึกษาเกี่ยวกับวิธีการทำงานของธรรมชาติแต่วิศวกรจะศึกษาเกี่ยวกับการสร้างสิ่งใหม่ ๆ จึงทำให้วัตถุประสงค์ในการทำงานแตกต่างกัน นักวิทยาศาสตร์ทำการทดลองโดยใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ในขณะที่วิศวกรจะปฏิบัติตามหลักการออกแบบเชิงวิศวกรรม เน้นความคิดสร้างสรรค์และกระบวนการออกแบบ

อภิสิทธิ์ ชงไชย (2559) ได้กล่าวว่า วิธีการทางวิทยาศาสตร์และการออกแบบเชิงวิศวกรรม มีความคล้ายคลึงกัน แต่มีจุดต่างอยู่ 2 ส่วนสำคัญ คือ 1) วิทยาศาสตร์เริ่มจากการตั้งคำถาม ในขณะที่วิศวกรเริ่มจากการกำหนดปัญหา และ 2) วิทยาศาสตร์เน้นสร้างคำอธิบาย ในขณะที่วิศวกรเน้นสร้างแนวทางแก้ปัญหา

ผู้วิจัยสรุปได้ว่า วิธีการทางวิทยาศาสตร์และกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม มีขั้นตอนที่คล้ายกัน ต่างกันที่กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมจะเน้นที่การสร้างแนวทางในการแก้ปัญหาในชีวิตประจำวันและลงมือปฏิบัติในการสร้างเครื่องมือในการแก้ปัญหานั้น ๆ และนำมาแก้ปัญหาในชีวิตจริง ไม่เน้นในด้านศึกษาปรากฏการณ์ธรรมชาติ ทำให้มีขั้นตอนของการสร้างแนวคิดที่หลากหลายและพิจารณาแนวคิดที่ดีที่สุดมาทดสอบประสิทธิภาพโดยใช้แบบจำลองแทนการทดลองทางวิทยาศาสตร์

3.5 แนวทางในการจัดการเรียนการสอนโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

การนำกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมมาใช้ในการจัดการเรียนการสอนได้มีนักการศึกษาหลายท่านได้เสนอแนวทางไว้ ดังนี้

Tayal (2013) ได้กล่าวว่า การใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมกับนักเรียนว่าสิ่งสำคัญของกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม 2 ประการ คือ กระบวนการออกแบบและการทำงานเป็นทีม ซึ่งจะให้นักเรียนออกแบบเป็นกลุ่มเล็ก ๆ โดยใช้ขั้นตอนของกระบวนการออกแบบเชิง

วิศวกรรม และมีการเคารพแนวคิดทั้งหมดที่ได้จากการระดมสมอง และมีการตัดสินใจโดยเคารพเสียงข้างมาก ในขั้นสุดท้ายจะต้องเพิ่มเติมการออกแบบที่สร้างสรรค์ เพื่อให้เขาปรับปรุงหรือขยายแนวคิดเดิม มีการเสริมแรงว่าเป้าหมายสุดท้ายของการออกแบบจะต้องมีการผสมผสานระหว่างประโยชน์ใช้สอยกับความคิดสร้างสรรค์

Grubbs & Strimel (2015) ได้กล่าวว่า การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมสามารถทำได้ 2 วิธี ได้แก่ วิธีที่ 1) เป็นการให้นักเรียนมีส่วนร่วมในกิจกรรมที่เรียบง่าย มีการปฏิบัติจริงแต่ไม่สมจริง กิจกรรมนี้จะดึงดูดความสนใจนักเรียนให้เกิดความท้าทายในด้านวิศวกรรม ซึ่งจะพบมากในกิจกรรมหลักสูตรวิศวกรรมของประเทศสหรัฐอเมริกา (K-12 engineering curricula) เช่น การสร้างหอคอยที่สูงที่สุดโดยใช้มาร์ชเมลโลว์และเส้นสปาเก็ตตี้ ซึ่งอาจจะเป็นกิจกรรมที่ขาดความถูกต้องและอาจไม่ได้มอบทักษะที่จำเป็นในการออกแบบและสร้างวิธีการแก้ปัญหาที่ใช้ได้จริง แต่สามารถนำมาใช้สำหรับการสอนในแต่ละหัวข้อได้ ส่วนวิธีที่ 2) เป็นการให้นักเรียนมีโอกาสในการเลือกวัสดุอุปกรณ์และทรัพยากรต่าง ๆ เพื่อให้แก้ปัญหาจริง จะต้องใช้ความรู้ในการนำไปประยุกต์เป็นความรู้ใหม่ โดยได้นำเสนอสถานการณ์เพื่อสร้างเป็นปัญหาเชิงวิศวกรรมให้กับนักเรียน สำหรับกิจกรรมนี้ นักเรียนอาจไม่ได้ถูกดึงดูดให้แก้ปัญหาในชีวิตจริง เนื่องจากนักเรียนจะได้รับปัญหาในการแก้ไขก่อนจากนั้นจึงได้รับคำแนะนำจากอาจารย์ผู้สอนในการพัฒนาแบบจำลองของตัวเอง

National Aeronautics and Space Administration (NASA) (2018) ได้กล่าวว่า แนวทางจัดการเรียนการสอนโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมจะช่วยพัฒนาทักษะในศตวรรษที่ 21 ทักษะการสื่อสาร และการสร้างนวัตกรรม โดยพัฒนาแผนการจัดการเรียนรู้ที่นำขั้นตอนการออกแบบเชิงวิศวกรรม 6 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นตอนคำถาม ขั้นตอนจินตนาการ ขั้นตอนวางแผน ขั้นตอนสร้างขั้นตอนทดสอบ และขั้นตอนพัฒนา เข้ามาประยุกต์ในการสอนในเนื้อหาวิชาฟิสิกส์และอวกาศ ซึ่งในแต่ละกิจกรรมนั้นจะเริ่มจากครูกำหนดวัตถุประสงค์ วัสดุที่ต้องการใช้ และความท้าทายในการออกแบบเพื่อกระตุ้นนักเรียนให้ลงมือทำกิจกรรม และนักเรียนจะได้รับข้อมูลพื้นฐาน คำแนะนำสำหรับแต่ละขั้นตอนของกระบวนการ มีการตั้งคำถามเพื่อกระตุ้นให้นักเรียนคิด นักเรียนจะทำงานร่วมกันเพื่อหาทางออกที่ดีที่สุด ซึ่งกิจกรรมที่ได้นำเสนอได้แก่ การออกแบบนาฬิกาน้ำให้มีความแม่นยำที่สุด การออกแบบระบบสื่อสารโดยใช้ด้ายและเชือก การออกแบบเชื้อเพลิงสีเขียวเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพให้ยานอวกาศกระป๋อง การออกแบบอุปกรณ์สำหรับลากรัมชูชีพ การออกแบบเรือใบแสงอาทิตย์ เป็นต้น

กมลฉัตร กล่อมอ้อม (2559) ได้กล่าวว่า การใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมในห้องเรียน หัวข้อกระบวนการออกแบบห้องทำความเย็น ตามแนวคิดของศูนย์สะเต็มศึกษาแห่งชาติ โดยมีขั้นตอนดังนี้ 1) การระบุปัญหา ได้อธิบายสถานการณ์ว่า ในสภาพอากาศที่ร้อนอบอ้าวจะต้องเก็บผักผลไม้ไว้ในที่อุณหภูมิต่ำเสมอ จึงเกิดคำถามว่า จะสร้างตู้หรือห้องที่มีอุณหภูมิต่ำตลอดเวลาแม้

อุณหภูมิภายนอกจะสูงได้อย่างไร 2) การค้นหาแนวคิดที่เกี่ยวข้อง ได้ศึกษาแนวคิดวิทยาศาสตร์ 2 แนวคิด ได้แก่ การดูดความร้อนจะทำให้สถานะของสารเปลี่ยนจากของเหลวเป็นไอ และสารในสถานะไอจะเปลี่ยนกลับเป็นของเหลวเมื่อได้รับความดันที่สูงขึ้น จึงได้แนวคิดว่าหากนำสารที่สามารถเปลี่ยนสถานะได้ง่ายและมีสมบัติถ่ายเทความร้อนได้ดีมาใช้ (ในที่นี้จะนำมอเตอร์มาสร้างแรงอัด) 3) การทดสอบและประเมินผล มีการออกแบบอุปกรณ์ และทดลองการถ่ายเทความร้อน 4) การวางแผนพัฒนา ออกแบบกระบวนการที่ใช้ต้นทุนต่ำ แต่มีประสิทธิภาพตามที่ต้องการ โดยเลือกวัสดุต่าง ๆ เหมาะสมและคำนวณขนาดอุปกรณ์ต่าง ๆ เช่น มอเตอร์เป็นต้น และใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ เพื่อให้การถ่ายเทความร้อนเหมาะสมกับขนาดห้องทำความเย็น 5) การนำเสนอผลลัพธ์ นำกระบวนการออกแบบมานำเสนอต่อผู้สนใจ เพื่อให้เกิดการผลิตในจำนวนมากและใช้งานในวงกว้างต่อไป

ผู้วิจัยสรุปได้ว่า แนวทางการจัดการเรียนการสอนโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมควรเน้นไปที่กระบวนการออกแบบและการทำงานเป็นทีม การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมสามารถทำได้ 2 วิธี ได้แก่ วิธีที่ 1) เป็นการให้นักเรียนมีส่วนร่วมในกิจกรรมที่เรียบง่าย ส่วนวิธีที่ 2) เป็นการให้นักเรียนมีโอกาสนในการเลือกวัสดุอุปกรณ์และทรัพยากรต่าง ๆ เพื่อให้แก้ปัญหาจริง จะต้องใช้ความรู้ในการนำไปประยุกต์เป็นความรู้ใหม่ มีการกระตุ้นให้นักเรียนลงมือทำกิจกรรม มีการตรวจสอบประสิทธิภาพและปรับปรุงผลงานของตนเอง

4. แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้

4.1 ความหมายของแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้

ทิศนา ขัมมณี (2545) ได้กล่าวว่า แผนการสอนเป็นสิ่งที่มีความสำคัญและจำเป็นอย่างยิ่งในการนำหลักสูตรไปปรับใช้ระดับชั้นเรียนและแผนการสอนเป็นสิ่งที่ช่วยให้ครูได้วางแผนการสอนเตรียมการสอนไว้ล่วงหน้า อันจะส่งผลให้การจัดกิจกรรมการเรียนการสอนได้ผลอย่างมีประสิทธิภาพ

สุวิทย์ มูลคำ (2549) ได้กล่าวว่า แผนการจัดการเรียนรู้ว่าเป็นการเตรียมการสอนหรือกำหนดกิจกรรมการเรียนรู้อย่างเป็นระบบและจัดทำไว้เป็นลายลักษณ์อักษร โดยรวบรวมข้อมูลต่าง ๆ มากำหนดกิจกรรมการเรียนการสอน เพื่อให้ผู้เรียนบรรลุจุดมุ่งหมายที่กำหนดไว้ โดยเริ่มจากการกำหนดวัตถุประสงค์ให้ผู้เรียนเกิดการเปลี่ยนแปลงด้านใด จะจัดกิจกรรมการเรียนการสอนวิธีใด ใช้สื่อการเรียนการสอนหรือแหล่งเรียนรู้ใดและจะประเมินผลอย่างไร

ขวลิท ชูกำแพง (2553) ได้กล่าวว่า แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ หมายถึง เอกสารที่เป็นลายลักษณ์อักษรของผู้สอน ซึ่งเป็นแนวทางในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในแต่ละครั้ง โดยใช้สื่อและอุปกรณ์การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ให้สอดคล้องกับตัวชี้วัด เนื้อหา เวลา เพื่อพัฒนาการเรียนรู้ของผู้เรียนให้เป็นไปอย่างเต็มศักยภาพ

วิลรัตน์ สุนทรโรจน์ (2553) ได้กล่าวว่า แผนการสอน คือ แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ การสอน การใช้สื่อการสอน การวัดผลประเมินผลให้สอดคล้องกับเนื้อหาและจุดประสงค์ที่กำหนดไว้ในหลักสูตรหรือเป็นแผนที่ผู้สอนจัดทำขึ้นจากคู่มือครูหรือแนวการสอนของกรมวิชาการทำให้ผู้สอนทราบว่าสอนเนื้อหาใด เพื่อจุดประสงค์ใด สอนอย่างไร ใช้อะไรเป็นสื่อและวัดประเมินผลโดยวิธีใด

ผู้วิจัยสรุปได้ว่า แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ หมายถึง เอกสารที่เป็นลายลักษณ์อักษรของผู้สอน ซึ่งเป็นแนวทางในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในรายวิชาใดวิชาหนึ่งในแต่ละครั้งอย่างเป็นระบบ โดยมีการใช้สื่อ อุปกรณ์ การวัดและประเมินผลให้สอดคล้องกับตัวชี้วัด เนื้อหา เวลาที่กำหนดไว้ในหลักสูตรเพื่อพัฒนาการเรียนรู้ของผู้เรียนให้เป็นไปอย่างเต็มศักยภาพ

4.2 ความสำคัญของแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้

ชลิต ชูกำแพง (2551) ได้กล่าวว่า ความสำคัญของแผนการจัดการเรียนรู้ไว้ ดังนี้

1. ช่วยให้ครูมีความรู้ ความเข้าใจในจุดมุ่งหมายของเรื่องที่จะจัดกิจกรรมได้เหมาะสมกับวัยของผู้เรียน มีคุณภาพตรงกับเจตนารมณ์ของหลักสูตรซึ่งส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ตามลำดับขั้นตอนและทันเวลา
2. ช่วยให้ครูมีความเชื่อมั่นในตนเองมากยิ่งขึ้น เมื่อได้เตรียมการสอนอย่างดีแล้ว การสอนก็จะเป็นไปอย่างเรียบร้อย
3. ทำให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ได้เร็ว เพราะเมื่อครูเตรียมการสอนอย่างดีย่อมทำให้การจัดกิจกรรมเป็นไปตามขั้นตอนจนผู้เรียนได้รับความรู้ความเข้าใจเร็วขึ้น
4. ทำให้ผู้เรียนเกิดเจตคติที่ดีต่อกลุ่มประสบการณ์ที่เรียน การที่ครูเตรียมการสอนทำให้ครูมีความมั่นใจในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนและจัดกิจกรรมได้เหมาะสมกับวัยของผู้เรียน
5. ทำให้นักเรียนเลื่อมใสศรัทธาในตัวครู เพราะครูมีความมั่นใจ มีการเตรียมการเรียนการสอนมาอย่างดี กระบวนการเรียนการสอนเป็นไปตามระบบอย่างมีประสิทธิภาพ
6. ถ้าครูมีความจำใจไม่ได้สอนด้วยตนเอง ผู้มาสอนแทนก็สามารถสอนแทนได้บรรลุตามจุดประสงค์ที่กำหนด
7. ทำให้การประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนไปตามจุดประสงค์ที่กำหนดไว้ ช่วยให้ครูสามารถวินิจฉัยจุดอ่อนของผู้เรียนที่จะได้รับการแก้ไขและทราบจุดเด่นที่ควรได้รับการส่งเสริมต่อไป
8. ครูผู้สอนสามารถใช้เป็นข้อมูลที่ต้องการ เที่ยงตรง เพื่อเสนอแนะแก่บุคคลากรและหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง ช่วยให้ผู้บริหารหรือผู้ที่เกี่ยวข้องได้ทราบขั้นตอนกระบวนการต่าง ๆ ในการสอนของครูเพื่อการนิเทศติดตามผลการสอนได้อย่างมีประสิทธิภาพ
9. เป็นการพัฒนาวิชาชีพที่แสดงว่าการสอนต้องได้รับการฝึกฝนที่มีความเชี่ยวชาญ โดยเฉพาะ มีเครื่องมือและเอกสารที่จำเป็นสำหรับการประกอบวิชาชีพ

10. เป็นผลงานทางวิชาการอย่างหนึ่ง que แสดงให้เห็นถึงความชำนาญหรือความเชี่ยวชาญของผู้จัดทำแผนการจัดการเรียนรู้ ซึ่งสามารถนำไปพัฒนางานในหน้าที่และเสนอเลื่อนระดับให้สูงขึ้น

วิลรัตน์ สุนทรโรจน์ (2553) ได้กล่าวว่า ความสำคัญของแผนการจัดการเรียนรู้ว่าเปรียบได้กับพิมพ์เขียวของวิศวกรหรือสถาปนิก ที่ใช้เป็นหลักในการควบคุมงานก่อสร้าง วิศวกรหรือสถาปนิกจะขาดพิมพ์เขียวไม่ได้ฉันใด ผู้เป็นครุก็ขาดแผนการจัดการเรียนรู้ไม่ได้ฉันนั้น ยิ่งผู้สอน ได้ทำแผนการสอนด้วยตนเองก็จะยิ่งให้ประโยชน์ต่อตนเองมากเพียงนั้น ผลดีของการจัดทำแผนการจัดการเรียนรู้ คือ ทำให้เกิดการวางแผนวิธีสอน วิธีเรียนที่มีความหมายมากขึ้น เพราะเป็นการจัดทำอย่างมีหลักการ ที่ถูกต้อง ช่วยให้ครุมีสื่อการสอนที่จัดทำด้วยตนเอง ทำให้เกิดความสะดวกในการจัดการเรียนการสอน ทำให้สอนได้ครบถ้วนตามหลักสูตรและสอนได้ทันเวลา เป็นผลงานทางวิชาการที่สามารถเผยแพร่เป็นตัวอย่างได้และช่วยให้ความสะดวกแก่ครุผู้สอนแทนในกรณีที่ครุผู้สอนไม่สามารถเข้าสอนได้

ผู้วิจัยสรุปได้ว่า แผนการจัดการเรียนรู้เปรียบเสมือนแผนปฏิบัติงานของครุในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน ถ้าครุมีการเตรียมแผนการจัดการเรียนรู้ไว้ล่วงหน้าจะทำให้การสอนสำเร็จไปด้วยดี ครุผู้สอนมีความเชื่อมั่นในตนเอง สอนได้ครบถ้วนตามหลักสูตร เพราะมีการเตรียมตัวในการสอนมาเป็นอย่างดี อีกทั้งยังเป็นผลงานทางวิชาการที่สามารถเผยแพร่เป็นตัวอย่างให้ครุผู้อื่นได้ศึกษา ผู้เรียนเกิดความเชื่อมั่นในตัวครุและในเนื้อหาที่เรียน จึงทำให้กระบวนการเรียนการสอนเป็นไปตามระบบอย่างมีประสิทธิภาพ

4.3 องค์ประกอบของแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้

ณัฐฉัตติ กิจรุ่งเรือง และคณะ (2545) ได้กล่าวว่า นักการศึกษาทั้งชาวต่างประเทศและชาวไทยมีแนวคิดเกี่ยวกับองค์ประกอบของแผนการจัดการเรียนรู้คล้ายคลึงกัน ในองค์ประกอบหลักแต่แตกต่างกันออกไปในบางประเด็น ซึ่งขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ของการนำไปใช้ อย่างไรก็ดี เมื่อนำมาวิเคราะห์แล้วพบว่าแผนการจัดการเรียนรู้ควรมีองค์ประกอบสำคัญ ดังนี้

1. หัวเรื่อง (Heading)
2. สารสำคัญ (Concept)
3. จุดประสงค์การเรียนรู้ (Objective)
4. เนื้อหาสาระ (Content)
5. กิจกรรมการเรียนรู้ (Activities)
6. สื่อการเรียนรู้ (Material & Media)
7. การวัดและประเมินผลการเรียนรู้ (Assessment)

วิลรัตน์ สุนทรโรจน์ (2550) ได้กล่าวว่า องค์ประกอบของแผนการจัดการเรียนรู้ไว้ว่า องค์ประกอบของแผนการจัดการเรียนรู้เกิดขึ้นจากความพยายามตอบคำถามต่อไปนี้

1. จัดการเรียนรู้อะไร (หน่วย หัวเรื่อง ความคิดรวบยอดหรือสาระสำคัญ)
2. เพื่อจุดประสงค์อะไร (จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม)
3. ตัวสาระอะไร (โครงร่างเนื้อหา)
4. ใช้วิธีการใด (กิจกรรมการจัดการเรียนรู้)
5. ใช้เครื่องมืออะไร (สื่อการเรียนรู้)
6. ทราบได้อย่างไรว่าประสบความสำเร็จหรือไม่ (วัดผลประเมินผล) เพื่อตอบคำถาม

ดังกล่าวจึงกำหนดให้แผนการจัดการเรียนรู้มีองค์ประกอบ ดังนี้

1. กลุ่มสาระการเรียนรู้ หน่วยที่จัดการเรียนรู้และสาระสำคัญ (ความคิดรวบยอดของเรื่อง)
2. จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม
3. สาระการเรียนรู้
4. การจัดกิจกรรมการเรียนรู้
5. สื่อการเรียนรู้
6. การวัดและประเมินผล

ผู้วิจัยสรุปได้ว่า องค์ประกอบของแผนการจัดการเรียนรู้คล้ายคลึงกันในองค์ประกอบหลัก แต่แตกต่างกันออกไปในบางประเด็น ซึ่งขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ของการนำไปใช้ โดยมีองค์ประกอบสำคัญ คือ สาระสำคัญ จุดประสงค์การเรียนรู้ เนื้อหาสาระ กิจกรรมการเรียนการสอนและการวัดผล และประเมินผลในการจัดทำแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้

4.4 รูปแบบของแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้

ณัฐวุฒิ กิจรุ่งเรือง และคณะ (2545) ได้กล่าวว่า รูปแบบของแผนการจัดการเรียนรู้มีหลายรูปแบบขึ้นอยู่กับดุลพินิจของหน่วยงานต้นสังกัด สถานศึกษาหรือผู้สอนที่จะเลือกใช้รูปแบบที่คิดว่าจะมีความเหมาะสมและสะดวกต่อการนำไปใช้อย่างมีประสิทธิภาพ ทั้งนี้รูปแบบของแผนการจัดการเรียนรู้ที่นิยมโดยทั่วไป มีดังนี้

4.4.1 แผนการจัดการเรียนรู้แบบบรรยายหรือแบบเรียงหัวข้อ

แผนการจัดการเรียนรู้ชนิดนี้จะเป็นการเขียนรายละเอียดขององค์ประกอบแต่ละองค์ประกอบของแผนการจัดการเรียนรู้ตามลำดับโดยใช้ความเรียงเป็นรูปแบบที่ได้รับความนิยมแต่มีข้อจำกัดกรณีรายละเอียดอยู่คนละหน้ากัน เนื่องจากยากต่อการมองเห็นถึงความสัมพันธ์ของแต่ละองค์ประกอบ

ตัวอย่างรูปแบบของแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบบรรยายหรือแบบเรียงหัวข้อ

แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่.....

กลุ่มสาระการเรียนรู้..... ชั้น..... ภาคเรียนที่.....

เรื่อง..... ระยะเวลา..... ชั่วโมง

สาระสำคัญ

.....

จุดประสงค์

.....

เนื้อหาสาระ

.....

กิจกรรมการเรียนรู้

.....

สื่อการเรียนรู้

.....

การวัดและประเมินผลการเรียนรู้

.....

พูน ปณ ภิโต ชีเว

4.4.2 แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบตาราง

ตัวอย่างรูปแบบของแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบบรรยายหรือแบบเรียงหัวข้อ

แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่.....

กลุ่มสาระการเรียนรู้..... ชั้น..... ภาคเรียนที่.....

เรื่อง..... ระยะเวลา..... ชั่วโมง

สาระสำคัญ	จุดประสงค์การเรียนรู้	เนื้อหาสาระ	กิจกรรมการเรียนรู้	สื่อการเรียนรู้	การวัดและประเมินผลการเรียนรู้	หมายเหตุ

ผู้วิจัยสรุปได้ว่า รูปแบบของแผนการจัดการเรียนรู้ว่ามีหลายรูปแบบขึ้นอยู่กับดุลพินิจของหน่วยงานต้นสังกัดสถานศึกษาหรือผู้สอนที่จะเลือกใช้รูปแบบที่คิดว่ามีความเหมาะสมและสะดวกต่อการนำไปใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ทั้งนี้รูปแบบของแผนการจัดการเรียนรู้ที่นิยมโดยทั่วไป ได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้แบบบรรยายหรือแบบเรียงหัวข้อ และแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบตาราง ซึ่งผู้วิจัยได้เลือกใช้รูปแบบแผนการจัดการเรียนรู้แบบบรรยายหรือแบบเรียงหัวข้อตามหน่วยงานต้นสังกัดสถานศึกษา

5. ประสิทธิภาพของแผนการจัดการเรียนรู้

5.1 ความหมายของประสิทธิภาพ

เผชิญ กิจระการ (2544) กล่าวว่า ประสิทธิภาพของแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ หมายถึง ผลรวมของการหาคุณภาพ (Quality) ทั้งเชิงปริมาณที่แสดงเป็นตัวเลข (Quantitative) และเชิงคุณภาพ (Qualitative) ที่แสดงเป็นภาษาที่เข้าใจได้ เป็นผลที่แสดงถึงผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ตามจุดประสงค์ที่ถูกต้องถึงระดับเกณฑ์ที่คาดหวัง

วาโร เพ็งสวัสดิ์ (2546) กล่าวว่า ประสิทธิภาพของนวัตกรรมทางการศึกษา หมายถึง ระดับประสิทธิภาพของนวัตกรรมที่จะช่วยให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ เป็นระดับที่ผู้ผลิตนวัตกรรมพึงพอใจว่า ถ้าหากนวัตกรรมมีประสิทธิภาพถึงระดับที่กำหนดแล้วก็มีคุณค่าพอที่จะนำไปใช้ได้ และคุ้มค่าแก่การ

ลงทุนผลิตออกมา การกำหนดเกณฑ์ประสิทธิภาพประเมินพฤติกรรมผู้เรียน 2 ประเภท คือ พฤติกรรมต่อเนื่อง (กระบวนการ) และพฤติกรรมขั้นสุดท้าย (ผลลัพธ์)

ชัยยงค์ พรหมวงศ์ (2556) กล่าวว่า ประสิทธิภาพประสิทธิภาพของนวัตกรรมทางการศึกษา หมายถึง การนำสื่อหรือชุดการสอนไปทดสอบด้วยกระบวนการสองขั้นตอน คือ การทดสอบ ประสิทธิภาพใช้เบื้องต้น (Try Out) และทดสอบประสิทธิภาพสอนจริง (Trial Run) เพื่อหาคุณภาพของสื่อตามขั้นตอนที่กำหนดใน 3 ประเด็น คือ การทำให้ผู้เรียนมีความรู้เพิ่มขึ้น การช่วยให้ผู้เรียนผ่านกระบวนการเรียนและทำแบบประเมินสุดท้ายได้ดี และการทำให้ผู้เรียนมีความพึงพอใจ นำผลที่ได้มาปรับปรุงแก้ไข ก่อนที่จะผลิตออกมาเผยแพร่เป็นจำนวนมาก

ผู้วิจัยสรุปได้ว่า ประสิทธิภาพของแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ หมายถึง การประเมินความสามารถของแผนการสอนหรือสื่อการเรียนรู้ ว่าสามารถส่งผลให้ผู้เรียนบรรลุวัตถุประสงค์ทางการเรียนรู้ ทั้งในแง่ปริมาณ (เช่น คะแนน) และคุณภาพ (เช่น ความเข้าใจ ความพึงพอใจ) โดยมีการวัดผลทั้งระหว่างกระบวนการเรียนและผลลัพธ์สุดท้าย รวมถึงมีการทดสอบและปรับปรุงก่อนใช้งานจริง เพื่อให้มั่นใจว่าเครื่องมือหรือนวัตกรมนั้นมีคุณค่าพอที่จะนำไปใช้

5.2 การหาประสิทธิภาพ

เกริก ท่วมกลางและจินตนา ท่วมกลาง (2555) ได้กล่าวว่า การหาคุณภาพของนวัตกรรมโดยมีวิธีการดังนี้

1) การตรวจสอบเบื้องต้น เป็นการนำนวัตกรรมที่สร้างขึ้นไปให้ผู้เชี่ยวชาญเฉพาะเรื่องที่ทำนวัตกรมนั้นโดยตรงอย่างน้อย 3 คนตรวจสอบ ถ้าผู้เชี่ยวชาญทั้ง 3 คน มีความเห็นสอดคล้องกัน 2 หรือ 3 คน แสดงว่าเนื้อหาและรูปแบบมีความถูกต้องเที่ยงตรงและครอบคลุมจุดมุ่งหมายที่กำหนด ซึ่งการตรวจสอบที่สมบูรณ์ถูกต้องโดยผู้เชี่ยวชาญก่อนที่จะนำไปทดลองใช้นั้นจะใช้ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ในการพิจารณาคุณภาพของนวัตกรรม

2) การทดลองและพัฒนา เป็นการตรวจสอบคุณภาพของนวัตกรรมที่ใช้กันโดยทั่วไปและเชื่อว่ามีมาตรฐานจะมี 3 ขั้นตอน ดังนี้

2.1) การทดลองแบบ 1:1 เป็นการนำนวัตกรรมที่สร้างขึ้นไปทดลองกับนักเรียน 3 คน ที่มีความสามารถแตกต่างกันทั้ง เก่ง ปานกลาง และอ่อน โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อตรวจสอบการใช้นวัตกรรมและความสอดคล้องเหมาะสมในด้านต่าง ๆ อย่างละเอียด จากการสังเกตพฤติกรรมการใช้ของนักเรียนและนำมาแก้ไขข้อบกพร่องที่พบให้สมบูรณ์

2.2) การทดลองกลุ่มเล็ก เป็นการนำนวัตกรรมที่สร้างขึ้นไปทดลองใช้กับนักเรียน 5-10 คน ที่มีความสามารถแตกต่างกัน คือ เก่ง ปานกลางและอ่อน เพื่อตรวจสอบความถูกต้องเหมาะสมของนวัตกรรมที่สร้างหรือพัฒนาขึ้น และนำผลมาแก้ไขอีกครั้งหนึ่ง

ชัยยงค์ พรหมวงศ์ (2556) ได้กล่าวว่า การทดสอบประสิทธิภาพ (Developmental Testing) เป็นกระบวนการควบคุมและประกันคุณภาพ เพื่อให้แน่ใจว่าต้นแบบชิ้นงานของผลิตภัณฑ์และนวัตกรรมนั้นมีประสิทธิภาพจริง ก่อนที่จะนำไปเผยแพร่หรือใช้จริง รวมถึงการผลิตสื่อและชุดการสอนที่เป็นต้นแบบชิ้นงานใหม่เช่นเดียวกัน จำเป็นที่ต้องผ่านการทดสอบประสิทธิภาพก่อนที่จะให้ครูนำไปใช้กับนักเรียน โดยดำเนินการตามกระบวนการ 2 ขั้นตอน คือ การทดลองใช้เบื้องต้น (Try-out) และการทดลองใช้จริง (Trial Run) ซึ่งมีวิธีการทดสอบประสิทธิภาพโดยการใช้สูตร E_1/E_2 สำหรับการทดสอบประสิทธิภาพของกระบวนการ (Process- E_1) และทดสอบประสิทธิภาพของผลลัพธ์ (Product- E_2)

1) การทดสอบประสิทธิภาพใช้เบื้องต้น เป็นการนำสื่อหรือชุดการสอนที่ผลิตขึ้นเป็นต้นแบบ (Prototype) แล้วไปทดลองประสิทธิภาพใช้ตามขั้นตอนที่กำหนดไว้ในแต่ละระบบ เพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพของสื่อหรือชุดการสอนให้เท่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ และปรับปรุงจนถึงเกณฑ์

2) การทดสอบประสิทธิภาพสอนจริง หมายถึง การนำสื่อหรือชุดการสอนที่ได้ทดสอบประสิทธิภาพและปรับปรุงจนได้คุณภาพถึงเกณฑ์แล้วของแต่ละหน่วย ทุกหน่วยในแต่ละวิชาไปสอนจริงในชั้นเรียนหรือในสถานการณ์การเรียนที่แท้จริงในช่วงเวลาหนึ่ง ได้แก่ 1 ภาคการศึกษาเป็นอย่างน้อยเพื่อตรวจสอบคุณภาพเป็นครั้งสุดท้ายก่อนนำไปเผยแพร่และผลิตออกมาเป็นจำนวนมาก

ประสาธน์ เนื่องเฉลิม (2560) ได้กล่าวว่า การหาประสิทธิภาพของนวัตกรรมการเรียนการสอนมีกระบวนการที่สำคัญอยู่ 2 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นตอนการหาประสิทธิภาพเชิงเหตุผล (Rational approach) และขั้นตอนการหาประสิทธิภาพตามวิธีการหาประสิทธิภาพเชิงประจักษ์ (Empirical approach)

1) วิธีการหาประสิทธิภาพเชิงเหตุผล กระบวนการนี้เป็นการหาประสิทธิภาพโดยใช้หลักของความรู้และเหตุผลในการตัดสินคุณค่าของนวัตกรรมการเรียนการสอน โดยอาศัยผู้เชี่ยวชาญเป็นผู้ตัดสินคุณค่าซึ่งเป็นการหาความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา และความเหมาะสมในด้านความถูกต้องของการนำไปใช้ ถ้าได้ค่าไม่ถึงเกณฑ์ที่กำหนดจะต้องปรับปรุงแก้ไขนวัตกรรมการเรียนการสอนและนำไปให้ผู้เชี่ยวชาญพิจารณาใหม่

2) วิธีการหาประสิทธิภาพเชิงประจักษ์ วิธีการนี้จะนำสื่อไปทดลองใช้กับนักเรียนกลุ่มเป้าหมาย การหาประสิทธิภาพของเครื่องมือ เช่น แผนการจัดการเรียนรู้ แบบฝึกทักษะ ฯลฯ ส่วนมากใช้วิธีการหาประสิทธิภาพด้วยวิธีการนี้

คณาจารย์ภาควิชาวิจัยและพัฒนาการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม (2564) ได้กล่าวว่า การวิจัยบางครั้งนักวิจัยจะใช้เทคโนโลยีหรือนวัตกรรมทางการศึกษาเป็นเครื่องมือในการทำวิจัยด้วย เช่น แผนการสอน บทเรียนคอมพิวเตอร์ ชุดสื่อผสม เป็นต้น ดังนั้นต้องหาคุณภาพของสื่อ ดังกล่าวด้วย ซึ่งมีขั้นตอนคล้ายกับการหาคุณภาพของแบบทดสอบหรือ

เครื่องมือชนิดอื่น ๆ คือ วิเคราะห์คำอภิปรายรายวิชา กำหนดเนื้อหาสาระเป็นรายบทแล้ววิเคราะห์เนื้อหาสาระเป็นรายบทในรูปของตารางความสัมพันธ์ระหว่างชื่อเรื่องย่อย ความคิดรวบยอด และจุดประสงค์การเรียนรู้ ขึ้นต่อไป ดำเนินการดังนี้

1) ตรวจสอบความเที่ยงตรง (Validity) มักอาศัยผู้เชี่ยวชาญ ซึ่งควรให้ผู้เชี่ยวชาญพิจารณาตารางความสัมพันธ์ดังกล่าว

2) สร้างแผนการสอนหรือสื่อต่าง ๆ แล้วให้ผู้เชี่ยวชาญช่วยพิจารณาความถูกต้อง จากนั้นนำไปทดลองกับนักเรียนเป็นรายบุคคล ซึ่งนิยมใช้กับนักเรียนระดับการเรียนรู้ ปานกลาง อ่อน อย่างละ 1 คน เพื่อพิจารณาเรื่องการออกแบบสื่อ คำอธิบายการใช้สื่อ การสื่อความ หรืออาจจะทดลองใช้แผนการสอนเป็นรายกลุ่ม เพียง 1-2 แผน เพื่อดูเรื่องเวลาที่ใช้จัดกิจกรรม บรรยายการสอน การเรียนการสอน เป็นต้น

ผู้วิจัยสรุปได้ว่า การหาประสิทธิภาพ หมายถึง การประเมินคุณภาพและประสิทธิภาพของนวัตกรรมทางการศึกษา ต้องดำเนินการอย่างเป็นระบบตั้งแต่การตรวจสอบเบื้องต้นโดยผู้เชี่ยวชาญ การทดลองใช้ในระดับเล็ก ไปจนถึงการนำไปใช้ในสถานการณ์จริง โดยใช้ทั้งวิธีการทางเหตุผลและวิธีการทางประจักษ์ พร้อมเครื่องมือวัดที่เหมาะสม เช่น ค่า IOC และสูตร E_1/E_2 เพื่อให้มั่นใจว่านวัตกรรมที่พัฒนาขึ้นนั้นมีคุณภาพ และสามารถก่อให้เกิดผลการเรียนรู้ที่แท้จริง

5.3 การกำหนดเกณฑ์ประสิทธิภาพ

กรีก ท่วมกลางและจินตนา ท่วมกลาง (2555) ได้กล่าวว่า เกณฑ์ประสิทธิภาพ (E_1/E_2) มีความหมายแตกต่างกันหลายลักษณะ โดยยกตัวอย่าง $E_1/E_2 = 80/80$ ดังนี้

1) เกณฑ์ 80/80 ในความหมายที่ 1 ตัวเลข 80 ตัวแรก (E_1) คือ นักเรียนทั้งหมดทำแบบฝึกหัดหรือแบบทดสอบย่อยได้คะแนนเฉลี่ยร้อยละ 80 คือ เป็นประสิทธิภาพของกระบวนการ ส่วนตัวเลข 80 ตัวหลัง (E_2) คือ นักเรียนทั้งหมดที่ทำแบบทดสอบหลังเรียน (Post-Test) ได้คะแนนเฉลี่ยร้อยละ 80 คือ ประสิทธิภาพของผลลัพธ์ หากค่าเฉลี่ย E_1 และ E_2

2) เกณฑ์ 80/80 ในความหมายที่ 2 ตัวเลข 80 ตัวแรก (E_1) คือ จำนวนนักเรียนร้อยละ 80 ทำแบบทดสอบย่อยหลังเรียน (Post-Test) ได้คะแนนร้อยละ 80 ทุกคน ส่วนตัวเลข 80 ตัวหลัง (E_2) คือ นักเรียนทั้งหมดทำแบบทดสอบหลังเรียนครั้งนั้นได้คะแนนจากการทดสอบหลังเรียนถึงร้อยละ 80

3) เกณฑ์ 80/80 ในความหมายที่ 3 ตัวเลข 80 ตัวแรก (E_1) คือ จำนวนนักเรียนทั้งหมดทำแบบทดสอบหลังเรียน (Post-Test) ได้คะแนนเฉลี่ยร้อยละ 80 ส่วนตัวเลข 80 ตัวหลัง (E_2) คือ คะแนนเฉลี่ยร้อยละ 80 ที่นักเรียนทำเพิ่มขึ้นจากแบบทดสอบหลังเรียน (Post-Test) โดยเทียบจากคะแนนที่ได้ก่อนการเรียน

ปิยะธิดา ปัญญา (2562) ได้กล่าวว่า เกณฑ์ประสิทธิภาพ (E_1/E_2) มีความหมายแตกต่างกัน ในที่นี้จะยกตัวอย่าง $E_1/E_2 = 75/75$ ดังนี้

เกณฑ์ 75/75 ในความหมายที่ 1 ตัวเลข 75 ตัวแรก (E_1) คือ คะแนนที่ได้จากคุณลักษณะ/พฤติกรรม/การทดสอบระหว่างเรียนได้คะแนนเฉลี่ยร้อยละ 75 เป็นประสิทธิภาพของกระบวนการ ส่วนตัวเลข 75 (E_2) คือ คะแนนที่ได้จากคุณลักษณะ/พฤติกรรม/การทดสอบหลังเรียนได้คะแนนเฉลี่ยร้อยละ 75

ผู้วิจัยสรุปได้ว่า การหาประสิทธิภาพของแผนการจัดการเรียนรู้หรือกิจกรรมการเรียนรู้ที่ผู้สอนพัฒนาขึ้น สามารถหาประสิทธิภาพโดยการใช้สูตร E_1/E_2 ซึ่ง E_1 เป็นประสิทธิภาพของกระบวนการ ที่ได้จากการทำใบกิจกรรมระหว่างเรียนในแต่ละแผนการจัดการจัดการการเรียนรู้ และ E_2 เป็นประสิทธิภาพของผลลัพธ์ เป็นการประเมินผลลัพธ์สุดท้าย ซึ่งได้จากคะแนนการทดสอบหลังเรียนนักเรียนแต่ละคน ซึ่งในการวิจัยครั้งนี้เป็นการพัฒนาการจัดการจัดการการเรียนรู้ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง พลังงานความร้อนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ซึ่งเป็นเนื้อหาที่ต้องสืบค้น ทดลอง การจัดเรียงลำดับข้อมูล การวิเคราะห์ข้อมูล ที่สามารถแสดงให้เห็นหลักฐานเชิงประจักษ์ มีเนื้อหาที่ยากและซับซ้อน ผู้วิจัยจึงได้ตั้งเกณฑ์ของประสิทธิภาพของการจัดการจัดการการเรียนรู้ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง พลังงานความร้อนที่มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 75/75

1) เกณฑ์ 75 ตัวแรก หมายถึง ประสิทธิภาพด้านกระบวนการ (E_1) คิดเป็นร้อยละของคะแนนเฉลี่ยของนักเรียนทั้งหมดที่ได้จากการทำใบกิจกรรมวัดความรู้ ใบกิจกรรมวัดความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ และชิ้นงานในชั้นเรียนของแต่ละแผนการจัดการจัดการการเรียนรู้ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมตามแนวคิดสะเต็มศึกษา สัดส่วน 30 : 40 : 30 ตามลำดับที่มีค่าเฉลี่ยไม่น้อยกว่าร้อยละ 75

2) เกณฑ์ 75 ตัวหลัง หมายถึง ประสิทธิภาพของผลลัพธ์ (E_2) คิดเป็นร้อยละของคะแนนเฉลี่ยของนักเรียนทั้งหมดทำแบบทดสอบในการวัดความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ และแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนครบหน่วย โดยการจัดการจัดการการเรียนรู้ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมตามแนวคิดสะเต็มศึกษา สิ้นสุดลง สัดส่วน 50 : 50 ตามลำดับ ที่มีค่าเฉลี่ยไม่น้อยกว่าร้อยละ 75

5.4 วิธีการคำนวณหาประสิทธิภาพ

วโร เพ็งสวัสดิ์ (2551) ได้กล่าวว่า การหาประสิทธิภาพของนวัตกรรมสามารถหาได้จากการคำนวณตามสูตร E_1/E_2 ดังนี้

$$E_1 = \frac{\left(\frac{\sum x}{N}\right)}{A} \times 100$$

$$E_2 = \frac{\left(\frac{\sum F}{N}\right)}{B} \times 100$$

เมื่อ	E_1	แทน	ประสิทธิภาพของกระบวนการ
	E_2	แทน	ประสิทธิภาพของผลลัพธ์
	$\sum x$	แทน	ผลรวมของคะแนนนักเรียนที่ได้ระหว่างเรียน ทุกคน
	$\sum F$	แทน	ผลรวมของคะแนนนักเรียนที่ได้หลังเรียนทุกคน
	N	แทน	จำนวนนักเรียนทั้งหมด
	A	แทน	คะแนนเต็มของแบบฝึกหัด
	B	แทน	คะแนนเต็มของแบบทดสอบหลังเรียน

ปิยะธิดา ปัญญา (2562) ได้กล่าวว่า การหาประสิทธิภาพของนวัตกรรมสามารถหาได้จากการคำนวณตามสูตรดังนี้

$$E_1 = \frac{\left(\frac{\sum X}{A}\right)}{N} \times 100$$

เมื่อ	E_1	แทน	ประสิทธิภาพด้านกระบวนการ
	X	แทน	คะแนนที่ได้จากคุณลักษณะ/พฤติกรรม การทดสอบระหว่างเรียนของผู้เรียนแต่ละคน
	A	แทน	คะแนนเต็มของคุณลักษณะ/พฤติกรรม/ การทดสอบระหว่างเรียนของผู้เรียนแต่ละคน
	N	แทน	จำนวนนักเรียนทั้งหมด

$$E_2 = \frac{\left(\frac{\sum Y}{B}\right)}{N} \times 100$$

เมื่อ	E_2	แทน	ประสิทธิภาพด้านผลลัพธ์
	Y	แทน	คะแนนที่ได้จากคุณลักษณะ/พฤติกรรม การทดสอบระหว่างเรียนของผู้เรียนแต่ละคน
	B	แทน	คะแนนเต็มของคุณลักษณะ/พฤติกรรม/

การทดสอบหลังเรียน

N แทน จำนวนนักเรียนทั้งหมด

คณาจารย์ภาควิชาวิจัยและพัฒนาการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม (2564) ได้กล่าวว่า การหาประสิทธิภาพของสื่อ (E_1/E_2) เป็นขั้นตอนทำการทดลองจริงกับกลุ่มตัวอย่างที่กำหนดไว้แล้ว แบ่งเป็น 2 ขั้นตอน ดังนี้ (อันที่จริงควรหาประสิทธิภาพของสื่อ (E_1/E_2) ในขั้นตอนการตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือที่ใช้กับนักเรียนที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างด้วย

1. ประสิทธิภาพของกระบวนการ (E_1)

เป็นค่าที่บ่งบอกว่าแผนการจัดการเรียนรู้สามารถพัฒนาผู้เรียนให้เกิดการเรียนรู้อย่างต่อเนื่องหรือไม่ภายใต้สถานการณ์และกิจกรรมที่กำหนดให้ โดยมีการเก็บข้อมูลของผลการเรียนรู้ ซึ่งสามารถสะท้อนให้เห็นถึงพัฒนาการและความงอกงามของผู้เรียนได้ โดยทั่วไปมักจะคำนวณจากคะแนนที่ได้จากการทำแบบทดสอบย่อย หรือคะแนนจากพฤติกรรมการเรียนหรือคะแนนจากกิจกรรมการเข้ากลุ่ม เป็นต้น (ไม่ใช่คะแนนการทำแบบฝึกหัดหรือแบบฝึกทักษะ) ในระหว่างที่ผู้เรียนกำลังเรียน ตามแผนการจัดการเรียนรู้ ซึ่งคำนวณได้จากสูตร ดังนี้

$$E_1 = \frac{\frac{\sum X}{N}}{A} \times 100$$

เมื่อ E_1 แทน ประสิทธิภาพของกระบวนการ $\sum X$ แทน ผลรวมของคะแนนทุกส่วน

N แทน จำนวนนักเรียน

A แทน คะแนนเต็มของทั้งห้อง

2. ประสิทธิภาพของผลลัพธ์ (E_2)

เป็นค่าที่บ่งบอกว่าแผนการจัดการเรียนรู้สามารถส่งผลให้ผู้เรียนเกิดสัมฤทธิ์ผล หรือไม่บรรลุวัตถุประสงค์หรือเป็นไปตามที่กำหนดไว้ในแผนการจัดการเรียนรู้มากน้อยเพียงใด ซึ่งคำนวณจากคะแนนที่ได้จากการทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน (ทดสอบหลังเรียน) ของผู้เรียนทุกคน ซึ่งคำนวณได้จากสูตร ดังนี้

$$E_2 = \frac{\frac{\sum Y}{N}}{B} \times 100$$

เมื่อ E_2 แทน ประสิทธิภาพของผลลัพธ์ $\sum Y$ แทน ผลรวมของคะแนนจากแบบทดสอบ

N แทน จำนวนนักเรียน

B แทน คะแนนเต็มของแบบทดสอบหลังเรียน

ผู้วิจัยสรุปได้ว่า วิธีการคำนวณหาประสิทธิภาพของนวัตกรรมจะแบ่งออกเป็นการคำนวณหาประสิทธิภาพด้านกระบวนการ (E_1) ซึ่งค่าคะแนนได้มาจากการผลรวมของคะแนนการทำกิจกรรมระหว่างเรียน และประสิทธิภาพด้านผลลัพธ์ (E_2) ค่าคะแนนได้มาจากการผลรวมของคะแนนการทดสอบหลังการจัดการเรียนรู้ทั้งหมด

6. การแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์

6.1 ความหมายของการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์

การแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์เป็นทางเลือกใหม่สำหรับการแก้ปัญหา การมีทักษะในการแก้ปัญหาจะช่วยลดความไม่สบายกาย ไม่สบายใจที่อาจจะเกิดขึ้นจากปัญหาต่าง ๆ สำหรับความคิดสร้างสรรค์นั้นเป็นความคิดขั้นสูงที่ก่อให้เกิดสิ่งแปลกใหม่ ดังนั้นการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์จึงเป็นการคิดหาแนวทาง วิธีการใหม่ๆ มาใช้ในการแก้ปัญหาได้ มีผู้ให้นิยามและความหมายไว้ ดังนี้

Olson (1996) ได้กล่าวว่า การแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์เป็นความสามารถทางการคิดของมนุษย์ในการแสวงหาคำตอบและวิธีการแก้ปัญหาจากการคิดที่มีระบบและการคิดที่เกิดการหยั่งรู้ได้เองเป็นกระบวนการที่ประกอบด้วยทักษะหลายๆ ทักษะที่สามารถพัฒนาได้ด้วยการฝึกฝนอย่างสม่ำเสมอ

Lewin and Reed (1998) ได้กล่าวว่า การแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์โดยประยุกต์ความคิดสร้างสรรค์และการคิดวิจารณ์ญาณเข้าในทุกขั้นตอนของกระบวนการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ เป็น 2 ระยะ ได้แก่ ระยะสร้าง (Generating Phase) ซึ่งเป็นการสร้างแนวคิดหรือตอบคำถามให้มากที่สุดเท่าที่จะมากได้ ซึ่งก็คือความคิดสร้างสรรค์ และระยะที่สองคือระยะมุ่งเน้น (Focusing Phase) ซึ่งเป็นระยะที่ประเมินทางเลือกหรือความคิดที่ได้จากระยะสร้างนั่นเอง โดยทั้งสองระยะใช้การคิดควบคู่ไปในกระบวนการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ ได้แก่ การคิดออกเนกนัย (Divergent Thinking) ซึ่งเป็นการคิดให้มากที่สุดที่จะมากได้ และการคิดแบบเอกนัย (Convergent Thinking) ซึ่งคือการคิดเชื่อมโยงหาเหตุผล โดยความคิดทั้งสองเป็นรูปแบบและวิธีการส่งเสริมกันอย่างเหมาะสม

Mitchel and Kowalk (1999) ได้กล่าวว่า การแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ หมายถึง กระบวนการ วิธีการหรือระบบสำหรับการแก้ปัญหาย่างมีจินตนาการและให้ผลการปฏิบัติที่มีประสิทธิภาพ

Treffinger and Isaksen (2011) ได้กล่าวว่า การแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์เป็นกรอบแนวคิดวิธีการที่ได้รับการออกแบบในการช่วยเหลือผู้แก้ปัญหาด้วยการใช้ความคิดสร้างสรรค์ในการนำไปสู่เป้าหมายด้วยความสำเร็จ สามารถเอาชนะอุปสรรคและเป็นการส่งเสริมพฤติกรรม เพื่อไปสู่เป้าหมายและความฝันที่เป็นจริง จากการให้ความหมายของการแก้ปัญหาย่างสร้างสรรค์ของนักวิชาการและนักวิจัย หลาย ๆ ท่าน

Lumsdaine (1995 อ้างถึงใน ทศนพร วิบูลย์อรรถ, 2557) ได้กล่าวว่า การแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ คือ ลำดับการคิดเพื่อให้ประสบความสำเร็จ โดยเริ่มที่การคิดนอกกรอบและความคิดเอกลั โดยการสืบค้นข้อมูลและมีการสะสมข้อมูลเกี่ยวกับปัญหาให้มากที่สุดเท่าที่จะทำได้ จากนั้นจึงวิเคราะห์ข้อมูลนั้นให้เหมาะสมกับสาเหตุและองค์ประกอบต่างๆของสาเหตุ

ชลอ จินตุง (2552) ได้กล่าวว่า การแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ หมายถึง กระบวนการปฏิบัติอย่างเป็นขั้นตอน มีการประยุกต์ใช้จินตนาการ ความคิด สร้างสรรค์ สัญชาตญาณ แนวคิดใหม่ ๆ ร่วมกับข้อเท็จจริงที่มีอยู่มาใช้ในการแก้ปัญหา เพื่อค้นหาทางเลือกที่มีคุณค่าในการแก้ปัญหานั้น ๆ ในการแก้ปัญหาใด ๆ ก็ตามจะประสบผลสำเร็จได้นั้น ผู้ที่แก้ปัญหาก็ต้องทราบสาเหตุที่แท้จริงของปัญหาและจะต้องตั้งจุดประสงค์ในการแก้ปัญหาไว้อย่างชัดเจน ในการแก้ปัญหาย่างสร้างสรรค์ เช่นเดียวกัน คือมีการตั้งจุดมุ่งหมายของการแก้ปัญหาย่างสร้างสรรค์เอาไว้ทุกครั้งทีทราบสาเหตุของปัญหา

สิทธิชัย ชมพูพาทย์ (2554) ได้กล่าวว่า การแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ หมายถึง กระบวนการมุ่งหาคำตอบและแก้ปัญหา รวมถึงการพัฒนาสถานะที่เป็นอยู่ให้ดีขึ้น โดยการทำงานร่วมกันระหว่างความคิดสร้างสรรค์ และการคิดวิจารณ์ญาณ การคิดสร้างสรรค์ทำได้โดยให้คิดลึก และหลากหลายที่สุดปราศจากการตัดสินความคิดต่าง ๆ ว่าดีหรือไม่จนถึงระยะหนึ่งจึงพิจารณา ความคิดเหล่านั้นด้วยการคิดวิจารณ์ญาณในการเลือกและประเมินวิธีการแก้ปัญหาจนได้วิธีที่ดี

ดรรรัตน์ ชัยพิลา (2558) ได้กล่าวว่า การแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ หมายถึง กระบวนการแก้ปัญหา ที่ยุ่งยากด้วยทางออกรูปแบบใหม่ โดยอาศัยความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ จินตนาการ การคิด วิเคราะห์การวินิจฉัย การตัดสินใจ การจัดทำแผนอย่างเป็นระบบ และมีการระดมสมองที่เน้นการคิดเชิงบวก เพื่อให้ได้มาซึ่งแนวทางที่ดีที่สุดมาแก้ปัญหาได้ ทั้งนี้ในกระบวนการแก้ปัญหาก็ต้องมีความยืดหยุ่นในกระบวนการปฏิบัติอย่างเป็นขั้นตอน จนทำให้บรรลุเป้าหมายที่วางไว้

ผู้วิจัยสรุปได้ว่า การแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ หมายถึง ความสามารถในการคิดแก้ปัญหา เพื่อหาทางออกของปัญหาที่หลากหลาย มีการจัดทำแผนอย่างเป็นระบบ มีกระบวนการขั้นตอนที่ชัดเจน โดยอาศัยความคิดสร้างสรรค์ จินตนาการ การตัดสินใจ คิดอย่างมีวิจารณ์ญาณ คิดวิเคราะห์จากปัญหาหรือสถานการณ์ที่พบเจอ โดยการคิดนอกกรอบ ซึ่งเป็นการคิดให้มากที่สุดที่จะทำได้ และการคิดแบบเอกลั คือการคิดเชื่อมโยงหาเหตุผล โดยความคิดทั้งสองเป็นรูปแบบและวิธีการส่งเสริมกันอย่างเหมาะสม เพื่อให้ได้ทางออกหรือผลลัพธ์ที่ดีที่สุด ทำให้สามารถนำไปใช้แก้ปัญหาในชีวิตประจำวันได้เป็นอย่างดี

6.2 ความสำคัญของการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์

ความสามารถในการแก้ปัญหาเป็นเป้าหมายสำคัญในการจัดการศึกษาและการดำรงชีวิต เพราะผู้ที่มีความสามารถแก้ปัญหาได้จะเป็นผู้ที่สามารถปรับตัวให้อยู่รอดในสังคมภายใต้สภาพแวดล้อมและสถานการณ์ต่าง ๆ ได้ดีมีผู้กล่าวถึงความสำคัญของการแก้ปัญหาไว้หลายท่าน ได้แก่

สำเร็จ บุญเรืองรัตน์ (2549) ได้กล่าวว่า ความสำคัญของการแก้ปัญหาไว้ว่า เมื่อเกิดปัญหาทำให้มนุษย์แสวงหาวิถีทางในการแก้ปัญหาสิ่งที่มนุษย์ใช้ในการแก้ปัญหา เรียกว่าปัญญา ดังนั้นปัญญาคือความสามารถในการแก้ปัญหาผู้ที่แก้ปัญหาที่ผ่านมาแล้วได้ แต่ไม่สามารถแก้ปัญหาใหม่ได้ ควรถือได้ว่ามีปัญญาน้อยกว่าผู้ที่แก้ปัญหาเก่าและปัญหาใหม่ได้ผู้ที่แก้ปัญหาที่ยากซับซ้อนได้ ควรจะเป็นผู้ที่ปัญญามากกว่าผู้ที่แก้ปัญหาทำได้เท่านั้นและผู้ที่คิดปัญหาเองและแก้ปัญหาเอง จะเป็นผู้ที่ปัญญามากกว่าผู้ที่แก้ปัญหาที่ผู้อื่นมองเห็น

เกรียงศักดิ์ เจริญวงศ์ศักดิ์ (2556) ได้กล่าวว่า ทักษะการแก้ปัญหาไว้ในหนังสือ การคิดเชิงสร้างสรรค์ว่า “ทักษะการแก้ปัญหาเป็นสิ่งจำเป็นที่ต้องสร้างให้เกิดขึ้นในเด็กและเยาวชนไทยเพื่อสามารถเผชิญปัญหาต่างๆ ได้ มิใช่เพิกเฉยต่อปัญหา หนีปัญหา หรือแก้ปัญหาด้วยวิธีการไม่เหมาะสมจนเกิดผลเสียต่อตนเองหรือส่วนรวมได้และอาจพัฒนาเด็กและเยาวชนให้มีความสามารถแก้ปัญหาและพัฒนาสังคมส่วนรวมได้” ดังนั้นในสภาพสังคมที่มีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา มีสถานการณ์และปัญหาใหม่ๆเกิดขึ้นทุกวัน นักเรียนจึงควรมีทักษะในการแก้ปัญหาและการแก้ปัญหานั้นควรเป็นการแก้ปัญหาที่เหมาะสม และไม่ก่อให้เกิดปัญหาอื่น ๆ ตามมา การศึกษาจึงเป็นเครื่องมือที่สำคัญในการปลูกฝังความคิดความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ของนักเรียนเพื่อให้นักเรียนเกิดแนวทางที่จะสามารถนำไปใช้ในการแก้ปัญหาในชีวิตประจำวันได้ทั้งในปัจจุบันและอนาคต

ทัศนพร วิบูลย์อรรถ (2557) ได้กล่าวว่า การแก้ปัญหาเป็นทักษะพื้นฐาน ซึ่งเป็นสิ่งสำคัญในการดำเนินชีวิตประจำวันของมนุษย์ทุกคน การปลูกฝังนิสัย การรู้จักคิด เรียนรู้และแก้ปัญหาควรเริ่มตั้งแต่เด็กเพื่อเป็นรากฐานในการดำเนินชีวิตที่ดีต่อไปในอนาคต

สิทธิชัย ชมพูพาทย์ (2554 อ้างอิงใน ปราณี ถิ่นเวียงทอง, 2564) ได้กล่าวว่า การแก้ปัญหาย่างสร้างสรรค์เป็นกระบวนการมุ่งหาคำตอบและแก้ปัญหารวมถึงการพัฒนาสถานะที่เป็นอยู่ให้ดีขึ้น โดยการทำงานร่วมกัน การคิดสร้างสรรค์ และการคิดวิจารณ์ญาณ การคิดสร้างสรรค์ทำได้โดยให้คิดหลากหลายที่สุด ปราศจากการตัดสินความคิดต่างๆ ว่าดีหรือไม่ จนถึงระยะหนึ่งจึงพิจารณาความคิดเหล่านั้นด้วยการคิดวิจารณ์ญาณ ในการเลือกและประเมินวิธีการแก้ปัญหานั้นได้วิธีที่ดีที่สุดในการแก้ปัญหาได้และควบคุมตนเองได้เพื่อที่จะได้แก้ปัญหาคำตอบและความรอบคอบและสมบูรณ์

ผู้วิจัยสรุปได้ว่า การคิดแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์นั้นเป็นสิ่งสำคัญในการดำรงชีวิตมนุษย์ เพราะในการดำรงชีวิตมนุษย์จะพบเจอปัญหาอุปสรรค ด้วยสภาพสังคมที่เปลี่ยนแปลงไปตลอดเวลา อีกทั้งยังเป็นกระบวนการมุ่งหาคำตอบและแก้ปัญหารวมถึงการพัฒนาสถานะที่เป็นอยู่ให้ดีขึ้น โดยการทำงานร่วมกัน การคิดสร้างสรรค์ และการคิดวิจารณ์ญาณ การคิดสร้างสรรค์ทำได้โดยให้คิดหลากหลายที่สุด เลือกทางออกที่หลากหลายและดีที่สุดเป็นการคิดแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ ซึ่งการแก้ปัญหาย่างเหมาะสมจะไม่ส่งผลกระทบต่อคนอื่น ๆ ตามมา และสามารถนำไปใช้ในการแก้ปัญหาในชีวิตประจำวันได้ทั้งในปัจจุบันและอนาคต

6.3 จุดมุ่งหมายของการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์

Parnes (1976 อ้างอิงใน ทัศนพร วิบูลย์อรรถ, 2557) การแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์เป็นความสามารถของบุคคลที่นำเอาความรู้จากแหล่งต่าง ๆ มาใช้แก้ไขกับสถานการณ์หรือปัญหาที่

เกิดขึ้นให้สำเร็จบรรลุผลตามจุดประสงค์ที่ต้องการ ได้เสนอจุดมุ่งหมายของการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ไว้ ดังนี้

1. เพื่อให้บุคคลผู้แก้ปัญหาตั้งต้นด้วยความยุ่งเหยิง สับสน ไปสู่การแก้ไขที่สร้างสรรค์และมีประสิทธิภาพ
2. เพื่อส่งเสริมบุคคลให้มีพฤติกรรมที่สร้างสรรค์
3. เพื่อให้เกิดการแก้ปัญหาในทางสร้างสรรค์

Treffinger (2005 อ้างอิงใน กัญญารัตน์ โคจร, 2554) หลักการคิดแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ (Creative Problem Solving Approach) เป็นกระบวนการพัฒนาทักษะการคิดแก้ปัญหาที่เน้นการพัฒนาสมองทั้งสองซีกควบคู่ โดยฝึกการคิดสร้างสรรค์ควบคู่กับการคิดอย่างมีเหตุผลมีผลในทุก ๆ ขั้นตอนของการแก้ปัญหาคือตั้งแต่เผชิญปัญหาจนกระทั่งแก้ปัญหาเสร็จสิ้น จะต่องมีการคิดสร้างสรรค์ และคิดอย่างมีเหตุผลควบคู่กันไป

สิทธิชัย ชมพูพาทย์ (2554) การแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ คือกระบวนการแก้ไขสถานการณ์ที่ไม่พึงประสงค์ หรือเป็นขั้นตอนของการบรรลุความต้องการ หรือวัตถุประสงค์ โดยใช้ความคิดสร้างสรรค์ และความคิดวิจารณ์ญาณ การใช้ความคิดทั้งสองที่กล่าวถึงได้แก่ ผู้แก้ไขปัญหาคือใช้ความคิดสร้างสรรค์ในการคิดวิธีการแก้ปัญหาให้ลึกและมีความหลากหลายโดยปราศจากการตัดสินว่าดีหรือถูกต้องหรือไม่ จากนั้นจึงประเมินและเลือกวิธีการแก้ปัญหาโดยใช้การคิดวิจารณ์ญาณเพื่อให้ได้วิธีการแก้ปัญหาที่ดีที่สุด พร้อมทั้งนำวิธีการแก้ปัญหานั้นมาวางแผนการแก้ปัญหาบนเงื่อนไข บริบทและทรัพยากรที่มีอยู่ และนำแผนการแก้ปัญหาไปปฏิบัติ โดยเชื่อมั่นว่าสามารถแก้ปัญหาและกำกับตนเองขณะทำการแก้ปัญหาได้

ผู้วิจัยสรุปได้ว่า การแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์มีจุดมุ่งหมาย คือ ความสามารถของบุคคลที่นำเอาความรู้จากแหล่งต่าง ๆ มาใช้แก้ไขกับสถานการณ์ที่ไม่พึงประสงค์หรือปัญหาที่เกิดขึ้นให้สำเร็จบรรลุผลตามจุดประสงค์ที่ต้องการ โดยใช้ความคิดสร้างสรรค์ และความคิดวิจารณ์ญาณมาใช้ในการคิดวิธีการแก้ปัญหา และมีความหลากหลาย จากนั้นจึงประเมินและเลือกวิธีการแก้ปัญหาที่ดีที่สุด

6.4 แนวคิด ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์

นักวิจัยทางการศึกษา ได้พัฒนากระบวนการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ไว้เป็นขั้นตอนและปรับปรุงพัฒนามาอย่างต่อเนื่อง เพื่อปรับให้เหมาะสมต่อการเปลี่ยนแปลงของสังคมโลกปัจจุบัน ส่วนใหญ่มีขั้นตอนที่คล้ายกัน ดังต่อไปนี้

6.4.1 แนวคิดของ Alex Osborn

Alex Osborn (1963 อ้างอิงใน ปราณี ถิ่นเวียงทอง, 2564) ได้มีการปรับเปลี่ยนกระบวนการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ จาก 7 ขั้นตอน เหลือเพียง 3 ขั้นตอน โดยมีชื่อว่า Osborn's Three-Step CPS Process (V.1.1) และมีขั้นตอนดังนี้ (Treffinger and Isaksen, 2004)

- 1) การค้นหาความจริง (Fact-Finding) เป็นการระบุและชี้ให้เห็นถึงปัญหาที่แท้จริงและจัดเตรียมด้วยการรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับปัญหาโดยตรง
- 2) การค้นหาความคิด (Idea-Finding) เป็นการกำหนดโครงสร้างความคิดชั่วคราว

และการพัฒนาความคิดที่ประกอบด้วยการทบทวนขั้นตอน การแก้ไข และการประกอบเข้าด้วยกัน

3) การค้นหาคำตอบ (Solution -Finding) เป็นการประเมินเพื่อหาคำตอบที่แท้จริง และให้การยอมรับด้วยการตัดสินใจและการนำคำตอบสุดท้ายไปใช้

6.4.2 แนวคิดของ Guilford

ขั้นตอนการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ตามแนวคิดของ Guilford (1971 อ้างถึงใน พัทธรา พุ่มพชาติ, 2552) มีขั้นตอนการแก้ปัญหา ดังนี้

- 1) ขั้นเตรียมการ (Preparation) คือการรับรู้และการเข้าใจในปัญหา ต้องรับรู้และเข้าใจก่อนว่าปัญหานั้นคืออะไรและเกิดจากเหตุการณ์ใด
- 2) ขั้นวิเคราะห์ปัญหา (Analyze) คือการแจกแจงลักษณะของปัญหาที่เกิดขึ้นว่า มีองค์ประกอบอะไรบ้าง สิ่งใดที่ทำให้เกิดปัญหา สิ่งใดที่เป็นข้อมูลจำเป็นและไม่จำเป็น
- 3) ขั้นเสนอแนวทางในการแก้ปัญหา (Production) คือขั้นตอนการหาวิธีการแก้ปัญหาที่ตรงกับสาเหตุ การรวบรวมข้อเท็จจริงต่างๆ เพื่อนำมาเป็นข้อมูลในการหาแนวทางในการแก้ปัญหา

6.4.3 แนวคิดของ Parnes

ขั้นตอนการแก้ปัญหาย่างสร้างสรรค์ตามแนวคิดของ Parnes (1983 อ้างถึงใน พิษุญาณ์ พานะกิจ, 2558) กล่าวถึงกระบวนการแก้ปัญหาย่างสร้างสรรค์ ซึ่งแบ่งออกเป็น 5 ขั้นตอน ดังนี้

- 1) การค้นหาความจริง (Fact finding) คือ รวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับสถานการณ์ที่แสดงถึงปัญหาที่เกิดขึ้น เพื่อทำให้ทราบว่าปัญหานั้นคืออะไร มีปัญหามากน้อยแค่ไหน
- 2) การค้นหาปัญหา (Problem finding) เมื่อได้ข้อมูลเกี่ยวกับสถานการณ์ที่แสดงถึงปัญหาแล้วในขั้นนี้จะพิจารณาประเด็นปัญหาหลายๆ ด้าน แล้วตั้งเป็นคำถามให้ได้มากที่สุด เพื่อทำให้มองเห็นความเป็นไปได้หลายๆ ทาง แล้วเลือกคำถามที่สำคัญที่จะนำมาแก้ไข

6.4.4 แนวคิดของ Torrance

Torrance (1987 อ้างถึงใน พัทธรา พุ่มพชาติ, 2552) กล่าวสรุปไว้ว่า ความสามารถในการแก้ปัญหาย่างสร้างสรรค์ คือ ความสามารถในการนำประสบการณ์ จินตนาการมาใช้ในการดำเนินการแก้ปัญหาตามขั้นตอนของกระบวนการแก้ปัญหาย่างสร้างสรรค์ 5 ขั้นตอน ดังนี้

- 1) การพบความจริง (Fact-finding) คือ ความสามารถในการสำรวจและรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับปัญหา
- 2) การค้นพบปัญหา (Problem-finding) คือ ความสามารถในการระบุปัญหา
- 3) การตั้งสมมติฐาน (Idea-finding) คือ ความสามารถในการคิดหาวิธีแก้ปัญหา
- 4) การค้นพบคำตอบ (Solution-finding) คือ ความสามารถในการตัดสินใจเลือกวิธีการแก้ปัญหา
- 5) การยอมรับผลจากการค้นพบ (Acceptance- finding) คือ ความสามารถในการนำความรู้ที่ได้ไปสร้างเป็นความรู้ใหม่

3) การค้นหาวิธีการแก้ปัญหา (Idea finding) เป็นการระดมความคิดให้ได้มากที่สุด เพื่อค้นหาวิธีการแก้ปัญหาจากคำถามที่เลือกไว้ โดยยังไม่มี การประเมินความเหมาะสมของวิธีการแก้ปัญหา

4) การค้นหาคำตอบ (Solution-finding) คือการพิจารณาคัดเลือกวิธีการที่เหมาะสมที่สุด จากวิธีการแก้ปัญหาที่คิดได้ในขั้นการค้นหาวิธีการแก้ปัญหา โดยจะต้องหาหลักเกณฑ์ในการเลือก เมื่อได้เกณฑ์ที่เหมาะสมแล้ว นำเกณฑ์นั้นไปประเมินเพื่อคัดเลือกวิธีการที่เหมาะสมที่สุด

5) การค้นหาคำตอบที่เป็นที่ยอมรับ (Acceptance finding) เป็นการนำเอาวิธีการที่เหมาะสมที่สุดจากขั้นที่ 4 มาพิสูจน์ให้เห็นว่าสามารถนำไปใช้ได้จริง รวมทั้งการเผยแพร่ความคิดนั้นให้ผู้อื่นได้ลองปฏิบัติเพื่อเป็นที่ยอมรับ

6.4.5 แนวคิดของ Slavin

Slavin (1995) ขั้นตอนการแก้ปัญหาย่างสร้างสรรค์ตามแนวคิด ประกอบด้วย 3 องค์ประกอบหลักและดำเนินการตามแผนปฏิบัติรวม 6 ขั้นตอน ดังนี้

1) องค์ประกอบที่ 1 การพร้อมที่จะเข้าใจปัญหา (Understand the problem) คือการตีความว่าปัญหานั้นเป็นอย่างไร และการกำหนดวัตถุประสงค์ในการแก้ปัญหาโดยมี 3 ขั้นตอน คือ

ขั้นตอนที่ 1 การสร้างโอกาสในการค้นหาปัญหาและเข้าใจความต้องการในการแก้ปัญหา (Opportunity finding) หมายถึง การมีโอกาสนำปัญหาและบอกถึงความต้องการในการแก้ปัญหาจากสถานการณ์ เพื่อให้เกิดความเข้าใจในปัญหาและเข้าใจในความต้องการในการแก้ปัญหาได้ดีขึ้น

ขั้นตอนที่ 2 การค้นหาข้อมูลของปัญหา (Data finding) คือการค้นหาข้อมูลหรือสิ่งที่เกี่ยวข้องในการแก้ปัญหาให้สำเร็จ รวบรวมความต้องการ ข้อสังเกต การวางแผน และความคิดเกี่ยวกับการแก้ปัญหาจากหลากหลายแหล่งข้อมูลให้มากที่สุด แล้วนำข้อมูลของการแก้ปัญหามาทำให้เห็นความสัมพันธ์ของการเกิดปัญหา

ขั้นตอนที่ 3 การค้นหาปัญหา (Problem finding) เป็นการจำแนกปัญหาที่จำเป็นต้องแก้ไขและสร้างวิธีการแก้ปัญหาที่เป็นไปได้ให้ได้จำนวนมาก กำหนดกรอบของปัญหา (Framing problem) เพื่อนำไปสู่การสร้างวิธีการแก้ปัญหาที่หลากหลาย

2) องค์ประกอบที่ 2 การกำหนดแนวทางในการแก้ปัญหา

ขั้นตอนที่ 4 การค้นหาแนวคิดในการแก้ปัญหา (Idea finding) คือการสร้างความคิด ทางเลือก และวิธีการ สำหรับการแก้ปัญหา โดยการเพิ่มทางเลือกและแนวปฏิบัติ (Guideline) ค้นหาแนวคิดในการแก้ปัญหา เป็นการสำรวจหรือค้นหาแนวคิด เพื่อช่วยขยายความคิด และเพื่อเอาชนะข้อจำกัดในการแก้ปัญหา

3) องค์ประกอบที่ 3 การดำเนินการตามแผนปฏิบัติการ

ขั้นตอนที่ 5 การค้นหาทางเลือกในการแก้ปัญหา (Solution finding) คือการวิเคราะห์ วิจัยและประเมินค่าทางเลือก ค้นหาแนวคิดในการแก้ปัญหาที่คาดว่าจะประสบความสำเร็จมากที่สุด ยอมรับและใช้เกณฑ์ที่จำแนกความคิดที่จะนำไปสู่แผนปฏิบัติการ (Action

plan) ทดลองให้เหตุผล หรือวิเคราะห์วิจารณ์ทางเลือก โดยประเมินค่าแต่ละทางเลือกเทียบกับแต่ละเกณฑ์ของหลักในการคิดเพื่อแก้ปัญหา แล้วจัดลำดับความสำคัญของทางเลือก

ขั้นตอนที่ 6 การค้นหาการยอมรับ (Acceptance finding) เป็นการค้นหาสิ่งสนับสนุน หรือสิ่งที่ต่อต้านทางเลือก หรือความคิดเห็นเกี่ยวกับการแก้ปัญหาที่มีอยู่ โดยนำทางเลือกที่ได้จากขั้นตอนที่ 5 มาหาสิ่งสนับสนุนหรือสิ่งที่เป็อุปสรรคให้มากที่สุด แล้ววางแผนดำเนินการหรือแนวปฏิบัติในการแก้ปัญหา โดยระบุกิจกรรมการแก้ปัญหา

6.4.6 แนวคิดของ Treffinger

Treffinger, Isaksen & Dorval (2011) ได้เสนอแนวคิด ลักษณะการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ โดยได้มีการพัฒนารูปแบบการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์มาอย่างต่อเนื่อง จนในรุ่น (Version) ที่ 6.1 แล้ว ซึ่งมีขั้นตอนในการแก้ปัญหา ดังนี้

1) การทำความเข้าใจความท้าทาย (Understand the challenges)

การทำความเข้าใจเกี่ยวกับความท้าทาย หมายถึง การสำรวจ ตรวจสอบความท้าทาย หรือเป้าหมายอย่างกว้างขวางและชัดเจน การวิเคราะห์โอกาสและกำหนดหรือมุ่งเน้นประเด็นความคิด เพื่อกำหนดทิศทางที่สำคัญสำหรับการดำเนินงาน โดยจะใช้เพียงขั้นตอนใดขั้นตอนหนึ่งหรือมากกว่าของสามขั้นตอนก็ได้ใน การทำความเข้าใจความท้าทาย

2) การสร้างแนวคิด (Generating idea)

การสร้างแนวคิด หมายถึง การสร้างทางเลือกที่น่าจะเป็นไปได้ดีที่สุดในการแก้ปัญหา ซึ่งเลือกมาจากทางเลือกที่หลากหลายและใหม่ ๆ จากการคิดเชิงสร้างสรรค์ โดยการระดมความคิด เพราะการระดมความคิดเป็นเครื่องมือที่สำคัญที่ใช้ในการสร้างความคิดจำนวนมากที่แตกต่างกัน นำมาสู่ทางเลือกที่มีแนวโน้มเป็นไปได้ในการแก้ปัญหการสร้างแนวคิด เป็นการสำรวจหรือการแสวงหาความคิดจากแนวคิดใหม่ ๆ ที่มีการคิดอย่างคล่องแคล่ว คิดยืดหยุ่น คิดอย่างหลากหลายและเป็นแนวความคิดที่แปลกใหม่ แล้วจึงมุ่งเน้นไปที่ความคิดที่น่าสนใจหรือความคิดที่มีศักยภาพสามารถนำไปพัฒนาหรือนำไปใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพประโยชน์ของการสร้างแนวคิด จะช่วยขยายความคิดของบุคคลให้กว้างขึ้นและหลุดพ้นจากข้อจำกัด หรือ ข้อสมมติฐานแบบเดิม ๆ เป็นแนวความคิดใหม่ ๆ สามารถนำมาปฏิบัติได้จริง

3) การเตรียมปฏิบัติการ (Preparing for action)

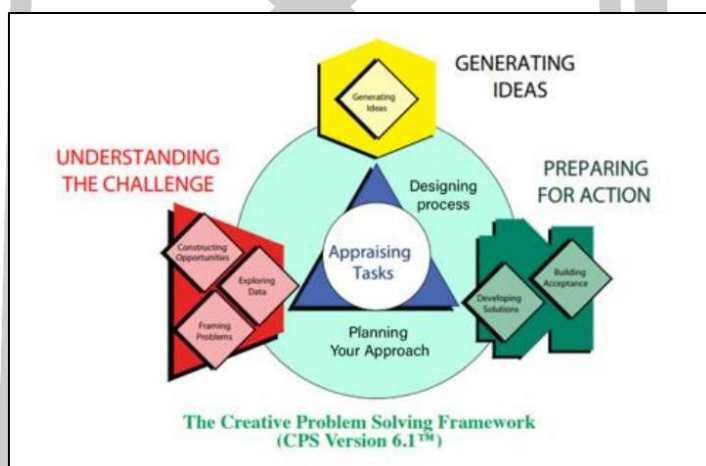
การเตรียมปฏิบัติการ หมายถึง การเตรียมความพร้อมสำหรับการดำเนินการที่เกี่ยวข้องกับการสำรวจวิธีการหรือตัวเลือกที่มีแนวโน้มที่จะเป็นไปได้ในการแก้ปัญหาได้อย่างสำเร็จ ในขั้นตอนนี้เป็นการหาแนวทางที่จะสร้างโอกาสที่ดีที่สุดที่เป็นไปได้ของความสำเร็จหรือเป็นการนำข้อสรุปที่สามารถนำมาปฏิบัติได้จริงและมีประสิทธิภาพนั่นเอง อาจใช้ขั้นตอนใดขั้นตอนหนึ่งหรือสองขั้นตอนก็ได้มาใช้ในการประโยชน์ของการสร้างการยอมรับ ช่วยให้สามารถใช้ความคิดสร้างสรรค์ไปปฏิบัติได้อย่างประสบความสำเร็จ

4) การวางแผนการปฏิบัติ (Planning your approach)

การวางแผนการปฏิบัติ หมายถึง การกำหนดแนวคิดที่เกิดขึ้นให้ไปในทิศทางที่ต้องการในการแก้ปัญหานำไปสู่การกำหนดวิธีการปฏิบัติในการแก้ปัญหาย่างสร้างสรรค์โดยใช้ขั้นตอน ดังนี้

4.1) การประเมินงาน (Appraising tasks) เป็นการกำหนดว่าวิธีการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์นี้เป็นทางเลือกที่มีแนวโน้มสามารถนำไปปฏิบัติได้จริงและมีประสิทธิภาพหรือไม่ มีข้อจำกัดและเงื่อนไขที่จะต้องพิจารณาอย่างไรบ้าง เพื่อนำไปใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ เช่น คนที่เกี่ยวข้องผลลัพธ์ที่ต้องการ บริบทของการทำงานและวิธีการที่ใช้ประโยชน์ของการประเมินงานช่วยให้บุคคลได้รับสิ่งที่ดีที่สุดและสามารถตัดสินใจได้อย่างชาญฉลาดเกี่ยวกับการเลือกใช้วิธีการและเป็นการเพิ่มโอกาสของความสำเร็จให้มากขึ้น

4.2) การออกแบบกระบวนการ (Design process) เป็นการใช้ความรู้และความต้องการ เพื่อวางแผนการใช้ขั้นตอนและเครื่องมือในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ที่ได้ผลดีที่สุด บรรลุตามเป้าหมายที่ต้องการ ประโยชน์ของการออกแบบกระบวนการ จะช่วยให้บุคคลได้เลือกและใช้ขั้นตอน หรือเครื่องมือที่ต้องการและมีประสิทธิภาพ ทำให้ได้ผลงานบรรลุตามเป้าหมายที่ต้องการ



ภาพที่ 3 CPS model

ที่มา: Nikogosyan (2019, Online)

6.4.7 แนวคิดของ Chomphupar

Chomphupar (2011 อ้างอิงใน วัชรินทร์ คงพิบูลย์, 2566) ได้ศึกษาแนวคิดการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์จากหลายแนวคิดและนำมาปรับปรุงจนได้ ขั้นตอนการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ ดังนี้

1. การเข้าถึงปัญหา เป็นการทำความเข้าใจ รับรู้ความท้าทายที่จะแก้ปัญหาจากสถานการณ์ การสำรวจข้อมูลเกี่ยวกับปัญหา ที่เกิดขึ้นอย่างรอบด้าน การระบุปัญหาที่แท้จริงและวางเป้าหมายในการแก้ปัญหา

2. การคิดวิธีการแก้ปัญหา เป็นการคิดหาวิธีแก้ปัญหาให้มากที่สุด

3. การเลือกและเตรียมการ เป็นการประเมินวิธีการแก้ปัญหาจนได้วิธีการที่ดีที่สุด

4. การวางแผนการแก้ปัญหา เป็นการวางแผนแนวทางการแก้ปัญหาโดยใช้ความสามารถและข้อจำกัดของบุคคล รวมถึงบริบท เจเนนไซ ทรัพยากร และอุปสรรค

5. การลงมือปฏิบัติ เป็นการนำแผนที่วางไว้ไปปฏิบัติจริง มีการเปรียบเทียบกิจกรรมและผลการแก้ปัญหากับเป้าหมายที่วางไว้

6.4.8 Kanchanachaya

Kanchanachaya (2016) ได้สรุปกระบวนการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์มี 5 ขั้นตอนใหญ่ 12 ขั้นตอนย่อยดังนี้

1. การค้นหาความจริง มีขั้นตอนย่อย ๆ ดังนี้
 - 1.1 การรับรู้ถึงสภาพที่เป็นปัญหา
 - 1.2 การทำความเข้าใจกับปัญหาที่เกิดขึ้น
 - 1.3 การรวบรวมข้อมูลเพื่อระบุปัญหา
2. การค้นหาปัญหา มีขั้นตอนย่อย ๆ ดังนี้
 - 2.1 การวิเคราะห์ประเด็นปัญหาที่เกิดขึ้น
 - 2.2 การจัดลำดับความสำคัญและพิจารณาคัดเลือกปัญหาที่ควรได้รับการแก้ไขอย่างเร่งด่วน
 - 2.3 การตั้งสมมติฐานสาเหตุของปัญหา
3. การค้นหาความคิด มีขั้นตอนย่อย ๆ ดังนี้
 - 3.1 การนำเสนอและรวบรวมวิธีการแก้ไขปัญหาที่มีความหลากหลายแปลกใหม่
4. การค้นหาคำตอบ มีขั้นตอนย่อย ๆ ดังนี้
 - 4.1 การบอกข้อดีและข้อจำกัดของแต่ละวิธี
 - 4.2 การวิเคราะห์ ประเมิน จัดลำดับวิธีการในการแก้ปัญหา
 - 4.3 การกำหนดเกณฑ์คัดเลือกวิธีการแก้ปัญหา
 - 4.4 การพิจารณาคัดเลือกวิธีแก้ปัญหาที่เหมาะสมที่สุด
5. การค้นหาคำตอบที่เป็นที่ยอมรับ มีขั้นตอนย่อย ๆ ดังนี้
 - การที่นำวิธีการที่ได้เลือกไว้นำไปประยุกต์ใช้ได้ สถานการณ์จริงและสามารถแก้ปัญหาได้

ผู้วิจัยสรุปได้ว่า จากแนวคิด ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์จากข้อมูลข้างต้นผู้วิจัยได้เลือกแนวคิดของ Treffinger (2011) รุ่น (Version) ที่ 6.1 ว่า ความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ หมายถึง ความสามารถในการแสวงหาคำตอบหรือการคิดแก้ปัญหาของนักเรียน โดยคิดได้แปลกใหม่ กว้างขวาง หลากทิศทาง มีการดัดแปลง ปรับแต่งผสมผสานความคิด

จากประสบการณ์ ทำให้สามารถตัดสินใจเลือกวิธีการที่เหมาะสมและมีเหตุผลในการแก้ปัญหาจากสถานการณ์นั้น ๆ ที่ครูกำหนดในใบกิจกรรมและแบบทดสอบความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ จากการประยุกต์ตามแนวคิดของ Treffinger, Isaksen & Dorval, (2011) โดยสังเคราะห์ 4 องค์ประกอบ ได้แก่ 1) การเข้าใจความท้าทาย 2) การสร้างแนวคิด 3) การเตรียม ปฏิบัติการ 4) การวางแผนแนวปฏิบัติ ซึ่งผู้วิจัยได้สร้างแบบทดสอบการคิดแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ ที่เป็นสถานการณ์ที่วัดการคิดแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ดังนี้

องค์ประกอบที่ 1 การเข้าใจความท้าทาย (Understand the challenges) หมายถึง ผู้เรียนเกิดความท้าทายและเข้าใจปัญหา สามารถระบุปัญหาและข้อมูลที่เกี่ยวข้องจากสถานการณ์ผ่านแหล่งข้อมูลที่น่าเชื่อถือ

องค์ประกอบที่ 2 การสร้างแนวคิด (Generating idea) หมายถึง ผู้เรียนระบุสาเหตุที่ทำให้เกิดปัญหา โดยวิเคราะห์จากสถานการณ์ แล้วสร้างทางเลือกในการแก้ปัญหาที่หลากหลาย เพื่อตัดสินใจในการเลือกแนวทางในการแก้ไขที่ดีที่สุดและสมเหตุสมผลที่สุด

องค์ประกอบที่ 3 การเตรียมปฏิบัติการ (Preparing for action) หมายถึง นักเรียนออกแบบและวางแผนแนวทางในการแก้ไขปัญหาตามตัวเลือกอย่างเป็นลำดับขั้นตอนมีความสมเหตุสมผล แล้วสรุปหลักการและแนวคิดที่นำมาใช้ในการแก้ปัญหา

องค์ประกอบที่ 4 การวางแผนการปฏิบัติ (Planning your approach) หมายถึง ผู้เรียนกำหนดแนวทางในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์สู่การปฏิบัติตามที่ได้วางแผนไว้ มี 2 องค์ประกอบ ดังนี้

4.1 การประเมินงาน (Appraising tasks) หมายถึง ผู้เรียนกำหนดแนวทางในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ ซึ่งมีความเป็นไปได้ในการนำมาแก้ไขปัญหาโดยผู้เรียนสามารถปฏิบัติได้จริงและมีประสิทธิภาพ

4.2 การออกแบบกระบวนการ (Design process) หมายถึง ผู้เรียนใช้ความรู้และความต้องการให้ตรงตามเงื่อนไขของสถานการณ์ เพื่อวางแผนการใช้เครื่องมือในแต่ละขั้นตอนได้อย่างมีประสิทธิภาพในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ที่ได้ผลดีที่สุด ทำให้ได้ผลงานบรรลุตามเป้าหมายที่ต้องการ

6.5 การวัดและประเมินผลการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์

6.5.1 แนวคิดการวัดและประเมินผลการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์

ในการวัดและประเมินการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ มีนักการศึกษาและนักจิตวิทยาหลายท่าน ได้พัฒนาแบบทดสอบความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ ดังนี้

1) Consequences Test แบบวัดนี้พัฒนาโดย Guilford (1980) แบบวัด

ประกอบด้วยคำถามชุดหนึ่ง มี 5 คำถาม บรรยายถึงสถานการณ์ที่ใหม่และไม่ปกติ และในแต่ละคำถามจะมีความเป็นไปได้ 4 กรณี ซึ่งผู้ตอบจะเลือกความเป็นไปได้ในแต่ละกรณี ภายในเวลา 2 นาที ต่อ 1 ข้อ การตอบสนองแต่ละครั้งจะมี 2 รูปแบบคือ 1) Obvious หมายถึง ตอบสนองทันทีต่อสิ่งเร้า

2) Remote แสดงว่า มีระยะของการตัดสินใจ แต้มคะแนน ของ Obvious คือ CQ-O คะแนนของ Remote คือ CQ-R คะแนนรวมของการตอบสนองทั้งสองเรียกว่า CQ-T (Guilford, 1980) Alternate Uses Test แบบวัดนี้แต่ละข้อคำถามกล่าวถึงชื่อสิ่งของที่รู้จักกันดี เช่น หนังสือพิมพ์ ซึ่งนำเสนอด้วยการบรรยายสำหรับการใช้ประโยชน์ ผู้เรียนจะถูกถามถึงประโยชน์ที่เป็นทางเลือกอื่น ๆ ของวัตถุ 6 ชิ้น ภายในเวลา 8 นาที แต้มคะแนนของผู้เรียนคือคะแนนรวมทั้งหมดของการแจกแจงประโยชน์ที่ยอมรับได้ (Guilford, 1980)

3) Aptitudes Research Project (ARP) เป็นแบบวัดการคิด โดยถามถึงเหตุผล ความคิดสร้างสรรค์และการแก้ปัญหา โดยพิจารณาจากการคิดที่สัมพันธ์กับมิติทั้ง 3 ของโมเดล โครงสร้างทางสติปัญญาคือวิธีการคิด ผลการคิดและเนื้อหา (Guilford, 1959 อ้างถึงใน Gelade, 1995) ลักษณะของแบบทดสอบมีดังนี้

3.1) ความคล่องแคล่วทางด้านถ้อยคำ (Word Fluency) เป็นความสามารถในการใช้ถ้อยคำอย่างคล่องแคล่ว เช่น ให้เขียนคำจากอักษรเฉพาะที่กำหนดก่อน

3.2) ความคล่องแคล่วทางด้านความคิด (Ideational Fluency) เป็นความสามารถที่จะคิดค้นสิ่งที่ต้องการภายในเวลาที่กำหนด เช่น ให้บอกชื่อสิ่งของ

3.3) ความคล่องแคล่วทางด้านแสดงออก (Expressional Fluency) เป็นสามารถในการใช้ลีหรือประโยค เช่น ให้เขียนประโยคจาก 4 ตัวอักษรที่กำหนด

3.4) การใช้ประโยชน์หลายทาง (Alternate User) ให้เขียนประโยคใช้สอยจากสิ่งของที่กำหนดให้ ซึ่งเป็นประโยชน์ที่ไม่ธรรมดา

3.5) การให้หัวเรื่อง (Plot Titles) ให้เขียนหัวเรื่องจากเรื่องสั้นที่กำหนดให้ โดยกำหนดแต้มคะแนน 2 ประเภท คือ ปริมาณจำนวนของหัวเรื่อง (ความคล่องในการคิด) และ ปริมาณจำนวนของหัวเรื่องที่แปลกและดี (ความคิดริเริ่ม)

3.6) ผลที่ตามมา (Consequences) ให้เขียนชื่อผลที่ตามมาของเหตุการณ์ที่สมมติขึ้น โดยกำหนดแต้มคะแนน 2 ประเภท คือ จำนวนของการตอบสนองที่ชัดเจน (ความคล่องในการคิด) และจำนวนการตอบสนองที่แตกต่างกัน (ความคิดริเริ่ม)

3.7) งานที่เป็นไปได้ (Possible Jobs) ให้เขียนงานที่เป็นไปได้ที่แสดงถึงความเป็นสัญลักษณ์จากเครื่องหมายหรือสัญลักษณ์ที่ให้

3.8) การวาดวัตถุสิ่งของ (Making Object) วาดสิ่งของหรือวัตถุโดยใช้เฉพาะชุดของรูปร่างที่กำหนดให้

3.9) การร่าง (Sketches) ภาพทดสอบแต่ละภาพบรรจุชุดของรูปร่างเพื่อการวิเคราะห์

3.10) การจับคู่ปัญหา (Match Problem) ให้เลื่อนจำนวนก้อนไม้ขีดไฟที่กำหนดให้เป็นรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส หรือสามเหลี่ยมตามจำนวนที่กำหนดให้

3.11) การตกแต่ง (Decorations) ให้ตกแต่งรูปร่างวัตถุที่กำหนดให้ มีการออกแบบที่แตกต่างกันจำนวนมากเท่าที่เป็นไปได้

4) แบบวัดการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ของศศิรัศม์ สริกขกานนท์

ศศิรัศม์ สริกขกานนท์ (2540 อ้างอิงใน ปราณี ถิ่นเวียงทอง, 2564) ได้พัฒนาแบบสอบความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ จำนวน 1 ฉบับ เพื่อใช้กับกลุ่มตัวอย่างระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 โดยมีคะแนนเต็ม 100 คะแนน ข้อสอบชุดนี้มีค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.67 ลักษณะของข้อสอบเป็นแบบเขียนตอบ จำนวน 8 เรื่อง จำนวน 3 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 ตอบคำถามจากเนื้อเรื่อง เรื่องละ 10 คะแนน จำนวน 5 เรื่อง รวม 50 คะแนน โดยให้นักเรียนคิดหาคำตอบจากคำสั่งหรือสิ่งที่กำหนดให้ เพื่อให้ได้คำตอบที่มีความแปลกแตกต่างจากเดิมและผู้อื่นมีความหลากหลาย แสดงความกล้าในการคิดและตัดสินใจเขียนแสดงความคิดอย่างสื่อความหมาย

ตอนที่ 2 แสดงวิธีการแก้ปัญหาจากเนื้อเรื่องที่กำหนดให้ 1 เรื่อง 20 คะแนนแบ่งเป็น 2 ส่วน ดังนี้ ส่วนที่ 1 ให้นักเรียนแสดงความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ที่มีความหลากหลายแปลกใหม่ไม่ซ้ำกับที่มีอยู่เดิมและผู้อื่นบอกได้ว่าปัญหามีอะไรบ้าง และรู้จักวิธีแก้ปัญหา กล้าคิดและเสนอ วิธีแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ที่มีความแปลกใหม่และหลากหลาย แสดงความสามารถในการระดมความคิดจากความรู้และประสบการณ์เดิม ให้สอดคล้องกับความเป็นไปได้และตรงกับสภาพของปัญหา ส่วนที่ 2 ให้นักเรียนรู้จักวิธีแก้ปัญหาที่เหมาะสมที่สุดที่ใช้ในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ มีแนวโน้มว่าจะนำมาใช้แก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ตัดสินใจเลือกวิธีแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์จากวิธีแก้ปัญหาที่เสนอทั้งหมด รวมถึงการลำดับขั้นการปฏิบัติจากวิธีการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ที่เลือก เพื่อนำไปสู่การแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ที่ประสบความสำเร็จ และสามารถอธิบายได้ เป็นลำดับขั้นตอน

ตอนที่ 3 ให้อ่านเนื้อเรื่องที่กำหนดให้แสดงการรับรู้ปัญหา สาเหตุของปัญหาและวิธีแก้ปัญหา จำนวน 2 เรื่อง เรื่องละ 15 คะแนน รวม 30 คะแนน โดยให้นักเรียนเสนอปัญหาจากเรื่องที่กำหนดและเลือกวิธีการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ที่เหมาะสมจากวิธีการแก้ปัญหาทั้งหมดที่เสนออย่างมีเหตุผล

5) แบบวัดการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ของศศิกันต์ วิบูลย์ศรีนทร์

ศศิกานต์ วิบูลยศรินทร์ (2543 อ้างอิงใน ปราณี ถิ่นเวียงทอง, 2564) ได้ทำการทดลองกับกลุ่มตัวอย่างชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 โดยทำการประเมินความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ โดยใช้แบบวัดความคิดสร้างสรรค์ของ Torrance (Torrance Test of Thinking) ซึ่ง

ประกอบด้วยชุดการใช้รูปภาพ (Form A) จำนวน 2 กิจกรรม ได้แก่ กิจกรรมที่ 2 และ 3 และชุดการใช้ภาษา (Form B) จำนวน 3 กิจกรรม ได้แก่ กิจกรรมที่ E 1, 4, 5 โดยทุกกิจกรรมใช้เวลากิจกรรมละ 10 นาที และมีค่าความเชื่อมั่นของแบบวัดเท่ากับ .88 โดยมีกิจกรรม ดังนี้

กิจกรรมที่ 1 การต่อเติมภาพให้สมบูรณ์

กิจกรรมที่ 2 เส้นตรง

กิจกรรมที่ 3 ประโยชน์ของกล่องหรือลังกระดาษ

กิจกรรมที่ 4 คำถามเกี่ยวกับกล่องหรือลังกระดาษ

กิจกรรมที่ 5 การสมมติเรื่องและสภาพการณ์

นอกจากนี้ ศศิกานต์ วิบูลยศรินทร์ (2543 อ้างอิงใน ปราณี ถิ่นเวียงทอง, 2564) ยังใช้แบบประเมินผลผลิตของการคิดแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ โดยนำแบบประเมินผลผลิตของความคิดสร้างสรรค์ (The Creative Product Semantic Scale: CPSS) ของ Besemer และ Quin (Besemer and Quin, 1986) มาพัฒนาเพื่อใช้เป็นเครื่องมือ ในการประเมินผลผลิตของการคิดแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ และใช้ชื่อเฉพาะเจาะจงว่าแบบประเมินผล ผลิตของการคิดแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ ซึ่งประเมินผลผลิตของความคิดสร้างสรรค์ใน 3 มิติ คือมิติ ด้านนวภาพ (Novelty) มิติ ด้านการแก้ปัญหา (Resolution) และมิติด้านการต่อเติมเสริมแต่งและการสังเคราะห์ (Elaboration and Synthesis) โดยมีค่าความเที่ยงของแบบประเมินชุดนี้เท่ากับ .87

6) แบบวัดการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ของสรวงสุตา ปานสกุล

สรวงสุตา ปานสกุล (2545 อ้างอิงใน ปราณี ถิ่นเวียงทอง, 2564) ได้พัฒนาแบบทดสอบเขียนตอบเกี่ยวกับการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ 5 ทักษะ คือ การค้นหาความจริง การค้นหาปัญหา การค้นหาความคิด การค้นหาคำตอบและการค้นหาคำตอบที่เป็นที่ยอมรับ โดยกลุ่มตัวอย่าง คือ บุคลากรกรมประชาสัมพันธ์ ระดับ 7-8 เป็นแบบวัดที่อาศัยแนวคิดแบบอิงเกณฑ์ (Criterion Referenced Measurement) โดยอาศัยกรอบแนวคิดการออกแบบการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ของ Quellmarz (1985 อ้างอิงใน สรวงสุตา ปานสกุล, 2545) และเกณฑ์การให้คะแนนการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ของสมศักดิ์ สินธุระเวชญ์ ที่ยึดหลักการให้คะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ของ Torrance (Torrance, 1966 อ้างอิงใน สรวงสุตา ปานสกุล, 2545) และ Cropley (Cropley, 1966 อ้างอิงใน สรวงสุตา ปานสกุล, 2545) ได้แบบทดสอบความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ จำนวน 1 ฉบับ แบบเขียนตอบ จำนวน 5 ข้อ คะแนนเต็ม 50 คะแนน มีค่าความเที่ยง เท่ากับ 0.72

7) แบบวัดการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ของจำรัส อินทลาภาพร

จำรัส อินทลาภาพร (2558 อ้างอิงใน ปราณี ถิ่นเวียงทอง, 2564) ได้พัฒนาแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ โดยใช้แนวคิดของ Quellmarz กลุ่มตัวอย่าง คือนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 จำนวน 1 ห้องเรียน จำนวน 50 คน โดยแบบทดสอบความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ จำนวน 1 ฉบับ แบบเขียนตอบ จำนวน 3 ข้อ คะแนนเต็ม 36 คะแนน มีค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.79

6.5.2 การวัดและประเมินผลการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์จากชิ้นงาน

การประเมินความสามารถหรือประเมินทักษะในการแก้ปัญหาย่างสร้างสรรค์ได้ตามเกณฑ์ผลงานหรือวิธีการแก้ปัญหามีลักษณะดังต่อไปนี้ (Young, 1985 อ้างอิงใน พัทธรา พุ่มพชาติ, 2552)

1) มีความแปลกใหม่ (Newness) โดยพิจารณาจากลักษณะย่อย คือ ใหม่ในฐานะต้นคิดใหม่จากกลุ่มอ้างอิง ใหม่ในลักษณะที่แตกต่างจากแนวทางทั่วไป ใหม่ในฐานะที่สร้างขึ้นใหม่

2) ความมีคุณค่า (Value Serve) โดยพิจารณาจากลักษณะย่อย คือ คุณค่าต่อผู้สร้างสรรค์ผลงาน และคุณค่าต่อผู้อื่น ดังนั้น เพื่อการรับรู้ว่าผู้แก้ปัญหาหรือผู้เรียนเกิดทักษะการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ ต้องประเมินโดยพิจารณาจากผลผลิตของความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ นั่นคือต้องมีความแปลกใหม่ ต่างจากที่มีอยู่ทั่วไปและมีคุณค่าต่อผู้สร้างสรรค์ผลงานหรือวิธีการนั้นและต่อผู้อื่นด้วย ซึ่งสามารถวัดและประเมินผลทั้งด้านกระบวนการคิดที่ซับซ้อนความสามารถในการปฏิบัติงานศักยภาพของผู้เรียนในแง่ของผู้ผลิตและกระบวนการที่ได้ผลผลิต และดำเนินการวัดและประเมินผลด้านทักษะการแก้ปัญหาย่างสร้างสรรค์ตามรายละเอียดดังนี้

1) ความสามารถของผู้แก้ปัญหาหรือผู้เรียนประเมินได้จากการแสดงออกโดยตรงจากการทำงานต่างๆ จากสถานการณ์ที่กำหนดให้ ซึ่งเป็นของจริงหรือใกล้เคียงกับสภาพจริงและเปิดโอกาสให้ผู้แก้ปัญหาหรือผู้เรียนได้แก้ปัญหาจากสถานการณ์จริงหรือปฏิบัติงานได้จริงโดยการประเมินจากกระบวนการทำงาน กระบวนการคิด โดยเฉพาะความคิดขั้นสูงและผลงานที่ได้

2) การประเมินผลด้านความสามารถ ประเมินได้ทั้งการแสดงผลและกระบวนการทำงานและผลผลิตของงานจะให้ความสำคัญต่อกระบวนการทำงาน กระบวนการคิดคุณภาพของงานมากกว่าผลสำเร็จของงาน

3) ลักษณะสำคัญของการประเมินความสามารถ คือ กำหนดวัตถุประสงค์ของงาน วิธีการทำงาน ผลสำเร็จของงาน มีคำสั่งควบคุมสถานการณ์ในการปฏิบัติงาน และมีเกณฑ์การให้คะแนนที่ชัดเจน การประเมินความสามารถที่แสดงออกของผู้เรียนทำได้หลายแนวทางต่างกักันขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อม สถานการณ์ และความสนใจของผู้เรียน

การประเมินความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ ในส่วนที่ประเมิน ชิ้นงานสร้างสรรค์ของนักเรียน ผู้วิจัยได้ใช้แนวคิดการวัดและประเมินการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิด สะเต็มศึกษาเกี่ยวกับการประเมินชิ้นงาน (สสวท., 2557) และแนวคิดการประเมินผลจากผลงานหรือ ชิ้นงานของ Basemer and Treffinger (1981) ซึ่งเป็นการให้คะแนนแบบรูบริก (Scoring rubrics)

ผู้วิจัยสรุปได้ว่า การประเมินความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ ให้ประเมิน โดยดูจากผลผลิตของความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์นั้นว่า มีความแปลกใหม่ต่างจากที่มี อยู่ทั่วไปและความมีคุณค่าต่อผู้สร้างสรรค์ผลงานนั้นและต่อผู้อื่นด้วย ซึ่งในการวิจัยในครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ นำขั้นตอนการวัดความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ตามแนวคิดของ Treffinger จำนวน 4 องค์ประกอบ ดังนี้ องค์ประกอบที่ 1 ขั้นการทำความเข้าใจความท้าทาย (Understand the challenges) องค์ประกอบที่ 2 ขั้นการสร้างแนวคิด (Generating idea) องค์ประกอบที่ 3 ขั้นการเตรียมปฏิบัติการ (Preparing for action) และองค์ประกอบที่ 4 ขั้นการวางแผนการปฏิบัติ (Planning your approach) เพื่อนำมาใช้เป็นแนวทางในการสร้างเครื่องมือวัดความสามารถในการ แก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ โดยเครื่องมือที่ใช้ในการวัดความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ของ นักเรียนนั้น ผู้วิจัยได้กำหนดสถานการณ์ปัญหาในใบกิจกรรมการเรียนรู้และแบบทดสอบ วัดความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ ซึ่งเป็นการตอบแบบอัตนัย โดยครอบคลุมทั้ง 4 องค์ประกอบ ให้คะแนนเป็นรูบริกตามเกณฑ์การประเมินที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นโดยประยุกต์ตามแนวคิดของ Treffinger

7. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

7.1. ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) ได้กล่าวถึงผลสัมฤทธิ์ทางการ เรียนวิชาวิทยาศาสตร์ สรุปได้ว่าเป็นพฤติกรรมการเรียนรู้ที่พึงประสงค์ด้านสติปัญญาหรือความรู้ ความคิดในวิชาวิทยาศาสตร์ ซึ่งสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีได้ยึดหลัก แนวทางของ Klopfer ในการประเมินการเรียนรู้ด้านสติปัญญาหรือด้านความรู้ความคิดแบ่งได้ 4 ด้าน คือ

1. ความรู้ความจำเป็นพฤติกรรมที่ผู้เรียนสามารถจดจำคำศัพท์ ข้อเท็จจริงแนวความคิด กระบวนการ หลักการ ทฤษฎีต่าง ๆ
2. ความเข้าใจเป็นการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมการเรียนรู้ของนักเรียนด้านสามารถในการ อธิบายและให้เหตุผลเกี่ยวกับคำศัพท์ ข้อเท็จจริง แนวความคิดกระบวนการ หลักการทฤษฎี
3. กระบวนการสืบเสาะหาความรู้จากข้อมูล
4. การนำความรู้และวิธีการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้

พิชิต ฤทธิ์จัญญ (2545) ได้กล่าวว่า แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง แบบทดสอบที่ใช้วัดความรู้ทักษะ และความสามารถทางวิชาการที่นักเรียนได้เรียนรู้มาแล้วว่าบรรลุผลสำเร็จตาม จุดประสงค์ที่กำหนดไว้เพียงใด

สิริพร ทิพย์คง (2545) ได้กล่าวว่า แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง ชุดคำถามที่มุ่งวัดพฤติกรรมการเรียนของนักเรียนว่ามีความรู้ทักษะ และสมรรถภาพด้านสมรรถภาพต่าง ๆ ในเรื่องที่เรียนรู้ไปแล้วมากน้อยเพียงใด

สมพร เชื้อพันธ์ (2547) กล่าวว่า แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง แบบทดสอบหรือชุดของข้อสอบที่ใช้วัดความสำเร็จหรือความสามารถในการทำ กิจกรรม การเรียนรู้ ของนักเรียนที่เป็นผลมาจากการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน ของครูผู้สอนว่าผ่าน จุดประสงค์การเรียนรู้ที่ตั้งไว้เพียงใดแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

พิชิต ฤทธิ์จัญญ (2548) ได้กล่าวว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหรือพฤติกรรมหรือผลการเรียนรู้ของผู้เรียนอันเนื่องมาจากการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนของครู บ่งชี้ว่าผู้เรียนมีความสามารถ หรือสัมฤทธิ์ผลในแต่ละรายวิชามากน้อยเพียงใด ผลการทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์จะเป็นประโยชน์ต่อการพัฒนาผู้เรียนให้มีคุณภาพตามจุดประสงค์ของการเรียนรู้หรือมาตรฐานผลการเรียนรู้ที่กำหนดไว้ และเป็นประโยชน์ต่อการปรับปรุงและพัฒนาการสอนของครูให้มีคุณภาพและประสิทธิภาพยิ่งขึ้น การที่จะทำได้ผลการทดสอบมีความถูกต้อง เทียบตรงเชื่อถือได้นั้นจะต้องใช้แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ที่มีคุณภาพซึ่งผ่านการสร้างอย่างถูกต้องตามหลักวิชา

สมนึก ภัททิยธนี (2549) ได้กล่าวว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเป็นการวัดพฤติกรรม ด้านพุทธิพิสัย ซึ่งเป็นสมรรถภาพทางด้านสมองหรือปัญญาของบุคคลในการเรียนรู้สิ่งต่าง ๆ แบ่งเป็น 6 ด้าน แต่ละด้านได้แบ่งเป็นพฤติกรรมย่อย ๆ รวมทั้งหมด 21 พฤติกรรม เรียงตามลำดับขั้นตอนการเกิดพฤติกรรมจากด้านต่ำสุดถึงขั้นสูงสุด ซึ่งเป็นผลสัมฤทธิ์ที่เกิดขึ้นในตัวผู้เรียน

ชวลิต ชูกำแหง (2551) ได้กล่าวว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง ความสามารถในการเรียนรู้โดยพิจารณาจากคะแนนผลการเรียนรู้ที่วัดโดยใช้แบบทดสอบ

เยาวดี วิบูลย์ศรี (2551) ได้กล่าวว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง คุณลักษณะและ ประสิทธิภาพการเรียนรู้ที่เกิดขึ้นจากการฝึกอบรมหรือการสอน จึงเป็นการตรวจสอบความสามารถ หรือความสัมฤทธิ์ผลของบุคคลว่าเรียนรู้แล้วเท่าไร มีความสามารถชนิดใด

ผู้วิจัยสรุปได้ว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง ผลของพฤติกรรมการเรียนรู้ที่พึงประสงค์ ด้านสติปัญญาและความรู้ความคิของนักเรียน จากการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนของครู เพื่อนำ ผลสัมฤทธิ์ที่ได้นั้นมาปรับปรุงและพัฒนาการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนของครูให้มีคุณภาพและมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น

7.2 แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ (2538) ได้กล่าวว่า แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนซึ่งแบ่งแบบทดสอบเป็น 2 ชนิด คือ

1. แบบทดสอบของผู้สอน หมายถึง ชุดคำถามที่ผู้สอนเป็นผู้สร้างขึ้น ซึ่งเป็นคำถามที่เกี่ยวกับความรู้ที่นักเรียนที่ได้เรียนรู้ในห้องเรียนว่ามีความรู้มากน้อยแค่ไหน มีความบกพร่องตรงไหน อีกหรือไม่จะได้สอนมีการซ่อมเสริม หรือวัดดูความพร้อมที่จะเรียนบทเรียนใหม่ ซึ่งขึ้นอยู่กับความต้องการของผู้สอน

2. แบบทดสอบมาตรฐาน หมายถึง แบบทดสอบที่สร้างขึ้นจากผู้เชี่ยวชาญในแต่ละวิชาหรือจากผู้สอนที่สอนวิชานั้น ที่ผ่านการทดลองหาคุณภาพหลายครั้ง และมีการเปรียบเทียบผลเพื่อประเมิน ค่าของการเรียนการสอน แบบทดสอบมาตรฐานจะมีคู่มือดำเนินการสอน และยังมีมาตรฐานในด้านการแปลคะแนนด้วย ทั้งแบบทดสอบที่ผู้สอนสร้างขึ้น และแบบทดสอบมาตรฐาน มีวิธีการสร้างข้อคำถามเหมือนกันเป็นคำถามที่วัดเนื้อหาและพฤติกรรมที่สอนไปแล้ว ซึ่งสามารถวัดและควรวัดให้ครอบคลุมพฤติกรรมต่าง ๆ ดังนี้

- 2.1 วัดด้านความรู้ความจำ
- 2.2 วัดความเข้าใจ
- 2.3 วัดการนำไปใช้
- 2.4 วัดด้านการวิเคราะห์
- 2.5 วัดด้านการสังเคราะห์
- 2.6 วัดด้านการประเมินค่า

บุญชม ศรีสะอาด (2545 อ้างอิงใน ธีรพงศ์ พงษ์เสือ, 2564) ได้กล่าวว่า แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนซึ่งแบ่งแบบทดสอบเป็น 2 ชนิด คือ

1. แบบทดสอบอิงเกณฑ์ (Criterion referenced test) หมายถึง แบบทดสอบที่สร้างขึ้นตามจุดประสงค์เชิงพฤติกรรมมีคะแนนจุดตัดหรือคะแนนเกณฑ์สำหรับใช้ตัดสินว่านักเรียนมีความรู้ตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้หรือไม่ การวัดตรงจุดประสงค์เป็นหัวใจสำคัญของข้อสอบในแบบทดสอบประเภทนี้

2. แบบทดสอบอิงกลุ่ม (Norm referenced test) หมายถึง แบบทดสอบที่มุ่งสร้างเพื่อวัดให้ครอบคลุมหลักสูตร ความสามารถในการจำแนกผู้สอบตามความเก่งอ่อนได้ดีเป็นหัวใจของข้อสอบในแบบทดสอบประเภทนี้ การรายงานผลการสอบอาศัยคะแนนมาตรฐาน ซึ่งเป็นคะแนนที่สามารถให้ความหมายแสดงถึงสถานภาพความสามารถของบุคคลนั้นเมื่อเปรียบเทียบกับบุคคลอื่น ๆ ที่ใช้กลุ่มเปรียบเทียบ

สมนึก ภัททิยธนี (2551) ได้กล่าวว่า แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน (Achievement Test) เป็นแบบทดสอบที่ใช้วัดสมรรถภาพสมองด้านต่าง ๆ ที่นักเรียนได้รับการเรียนรู้ผ่านมาแล้วว่ามีอยู่เท่าใด แบบสอบถามประเภทนี้แบ่งออกเป็น 2 ชนิด

1. แบบทดสอบที่ครูสร้างขึ้นเอง (Teacher-made Test) เป็นแบบทดสอบที่มุ่งวัดผลสัมฤทธิ์ของผู้เรียนเฉพาะกลุ่มที่ครูสอน จะไม่นำไปใช้กับผู้เรียนกลุ่มอื่น เป็นแบบทดสอบที่ใช้กัน

ทั่ว ๆ ไปในโรงเรียน

2. ข้อสอบมาตรฐาน (Standardized Test) เป็นแบบทดสอบที่มุ่งวัดผลสัมฤทธิ์ เช่นเดียวกับแบบทดสอบที่ครูสร้าง แต่มีจุดมุ่งหมายเพื่อเปรียบเทียบคุณภาพต่าง ๆ ของผู้เรียนที่ต่างกลุ่มกัน เช่น เปรียบเทียบคุณภาพของนักเรียนในโรงเรียนแห่งหนึ่งกับนักเรียนกลุ่มอื่น ๆ ทั่วประเทศ (แบบทดสอบมาตรฐานระดับชาติ) หรือกับนักเรียนกลุ่มอื่นๆ ทั่วจังหวัด (แบบทดสอบมาตรฐานระดับจังหวัด) เป็นต้น

สมบัติ ห้ายเรือคำ (2555) ได้กล่าวว่า แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนไว้ ดังนี้

1. แบ่งตามลักษณะการสร้าง แบ่งได้ 2 ชนิด คือ

1.1 แบบทดสอบที่ผู้วิจัยสร้างเอง หรือแบบทดสอบที่ผู้สอนสร้างเอง (Teacher Made Test) เป็นแบบทดสอบที่ผู้วิจัยดำเนินการสร้างด้วยตนเองตามวัตถุประสงค์ของการสอน ซึ่งกระบวนการในการสร้างนั้นจะต้องมีการนำแบบทดสอบที่สร้างขึ้นไปทดลองใช้แล้วนำมาวิเคราะห์คุณภาพของแบบทดสอบ จากนั้นนำมาแก้ไขปรับปรุงให้เป็นแบบทดสอบที่มีคุณภาพก่อนที่จะนำไปใช้จริง ซึ่งแบบทดสอบที่มีคุณภาพนั้นควรจะเป็นแบบทดสอบที่มีอำนาจจำแนกสูง ความยากปานกลาง มีความตรง (Validity) และมีความเที่ยง (Reliability) สูง

1.2 แบบทดสอบมาตรฐาน (Standardized Test) เป็นแบบทดสอบที่ได้รับการพัฒนาปรับปรุงคุณภาพจนสามารถเป็นที่เชื่อถือได้เมื่อมีการนำแบบทดสอบมาตรฐานไปใช้ ไม่ว่าใครจะเป็น ผู้คุมสอบหรือตรวจให้คะแนนก็ตามผลลัพธ์ที่ได้จะใกล้เคียงกันหรือมีความเป็นปรนัย (Objectivity) โดยในแบบทดสอบมาตรฐานนั้นจะมีการระบุวิธีการทำข้อสอบและตรวจข้อสอบอย่างชัดเจน นอกจากนั้นยังระบุปกติวิสัย (Norm) ค่าเฉลี่ยค่ามัธยฐาน ค่าเปอร์เซ็นต์ไทล์คะแนน มาตรฐานของกลุ่มประชากรที่ทำแบบทดสอบก็ได้ และยังระบุความตรง (Validity) และมีความเที่ยง (Reliability) ของแบบทดสอบด้วย

2. แบ่งตามลักษณะการใช้ แบ่งได้ 7 ชนิด ดังนี้

2.1 แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน (Achievement Test) เป็นแบบทดสอบที่ใช้วัดระดับความสามารถของนักเรียนว่ามีความรู้ความสามารถและทักษะในเนื้อหาวิชาที่เรียนไปแล้วมากน้อยเพียงใด

2.2 แบบทดสอบวัดความพร้อม (Readiness Test) เป็นแบบทดสอบที่ใช้วัดความพร้อมของนักเรียนว่ามีความพร้อมที่จะเรียนหรือไม่

2.3 แบบทดสอบวินิจฉัยข้อบกพร่อง (Diagnostic Test) เป็นแบบทดสอบที่ใช้ตรวจสอบข้อบกพร่อง หรือจุดด้อยในการเรียนในแต่ละเนื้อหาวิชา เพื่อตรวจสอบว่านักเรียนยังไม่เข้าใจในเนื้อหาวิชาส่วนใดหรือไม่

2.4 แบบทดสอบวัดเชาวน์ปัญญา (Intelligence Test) เป็นแบบทดสอบที่ใช้วัดความสามารถในด้านการคิดอย่างนามธรรม ความสามารถในการเรียนรู้ รวมทั้งความสามารถในด้านการรวบรวมประสบการณ์ต่าง ๆ มาปรับใช้ในสถานการณ์ใหม่

2.5 แบบทดสอบวัดความถนัด (Aptitude Test) เป็นแบบทดสอบที่ใช้วัดศักยภาพในการเรียน (Capacity to learn) ใช้ในการพยากรณ์พฤติกรรม หรือความสามารถเฉพาะที่จะเกิดขึ้น

ภายหลัง ความแตกต่างระหว่างแบบทดสอบวัดเชาวน์ปัญญา กับแบบทดสอบวัดความถนัด คือ แบบทดสอบเชาวน์ปัญญาจะวัดความสามารถทั่วไป แต่แบบทดสอบวัดความถนัดจะวัดความสามารถเฉพาะด้าน

2.6 แบบสำรวจบุคลิกภาพ (Personality Inventories) เป็นแบบทดสอบที่ใช้วัดความต้องการ การปรับตัวและค่านิยมต่าง ๆ ของนักเรียน เพื่อหาทางในการปรับตัวในการเรียนหรือช่วยเหลือนักเรียนที่มีปัญหา

2.7 แบบสำรวจความสนใจด้านอาชีพ (Vocational Inventories) เป็นแบบทดสอบที่ใช้สำรวจความสนใจในอาชีพ ซึ่งจะให้นักเรียนระบุถึงความสนใจในสิ่งต่าง ๆ เช่น กีฬาวิชาที่สนใจ

คณาจารย์ภาควิชาวิจัยและพัฒนาการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม (2564) ได้เสนอเกี่ยวกับประเภทของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแบ่งออกเป็น 2 ชนิด ดังนี้

1. แบบทดสอบที่ครูสร้างขึ้นเอง (Teacher-Made Test) หมายถึง แบบทดสอบที่มุ่งวัดผลสัมฤทธิ์ของนักเรียนเฉพาะกลุ่มที่ผู้สอนสอน ซึ่งเป็นแบบทดสอบที่ใช้กันทั่ว ๆ ไป ในโรงเรียนและสถาบันการศึกษา

2. แบบทดสอบมาตรฐาน (Standardized Test) หมายถึง แบบทดสอบที่มุ่งวัดผลสัมฤทธิ์ของผู้เรียนโดยทั่ว ๆ ไป แบบทดสอบประเภทนี้จะต้องผ่านการวิเคราะห์แล้วว่ามีคุณภาพที่ดีและมีมาตรฐาน คือ มีมาตรฐานในการดำเนินการสอบ และมาตรฐานในการแปลความหมายของคะแนน

ผู้วิจัยสรุปได้ว่า ประเภทของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสามารถจำแนกตามวิธีการสร้างสามารถแบ่งได้เป็น 2 ชนิด คือ แบบทดสอบที่ครูสร้างขึ้นเอง และแบบทดสอบมาตรฐาน และถ้าจำแนกตามเกณฑ์ที่ใช้วัดจะสามารถแบ่งได้เป็น 2 ชนิด คือ แบบทดสอบอิงเกณฑ์ และแบบทดสอบอิงกลุ่ม โดยในงานวิจัยนี้ใช้แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเป็นแบบทดสอบอิงเกณฑ์ซึ่งเป็นแบบทดสอบที่สร้างขึ้นตามจุดประสงค์เชิงพฤติกรรมมีคะแนนจุดตัดหรือคะแนนเกณฑ์สำหรับใช้ตัดสินว่านักเรียนมีความรู้ตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้หรือไม่ การวัดตรงตามจุดประสงค์เป็นหัวใจสำคัญของข้อสอบในแบบทดสอบประเภทนี้

7.3 องค์ประกอบที่มีอิทธิพลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

Bloom (ทักษิณ ประสงค์สุข, 2546; อ้างอิงมาจาก Bloom, 1976) ได้กล่าวว่า สิ่งที่มีอิทธิพลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน มีอยู่ 3 ตัวแปร คือ

1. พฤติกรรมด้านความรู้และความคิด (Cognitive Entry Behaviors) หมายถึง ความรู้ความสามารถและทักษะต่าง ๆ ของผู้เรียนที่มีมาก่อน
2. คุณลักษณะทางจิตใจ (Affective Entry Characteristics) แรงจูงใจที่ทำให้ผู้เรียนเกิดความอยากเรียนรู้ในสิ่งใหม่ ๆ ได้แก่ ความสนใจในวิชาที่เรียน เจตคติต่อเนื้อหาวิชาและสถาบันให้การยอมรับความสามารถของตัวเอง เป็นต้น
3. คุณภาพการเรียนการสอน (Quality of Instruction) หมายถึง ประสิทธิภาพ

การเรียนการสอนที่นักเรียนได้รับ ได้แก่ คำแนะนำการปฏิบัติและแรงเสริมของผู้สอนที่มีต่อผู้เรียน เป็นต้น

Anderson and Krathwohl (2001 อ้างในสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2560) ได้ทบทวนและปรับปรุงอนุกรมวิธานของบลูม โดยใช้ชื่อว่า อนุกรมวิธานการเรียนการสอน และการประเมินหรือที่เรียกสั้น ๆ ว่า อนุกรมวิธานที่ปรับปรุงมาจากบลูม (Revised Bloom's Taxonomy) โดยการปรับปรุงอนุกรมวิธานของบลูมให้เป็นพลวัตมากยิ่งขึ้นโดยการเปลี่ยนแต่ละระดับของบลูมจากคำนามให้เป็นคำกริยาเพื่อแสดงถึงกระบวนการของนักคิดเพื่อพัฒนาสติปัญญาด้านพุทธิพิสัย ซึ่งได้แบ่งการเรียนรู้ออกเป็น 6 ระดับ ดังนี้

1) ระดับที่ 1 ความรู้ที่เกิดจากความจำ (Knowledge) เป็นระดับที่นักเรียนสามารถจดจำหรือย้อนระลึกถึงสิ่งที่เคยเรียนรู้แล้วสามารถนำความรู้ที่อยู่ในความทรงจำออกมาได้

2) ระดับที่ 2 ความเข้าใจ (Comprehension) เป็นระดับที่นักเรียนสามารถสร้างคำอธิบาย สื่อสาร หรือแสดงให้เห็นความเข้าใจข้อเท็จจริง แนวคิด หรือความรู้ที่ได้เรียน ซึ่งอาจทำได้ด้วยวิธีการต่าง ๆ เช่น อธิบาย จำแนก เปรียบเทียบ สร้างแผนภูมิหรือแผนผังตัวอย่าง

3) ระดับที่ 3 ประยุกต์ใช้ (Apply) เป็นระดับที่นักเรียนสามารถลงมือทำหรือดำเนินการอย่างใดอย่างหนึ่งตามสถานการณ์ที่กำหนด โดยนำความรู้ที่เรียนมาใช้ประโยชน์

4) ระดับที่ 4 วิเคราะห์ (Analyze) เป็นระดับที่นักเรียนสามารถแจกแจง แยกแยะสิ่งของ วัตถุ เหตุการณ์ปรากฏการณ์ ระบบต่าง ๆ ออกเป็นองค์ประกอบหรือส่วนย่อย ๆ และพิจารณาความเกี่ยวข้องกันของส่วนย่อยแต่ละส่วน รวมถึงพิจารณาความเกี่ยวข้องของแต่ละส่วนย่อยกับสิ่งของ วัตถุ เหตุการณ์ ปรากฏการณ์ ระบบต่าง ๆ ที่ได้แยกแยะออกมา

5) ระดับที่ 5 ประเมินค่า (Evaluate) เป็นระดับที่นักเรียนสามารถตัดสินคุณค่าโดยอาศัยเกณฑ์และมาตรฐานซึ่งอาจทำได้ด้วยวิธีวิพากษ์ (Criticize) ตรวจสอบ (Checking)

6) ระดับที่ 6 สร้างสรรค์ (Create) เป็นระดับที่นักเรียนสามารถนำส่วนย่อยต่าง ๆ หรือองค์ประกอบย่อยเข้ามาเชื่อมโยงกันเป็นภาพรวมของสิ่งของวัตถุ เหตุการณ์ ปรากฏการณ์ ระบบต่าง ๆ อย่างมีเหตุผล โดยผ่านการออกแบบ การวางแผน การสร้าง การผลิต การก่อให้เกิด (Generating)

ผู้วิจัยสรุปได้ว่า อิทธิพลที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียนมาจากความรู้ความสามารถที่ผู้เรียนมีมาก่อนที่จะเรียนในเรื่องนั้น ๆ การที่นักเรียนมีความอยากเรียนรู้ในสิ่งใหม่ ๆ จะทำให้ผู้เรียนเกิดแรงจูงใจในการเรียนมากขึ้น นอกจากนี้การจัดการเรียนการสอนที่ผู้เรียนได้รับก็มีผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนอย่างยิ่ง ซึ่งผู้วิจัยได้นำหลักการและแนวคิดการวัดสติปัญญาด้านพุทธิพิสัยที่มีการปรับปรุงมาจากบลูม (Revised Bloom's Taxonomy) ได้แก่ ความรู้ที่เกิดจาก

ความจำ (Knowledge) ความเข้าใจ (Comprehension) การประยุกต์ใช้ (Apply) และการวิเคราะห์ (Analyze)

7.4 การสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

เยาวดี วิบูลย์ศรี (2552) ได้เสนอขั้นตอนการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์เป็น 4 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นที่ 1 กำหนดวัตถุประสงค์ทั่วไปของการสอบให้อยู่ในรูปของวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม โดยระบุเป็นข้อ ๆ และให้วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมเหล่านั้นสอดคล้องกับเนื้อหาสาระทั้งหมดที่จะทำการทดสอบด้วย

ขั้นที่ 2 กำหนดโครงเรื่องของเนื้อหาสาระที่จะทำการทดสอบให้ครบถ้วน

ขั้นที่ 3 เตรียมตารางเฉพาะหรือผังของแบบทดสอบ เพื่อแสดงถึงน้ำหนักของเนื้อหาวิชาแต่ละส่วนและพฤติกรรมต่าง ๆ ที่ต้องการทดสอบให้เด่นชัด สั้น กระชับรัดกุมและมีความชัดเจน

ขั้นที่ 4 สร้างข้อกระทงทั้งหมดที่ต้องการจะทดสอบให้เป็นไปตามสัดส่วนของน้ำหนักที่ระบุไว้ในตารางเฉพาะ

สมนึก ภักทิษณี (2552) ได้เสนอขั้นตอนการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ดังนี้

ขั้นที่ 1 ศึกษาคำอธิบายรายวิชาและจุดประสงค์การเรียนรู้

ขั้นที่ 2 แบ่งเนื้อหาสาระทั้งหมดนำมาสร้างแบบทดสอบ

ขั้นที่ 3 วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างข้อเรื่อง ความคิดรวบยอด จุดประสงค์การเรียนรู้

ขั้นที่ 4 ศึกษาวิธีเขียนข้อสอบชนิดเลือกตอบ

ขั้นที่ 5 กำหนดจำนวนข้อสอบเลือกตอบ 4 ตัวเลือก (หรือ 5 ตัวเลือก) ที่เขียนทั้งหมดและต้องการใช้จริง (จำนวนที่เขียนข้อสอบเผื่อไว้ 20%-50%) แล้วทำการเขียนข้อสอบให้สอดคล้องกับข้อเรื่องและจุดประสงค์การเรียนรู้แต่ละข้อ

ผู้วิจัยสรุปได้ว่า การสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนต้องศึกษาเนื้อหาสาระเพื่อการจัดสร้างข้อสอบที่ครอบคลุม แล้วทำการจัดทำแบบทดสอบตามแนวทางที่เลือกไว้ให้สอดคล้องกับข้อเรื่องและจุดประสงค์ของเนื้อหาที่จะทดสอบด้วย

8. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

8.1 งานวิจัยในประเทศ

ลัดดาวัลย์ นงประโคน (2560) ได้ทำการศึกษาการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาเพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ ในชั้นเรียน

วิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 กลุ่มเป้าหมาย เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 จำนวน 48 คน โรงเรียนวาปีปทุม ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2559 ซึ่งได้มาโดยวิธีการสุ่มแบบเจาะจง ผลการวิจัยพบว่า 1) ประสิทธิภาพของแผนการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา เรื่อง การสะท้อนแสง และภาพที่เกิดจากการสะท้อนของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 มีประสิทธิภาพ (E_1/E_2) เท่ากับ 78.35/76.81 ซึ่ง E_1 สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด และ E_2 เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด คือ 75/75 2) นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา เรื่อง การสะท้อนแสงและภาพที่เกิดจากการสะท้อนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 75 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 3) นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา เรื่อง การสะท้อนแสงและภาพที่เกิดจากการสะท้อนมีความสามารถในการคิดสร้างสรรค์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนด้านความคิดริเริ่ม และความคิดคล่องแคล่ว อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ส่วนด้านความคิดยืดหยุ่น และความคิดละเอียดลออ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และ 4) ร้อยละ 74 ของกลุ่มเป้าหมายให้ความคิดเห็นว่าความคิดสร้างสรรค์มีผลมาจากผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่จัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาและมีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

ศิริพร มาตรกำจร (2561) ได้ทำการศึกษาความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่องอาหารกับการดำรงชีวิต ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โดยใช้การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา กลุ่มตัวอย่างที่ใช้คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่ศึกษาในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2560 โรงเรียนนาจานชัยสมบูรณ์ อำเภอบึงสามพัน จังหวัดขอนแก่น จำนวน 12 คน ที่ได้มาโดยการเลือกแบบเจาะจง (Purposive Sampling) ผลการวิจัยพบว่า 1) ความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์เรื่องอาหารกับการดำรงชีวิตของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โดยใช้การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา (STEM Education) มีนักเรียนจำนวน 9 คน คิดเป็นร้อยละ 75 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด มีคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ ผ่านเกณฑ์ ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม ซึ่งเป็นไปตามวัตถุประสงค์ของการวิจัย และ 2) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่องอาหารกับการดำรงชีวิตของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โดยใช้การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา (STEM Education) มีนักเรียน จำนวน 10 คน คิดเป็นร้อยละ 83.33 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด มีคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนผ่านเกณฑ์ ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม ซึ่งเป็นไปตามวัตถุประสงค์ของการวิจัย

ธัญมน พิมพ์ดีด (2562) ได้ทำการศึกษาการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์และทักษะการแก้ปัญหา รายวิชาวิทยาศาสตร์กับการแก้ปัญหาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ด้วยการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษา กลุ่มเป้าหมายเป็นนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1/4 ของโรงเรียนสิริรัตนาร ในภาคเรียนที่ 2 ปี การศึกษา 2561 มีนักเรียนทั้งหมด 38 คน ที่ได้รับการเลือกแบบเจาะจง (purposive sampling) ผลการวิจัย พบว่า 1) นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษา

มีคะแนนความคิดสร้างสรรค์ เฉลี่ยเท่ากับ 15.89 คิดเป็นร้อยละ 79.47 และมีจำนวนนักเรียนที่ผ่านเกณฑ์ 35 คน คิดเป็นร้อยละ 92.11 ซึ่งมีค่าสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ 2) นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษา มีคะแนนทักษะการแก้ปัญหา เฉลี่ยเท่ากับ 16.18 คิดเป็นร้อยละ 80.92 และมีจำนวนนักเรียนที่ผ่านเกณฑ์ 36 คน คิดเป็นร้อยละ 94.74 ซึ่งมีค่าสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้

จักรกฤต ภูวงศ์ประเวช (2563) ได้ทำการศึกษาผลของการจัดการเรียนการสอนโครงงานวิทยาศาสตร์โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์และคุณภาพผลงานเชิงสร้างสรรค์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้นสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา การวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลองรูปแบบการทดลองกลุ่มเดียวแบบวัดซ้ำกลุ่มเป้าหมาย คือ นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนสาธิตของมหาวิทยาลัยแห่งหนึ่งรวม 48 คน มีวิธีการเลือกแบบเจาะจง ผลการวิจัย พบว่า 1) ความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์หลังเรียนแตกต่างจากระหว่างเรียนครั้งที่ 2 ระหว่างเรียนครั้งที่ 1 และก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 เมื่อวัดโดยใช้แบบทดสอบ และการรับรู้ความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์หลังเรียนแตกต่างจากระหว่างเรียนครั้งที่ 1 และก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 เมื่อวัดโดยใช้แบบสอบถาม 2) ความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ของนักเรียนหลังเรียนอยู่ในระดับสูง 3) คุณภาพผลงานเชิงสร้างสรรค์ของนักเรียนหลังเรียนอยู่ในระดับดี

สุธาธิณี กรุดเงิน (2563) ได้ทำการศึกษาผลการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้บูรณาการแนวคิดสะเต็มศึกษาที่มีต่อความคิดสร้างสรรค์และเจตคติต่อการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 กลุ่มตัวอย่างที่ใช้คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 จำนวน 9 คน ที่ได้มาจากการสุ่มแบบกลุ่ม ผลการวิจัยพบว่า 1) นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้บูรณาการแนวคิดสะเต็มศึกษามีความคิดสร้างสรรค์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 2) นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษามีความคิดสร้างสรรค์หลังเรียนสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 75 ของคะแนนเต็มอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และ 3) นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษามีต่อการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับสูง

8.2 งานวิจัยต่างประเทศ

Ceylan & Ozdilek (2015) ได้ศึกษาการพัฒนาตัวอย่างแผนการจัดการสอนวิทยาศาสตร์ เรื่อง กรด-เบส ในระดับชั้นมัธยมศึกษา ด้วยรูปแบบสะเต็มศึกษา สำหรับระบบการศึกษาวิทยาศาสตร์ของประเทศตุรกี โดยการกำหนดเครื่องมือการเรียนรู้จากนักเรียนกลุ่มตัวอย่างก่อนนำไปใช้กับนักเรียนกลุ่มอื่น มีการใช้แบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียนกับนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง

ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 จำนวน 12 คน สำหรับเครื่องมือที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา จัดขึ้นด้วยขั้นตอนการสอนแบบ 5E และได้มีการประเมินความรู้ของนักเรียนก่อนเรียนและหลังเรียน ด้วยคำถามปลายเปิด จำนวน 10 ข้อ จากนั้นวิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติ Wilcoxon Signed Ranks Test สำหรับตัวอย่างที่ได้ทดสอบแบบเป็นอิสระต่อกัน และการทดสอบ Kappa Test ของโคเฮนด้วย โปรแกรม SPSS 20.00 ผลการวิจัยพบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนที่ระดับนัยสำคัญ .05 ดังนั้นแผนการสอนด้วยบทเรียน ตัวอย่างนี้มีผลอย่างมากต่อระดับผลการเรียนของนักเรียน

Park & Bates (2018) ได้ศึกษาความเข้าใจและการประยุกต์แนวคิด เรื่อง ปริมาตร ของนักเรียนด้วยการออกแบบเชิงวิศวกรรมในกิจกรรมสะเต็ม โดยการศึกษาครั้งนี้ได้ สร้างกิจกรรม สะเต็มแบบการเล่นเป็นฐาน ซึ่งจะช่วยให้ นักเรียนเข้าใจและประยุกต์ใช้แนวคิด เกี่ยวกับปริมาตรในการสร้างเรือดินน้ำมันด้วยการออกแบบเชิงวิศวกรรม กลุ่มตัวอย่าง คือ นักเรียน อาสาสมัคร จำนวน 3 คน อายุ 6-7 ขวบ ซึ่งได้ทำการรวบรวมข้อมูลโดยการสัมภาษณ์ การถ่ายภาพ ผลงานของนักเรียนในแต่ละขั้นตอน และการบันทึกผลการสังเกต มีการวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้การ วิเคราะห์เป็นรายกรณี ผลการวิจัยพบว่า การออกแบบทางวิศวกรรมในกิจกรรมสะเต็มแบบการเล่น เป็นฐาน มีรูปแบบทั่วไปที่ใช้ปฏิบัติได้ง่าย เมื่อกำหนดปัญหาเชิงวิศวกรรม โดยใช้เกณฑ์ที่แตกต่างกัน นักเรียนมีความเข้าใจแนวคิดเกี่ยวกับปริมาตรได้โดยผ่านการออกแบบเชิงวิศวกรรม นักเรียนสามารถ แสดงความเข้าใจเกี่ยวกับปริมาตรได้โดยสัมพันธ์กับระดับช่วงวัย และประสบการณ์เดิมของพวกเขาที่ เคยพบเจอในชีวิตจริงด้วย

Tri Puji Lestari, Sarwi & Sri Susilogati Sumarti (2018) ได้ศึกษาการจัดการ เรียนรู้โครงงานเป็นฐานตามรูปแบบสะเต็มศึกษา ในการเพิ่มทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และ ความคิดสร้างสรรค์ มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการจัดการเรียนรู้แบบโครงงานเป็นฐานตาม แนวคิดสะเต็มศึกษา ในการเพิ่มทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และความคิดสร้างสรรค์ ดำเนิน การศึกษา เรื่อง สารในวัฏจักรของน้ำและการนำไปใช้ วิธีการวิจัยคือ เทคนิค Quasi Eksperimental Design การสุ่มตัวอย่างแบบอิมตัว เครื่องมือในการรวบรวมข้อมูล คือ แบบสังเกตทักษะกระบวนการ ทางวิทยาศาสตร์ และแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ สถิติที่ใช้วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้การทดสอบ independent t-test เพื่อทดสอบความแตกต่างในการทดสอบการเพิ่มขึ้นและผลของการใช้ N-gain ผลการวิจัยพบว่า มีผลต่อความคิดสร้างสรรค์แตกต่างกัน สังเกตได้จากค่าเฉลี่ยของการทดสอบ N-gain ก่อนและหลังเรียน ความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนในการทดลองเพิ่มขึ้นมาก ในนักเรียนเพิ่มขึ้น มากของทักษะความคิดสร้างสรรค์ในห้องทดลอง 1. พัฒนาทักษะความคิดสร้างสรรค์ซึ่งอยู่ในกลุ่มสูง ร้อยละ 23 และกลุ่มกลาง ร้อยละ 77 ในห้องทดลองที่ 2 กลุ่มสูง ร้อยละ 4 และกลุ่มกลาง ร้อยละ

96 ผลการวิจัยพบว่า การจัดการเรียนรู้โครงงานเป็นฐานตามรูปแบบสะเต็มศึกษาสามารถพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนได้

Sofi Hanif, Agus Fany Chandra Wijaya and Nanang Winarno (2019) ได้ศึกษาการเสริมสร้างความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนผ่านการเรียนรู้ตามโครงงานเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา กลุ่มตัวอย่าง โรงเรียนมัธยมศึกษาตอนต้นแห่งหนึ่งในเมืองบันดุง ประเทศอินโดนีเซีย เครื่องมือวิจัยใช้เพื่อรวบรวมข้อมูลที่จำเป็นในการศึกษาครั้งนี้ ประเภทของการวิจัย เป็นวิจัยทดลอง เครื่องมือวิจัยที่ใช้คือ Creative Product Analysis Matrix (CPAM) ที่ถูกพัฒนาโดย Besemer และ Treffinger (1981) ข้อมูลที่รวบรวมจากความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนจะขึ้นอยู่กับผลิตภัณฑ์สร้างสรรค์ที่นักเรียนสร้างขึ้นระหว่างกิจกรรมการเรียนรู้ตามโครงงาน STEM ความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนจะได้คะแนนตั้งแต่ 1 ถึง 3 ระดับสำหรับแต่ละเกณฑ์ความคิดสร้างสรรค์ เกณฑ์ที่ใช้นั้นมีคุณค่า มีประโยชน์ สร้างสรรค์ดี แสดงออก แปลกใหม่ และแปลกใหม่ เมทริกซ์การวิเคราะห์ผลิตภัณฑ์เชิงสร้างสรรค์ (CPAM) ผลการวิจัยพบว่า นักศึกษาที่ดำเนินโครงงานเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ทำให้การเรียนรู้แนวคิดเรื่องแสงและทัศนศาสตร์ได้ดี ความคิดสร้างสรรค์ในมิติความละเอียด ความประณีต และความแปลกใหม่ ผลลัพธ์ความคิดสร้างสรรค์ที่ได้รับมากถึง 76% ซึ่งจัดอยู่ในประเภทดี

Helvy Aprianty, Abdul Gani, Andi Ulfa Tenri Pada (2020) ได้ศึกษาผลการเรียนรู้โครงงานเป็นฐานผ่านแนวคิดสะเต็มศึกษา ในการพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียน มีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาผลการใช้ PjBL-STEM ไปใช้ในการพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียน ซึ่งมีเนื้อหาเกี่ยวกับสาร และคุณลักษณะของสาร ประเภทของการวิจัย เป็นวิจัยกึ่งทดลอง กลุ่มตัวอย่าง นักศึกษาของชั้นเรียนที่ 7 โรงเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น อิสลามดาร์ลอห์ซานอาเงห์เบซาร์ กลุ่มตัวอย่าง กำหนดโดยเทคนิคการสุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง เพื่อให้ได้ตัวอย่างวิจัย 2 ชั้น คือ คือ คลาส VII-G เป็นคลาสทดลอง และ VII-H เป็นคลาสควบคุม ผลปรากฏว่า การใช้แบบจำลอง PjBL-STEM สามารถเพิ่มทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนได้ นักเรียนโดยเฉลี่ย ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในชั้นเรียนควบคุมและทดลองได้ 53 และ 55 หลังจากนำโมเดล Discovery Learning ไปใช้ในคลาสควบคุมและ PjBL-STEM ในห้องควบคุมแล้ว ในชั้นเรียนทดลอง คะแนนเฉลี่ยทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนเพิ่มขึ้นเป็น 76 อยู่ในเกณฑ์ดี และ 86 อยู่ในเกณฑ์ดีเยี่ยม การจัดการเรียนรู้แบบ PjBL-STEM ยังสามารถปรับปรุงผลการเรียนรู้ของนักเรียนได้จากผลการวิเคราะห์ t-test ด้วยคะแนนนัยสำคัญ .05 พบว่าคะแนนหลังการทดสอบในทั้งสองชั้น ได้รับ t-count (2.011) > t-table (1.666) จึงสรุปได้ว่ามีนัยสำคัญ ความแตกต่างระหว่างทั้งสองห้องเรียน การทดสอบ N-gain แสดงให้เห็นว่าผลการเรียนรู้ของนักเรียนเพิ่มขึ้นระหว่างนั้นกลุ่ม

ควบคุมและกลุ่มทดลองด้วยคะแนน 74 และ 79 การศึกษาครั้งนี้สรุปว่าการจัดการเรียนรู้แบบ PjBL-STEM สามารถพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และผลการเรียนรู้ของนักเรียนได้

N Sirajudin, J Suratno และ Pamuti (2021) ได้ศึกษาการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ผ่านการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษา มีวัตถุประสงค์ เพื่ออธิบายประสิทธิผลของรูปแบบการเรียนรู้สะเต็มศึกษา ในการปรับปรุงทักษะการคิดเชิงสร้างสรรค์ของนักเรียน รูปแบบการวิจัย เป็นการวิจัยกึ่งทดลองที่มีการออกแบบหลังการทดสอบเท่านั้น กลุ่มตัวอย่างการวิจัย ภาคการศึกษาที่ 2 จำนวนนักเรียนที่เข้าร่วมการศึกษานี้มีนักเรียน 76 คน สถิติที่ใช้ทดสอบ การทดสอบภาวะปกติ Kolmogorov-Smirnov และ Shapiro-Wilk โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS ผลการวิจัย พบว่า ดังนั้นความสามารถในการคิดเชิงสร้างสรรค์โดยเฉลี่ยของนักเรียนทั้งชั้นเรียนที่มีการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาและชั้นเรียนปกติจึงอยู่ที่รวมอยู่ในเกณฑ์ปานกลาง และคำตอบของการทดสอบความคิดสร้างสรรค์ที่นำมาแสดงผลต่ำกว่าที่คาดไว้

Mustafa Tevfik Hebebcı (2022) ได้ศึกษาผลของการฝึกปฏิบัติโดยบูรณาการสะเต็มศึกษามีผลต่อทักษะการแก้ปัญหา ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ และพฤติกรรมการคิดเชิงวิพากษ์ มีวัตถุประสงค์เพื่อบูรณาการหลักสูตรวิทยาศาสตร์ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 เข้ากับการฝึกปฏิบัติด้านการศึกษา STEM และตรวจสอบผลกระทบของการฝึกปฏิบัติเหล่านี้ต่อทักษะการแก้ปัญหา (PS) ของนักเรียน ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ และทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ในการศึกษาครั้งนี้ดำเนินการด้วยวิธีเชิงปริมาณ ใช้การออกแบบกลุ่มควบคุมก่อน-หลังการทดสอบของวิธีกึ่งทดลอง กลุ่มตัวอย่าง นักเรียนที่เรียนวิชาวิทยาศาสตร์ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ในโรงเรียนเอกชน การรวบรวมข้อมูล ก่อนเรียนและหลังเรียนในการวิจัย สถิติที่ใช้ สถิติเชิงพรรณนาและการหาค่าความแปรปรวนร่วม ใช้การวิเคราะห์ (ANCOVA) ในการวิเคราะห์ข้อมูล ผลการวิจัยพบว่าการประยุกต์ใช้การศึกษา STEM แบบบูรณาการส่งผลเชิงบวกต่อทักษะการแก้ปัญหานักเรียน ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ การคิดอย่างมีวิจารณญาณ

Erol, A., Erol, M., & Başaran, M. (2023) ได้ศึกษาผลของการศึกษาแบบ STEAM ร่วมกับนิทานที่มีต่อทักษะการแก้ปัญหาและความคิดสร้างสรรค์ งานวิจัยนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อศึกษาผลของกิจกรรม STEAM ที่ใช้กระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมร่วมกับนิทานที่มีต่อทักษะการแก้ปัญหาและความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนอายุ 6-6.5 ปี การวิจัยใช้การออกแบบการทดลองกึ่งทดลองที่มีการวัดก่อนและหลังร่วมกับกลุ่มควบคุม ผู้เข้าร่วมวิจัยประกอบด้วยนักเรียนจากโรงเรียนประถมศึกษาแห่งหนึ่งในเขต Gaziosmanpaşa จังหวัดอิสตันบูล โดยมีนักเรียนเข้าร่วมการวิจัยทั้งหมด 68 คน ข้อมูลการวิจัยได้มาจากแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ในวัยเด็ก (ECCS) และแบบวัดทักษะการแก้ปัญหา (PSSS) การวิเคราะห์ข้อมูลใช้การทดสอบที (t-test) และการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของเพียร์สันสำหรับกลุ่มตัวอย่างที่มีความสัมพันธ์และไม่สัมพันธ์กัน จากผลการวิจัย

พบว่ากิจกรรม STEAM ที่ใช้กระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมร่วมกับนิทานช่วยพัฒนาทักษะความคิดสร้างสรรค์และการแก้ปัญหาของนักเรียน ผลการวิจัยชี้ให้เห็นถึงผลดีของการศึกษารูปแบบ STEAM ที่ใช้กระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมร่วมกับนิทานในการพัฒนาทักษะการแก้ปัญหาและความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียน ในส่วนนี้ งานวิจัยได้ให้ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยในอนาคตและสำหรับผู้สอน

Rana Y. Khalil, Hassan Tairab , Ahmad Qablan , Khaleel Alarabi , Yousef Mansour (2023) ได้ศึกษาผลการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาและความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินผลของการใช้หลักสูตรสะเต็มศึกษา และการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ในนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายที่เรียนวิชาฟิสิกส์ ในการวิจัยใช้การออกแบบกึ่งทดลอง โดยรวบรวมข้อมูลจากนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายจำนวน 94 คนที่เป็น การคณะเพศและระดับชั้นโดยใช้การทดสอบ Torrance ของการคิดสร้างสรรค์ (TTCT) การวิเคราะห์ข้อมูลเกี่ยวข้องกับการวิเคราะห์ความแปรปรวนหลายตัวแปร (MANOVA) ผลการวิจัยพบว่า การศึกษาผลการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาและความคิดสร้างสรรค์ ซึ่งมี 4 ลักษณะ (ความคิดคล่อง ความคิดยืดหยุ่น ความคิดริเริ่ม และความคิดละเอียดลออ) การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบหลายตัวแปร (MANOVA) ความคิดคล่อง ค่าเฉลี่ย คือ 1.2 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน คือ 1.0 ความคิดยืดหยุ่น ค่าเฉลี่ย คือ 1.6 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน คือ 0.2 ความคิดริเริ่ม ค่าเฉลี่ย คือ 1.2 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน คือ 1.0 และความคิดละเอียดลออ ค่าเฉลี่ย คือ 1.3 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน คือ 0.8 หลักสูตรแบบ STEM ส่งผลอย่างมากต่อการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนเมื่อเทียบกับนักเรียนที่เรียนตามหลักสูตรเดิมเกี่ยวกับการวัดความคิดคล่อง ความคิดยืดหยุ่นและความคิดริเริ่ม

Maria Rosalinda Febrianti Sawu (2023) ได้ศึกษาผลการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาที่มีต่อการสร้างทัศนคติสร้างสรรค์และทักษะการคิดสร้างสรรค์ ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น มีวัตถุประสงค์ เพื่อพิจารณาผลของการใช้แนวทางการเรียนรู้สะเต็มในการสร้างนิสัยความคิดสร้างสรรค์ และทักษะความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น กลุ่มเป้าหมาย รูปแบบการวิจัย เป็นวิจัยทดลอง ตัวแปรอิสระ การจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษา (ห้องทดลอง) และแนวทางการเรียนรู้ทางวิทยาศาสตร์ด้วยวิธีการฝึกทวนสอบ (ห้องควบคุม) ตัวแปรตาม ความคิดสร้างสรรค์และทักษะการคิดสร้างสรรค์ของนักเรียน ข้อมูลความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียน ดำเนินการจากแบบสอบถามการจัดการเชิงสร้างสรรค์ในขณะที่ข้อมูล ทักษะความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนได้มาจากการทดสอบทักษะความคิดสร้างสรรค์ ซึ่งรวบรวมตามตัวชี้วัดทักษะความคิดสร้างสรรค์ สถิติทดสอบสมมติฐาน ในการศึกษาใช้การทดสอบ ANACOVA ผลการวิจัย พบว่า ความคิดสร้างสรรค์ได้รับมูลค่าของ $\text{Sig}(\alpha) = 0.000 < 0.05$ ขณะที่ทักษะการคิดสร้างสรรค์ ได้รับ $\text{Sig}(\alpha) = 0.005 <$

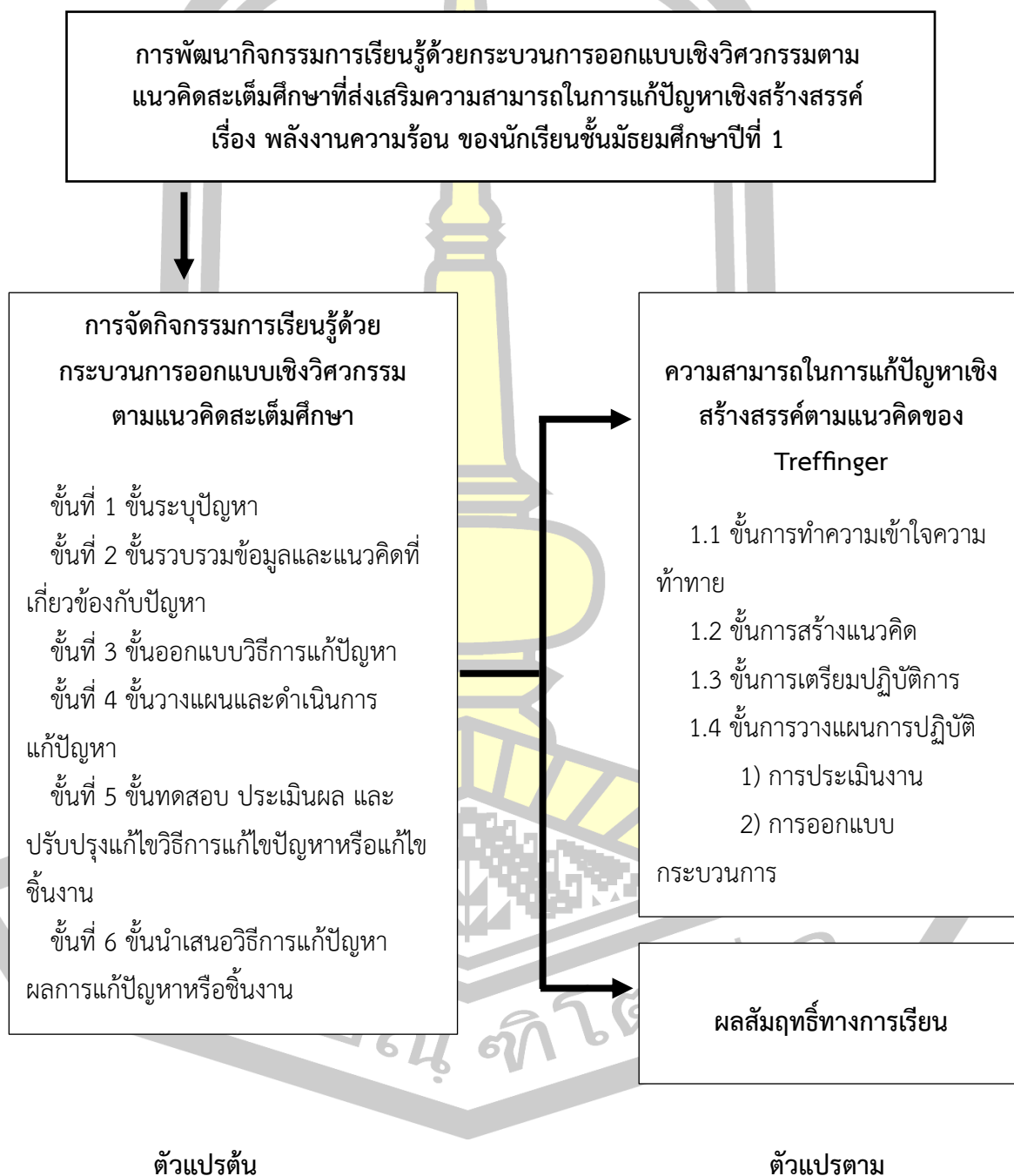
0.05 นักศึกษาที่ได้รับการสอนโดยใช้แนวทางการเรียนรู้สะเต็มศึกษา ดีกว่านักเรียนที่ได้รับการสอนด้วยแนวทางการเรียนรู้ทางวิทยาศาสตร์โดยใช้วิธีปฏิบัติทวนสอบ

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องทั้งในประเทศและต่างประเทศ แสดงให้เห็นว่า การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาสามารถนำไปวิจัยในลักษณะของการทดลองสอน ซึ่งตัวแปรตามที่ศึกษา ได้แก่ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ความคิดสร้างสรรค์ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และความพึงพอใจ พบว่าผู้เรียนมีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ความคิดสร้างสรรค์ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน มีความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนการสอนอยู่ในระดับมาก ดังนั้น ผู้วิจัยจึงสนใจที่จะพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ และยกระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนให้ดีขึ้น



9. กรอบแนวคิดการวิจัย

จากการศึกษาค้นคว้าตำรา หนังสือเรียนและรายงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมตามแนวคิดสะเต็มศึกษาที่ส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ เรื่อง พลังงานความร้อน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ผู้วิจัยจึงขอสรุปกรอบแนวคิดการวิจัย ดังนี้



ภาพที่ 4 กรอบแนวคิดการวิจัย

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยเรื่องการพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมตามแนวคิดสะเต็มศึกษาที่ส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ เรื่อง พลังงานความร้อน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 มีรายละเอียดในการดำเนินการศึกษาดังต่อไปนี้

1. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง
2. แบบแผนที่ใช้ในการวิจัย
3. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
4. การสร้างและหาคุณภาพเครื่องมือ
5. การเก็บรวบรวมข้อมูล
6. การวิเคราะห์ข้อมูล
7. สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

1. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

1.1 ประชากร

ประชากรในการวิจัยครั้งนี้เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2567 โรงเรียนประสาทวิทยาคาร สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาสุรินทร์ จำนวน 13 ห้อง มีจำนวนนักเรียน 520 คน ซึ่งเป็นนักเรียนที่มีการคละความสามารถของเด็กเก่ง ปานกลาง และอ่อน

1.2 กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1/12 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2567 โรงเรียนประสาทวิทยาคาร สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาสุรินทร์ จำนวน 1 ห้องเรียน มีนักเรียนจำนวน 39 คน ซึ่งได้มาจากการสุ่มตัวอย่างแบบกลุ่ม (Cluster Random Sampling) โดยใช้ห้องเรียนเป็นหน่วยสุ่ม เนื่องจากเป็นนักเรียนที่มีการคละความสามารถของเด็กเก่ง ปานกลาง และอ่อน

2. แบบแผนที่ใช้ในการวิจัย

แบบแผนที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยใช้กระบวนการวิจัยเชิงทดลอง (Experimental Research) เป็นแบบกลุ่มทดลองกลุ่มเดียว, วัดผลก่อนและหลังการทดลอง (The single group, Pretest - posttest Design) (คณาจารย์ภาควิชาวิจัยและพัฒนาการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม, 2564) ดังนี้

แบบแผนการวิจัยแบบกลุ่มทดลองกลุ่มเดียว, วัดผลก่อนและหลังการทดลอง (The single group, Pretest - posttest Design)

Pretest	Treatment	Posttest
T_1	X	T_2

เมื่อ T_1 แทน วัดผลก่อนการทดลอง (Pre-test)

X แทน การทดลองด้วยแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วย
กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมตามแนวคิด
สะเต็มศึกษา (Treatment)

T_2 แทน วัดผลหลังการทดลอง (Post-test)

3. เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

1. แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง พลังงานความร้อนของนักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 จำนวน 8 แผน 12 ชั่วโมง

2. แบบทดสอบความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์แบบสถานการณ์โดยการ จัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง พลังงานความร้อน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 เป็นแบบอัตนัย วัดความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ จำนวน 5 ข้อ 5 สถานการณ์ แต่ละสถานการณ์ วัด 4 องค์ประกอบ ประยุกต์ตามแนวคิดของ Treffinger (Treffinger, Isaksen & Dorval, 2011) ได้แก่

องค์ประกอบที่ 1 การเข้าใจความท้าทาย (Understand the challenges)

องค์ประกอบที่ 2 การสร้างแนวคิด (Generating idea)

องค์ประกอบที่ 3 การเตรียมปฏิบัติการ (Preparing for action)

องค์ประกอบที่ 4 การวางแผนการปฏิบัติ (Planning your approach)

4.1 การประเมินงาน (Appraising tasks)

4.2 การออกแบบกระบวนการ (Design process)

3. แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์แบบปรนัย ชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 20 ข้อ โดยการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง พลังงานความร้อน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1

4. การสร้างและหาคุณภาพเครื่องมือ

ผู้วิจัยมีขั้นตอนในการสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ดังนี้

4.1 แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง พลังงานความร้อน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ผู้วิจัยได้สร้างแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ โดยมีลำดับขั้นตอน ดังนี้

4.1.1 ศึกษาหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ.2560) เกี่ยวกับหลักการ จุดมุ่งหมายโครงสร้าง เวลา แนวดำเนินการวัดผลและประเมินผล กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี และหลักสูตรสถานศึกษา พุทธศักราช 2567 กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนประสาทวิทยาคาร

4.1.2 ศึกษารายละเอียดเนื้อหาที่นำมาสร้างแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้

4.1.3 ศึกษาหลักการ แนวคิด และขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมตามแนวคิดสะเต็มศึกษาจากเอกสารและงานวิจัยต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง โดยได้รับคำชี้แนะจากอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

4.1.4 วิเคราะห์แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้และเวลาที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง พลังงานความร้อน ดังตารางที่ 12 ตารางที่ 12 วิเคราะห์แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้และเวลาที่ใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้

แผนการจัด กิจกรรม การเรียนรู้	หน่วยการเรียนรู้	ชื่อแผนการจัดการเรียนรู้	จำนวนชั่วโมง
1	พลังงาน ความร้อน (1)	หน่วยวัดอุณหภูมิ	1
2		ปริมาณความร้อนที่ทำให้อุณหภูมิของ สสารเปลี่ยนแปลง	2
3		การหดและขยายตัวของสสาร	1
4		ควันทิศวง	2
5		ประโยชน์ของการหดและขยายตัวของ สสาร	1
6		โคลลอยแสนสวย	2
7		ปริมาณความร้อนที่ทำให้สสารเปลี่ยน สถานะ	1
8		สเลอปปี้แสนอร่อย	2
รวม			12

4.1.5 วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างสาระการเรียนรู้ สาระสำคัญ ตัวชี้วัด จุดประสงค์การเรียนรู้ และชั่วโมงการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ แล้วนำมาสร้างตารางวิเคราะห์ความสัมพันธ์ดังตารางที่ 13

ตารางที่ 13 วิเคราะห์ความสัมพันธ์ของสาระการเรียนรู้ สาระสำคัญ จุดประสงค์การเรียนรู้ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมตามแนวคิดสะเต็มศึกษา

แผน	สาระการเรียนรู้	สาระสำคัญ	จุดประสงค์การเรียนรู้	สถานการณ์	เวลา (ชั่วโมง)
1	1. การใช้เทอร์มอมิเตอร์ 2. หน่วยวัดอุณหภูมิ	เทอร์มอมิเตอร์ใช้ในการวัดอุณหภูมิ โดยหลักการขยายตัวของเหลวเมื่อได้รับความร้อนและการหดตัวของของเหลวเมื่อคายความร้อนของเหลวที่ใช้ในเทอร์มอมิเตอร์ ได้แก่ โปรทหรือแอลกอฮอล์ หน่วยที่ใช้วัดอุณหภูมิที่ใช้ เช่น องศาเซลเซียส ($^{\circ}\text{C}$) องศาฟาเรนไฮต์ ($^{\circ}\text{F}$) เป็นต้น	1. อธิบายหลักการใช้เทอร์มอมิเตอร์ได้ (K) 2. ระบุหน่วยวัดอุณหภูมิได้ (K) 3. แก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์จากสถานการณ์ที่กำหนดได้ (P) 4. ออกแบบชิ้นงานได้ (P) 5. มีระเบียบวินัย (A) 6. การส่งงานตรงเวลา (A) 7. ทำงานร่วมกับผู้อื่นได้ (A)	ณ โรงเรียนแห่งหนึ่ง ได้ทำการปรับปรุงห้องปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ใหม่ จึงได้ขอความร่วมมือนักเรียนในคาบกิจกรรมชุมนุมวิทยาศาสตร์ได้ช่วยกันทำความสะอาดและจัดอุปกรณ์ในห้องปฏิบัติการให้เป็นระเบียบเรียบร้อย พบว่ากล่องใส่เทอร์มอมิเตอร์นั้นชำรุด จำเป็นต้องสร้างหรือหาอุปกรณ์ที่เหมาะสมในการจัดเก็บเทอร์มอมิเตอร์ให้ง่ายต่อการจัดเก็บไม่เกิดความเสียหายเมื่อนำมาใช้ทดลองซึ่งเทอร์มอมิเตอร์มีขนาดกว้าง x ยาว คือ 0.7 cm. x 30 cm. โดยมีเงื่อนไขว่า 1. อุปกรณ์มีความคงทนแข็งแรง สามารถเก็บเทอร์มอมิเตอร์ได้เป็นอย่างดี ไม่เกิดความเสียหายหรือแตก 2. วัสดุที่นำมาใช้มีความประหยัด 3. มีข้อมูลและตัวอย่างการเปลี่ยนหน่วยวัดอุณหภูมิ	1

ตารางที่ 13 (ต่อ)

แผน	สาระการเรียนรู้	สาระสำคัญ	จุดประสงค์การเรียนรู้	สถานการณ์	เวลา (ชั่วโมง)
				ต่าง ๆ อย่างน้อย 1 ตัวอย่าง เมื่อเทอร์มอมิเตอร์มีอุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส 4. มีสัญลักษณ์เตือนให้ระมัดระวังในการหยิบเทอร์มอมิเตอร์มาใช้ 5. สะดวกต่อการเคลื่อนย้ายหรือนำมาทดลอง	
2	1. ปริมาณความร้อนที่ทำให้สสารเปลี่ยนอุณหภูมิ 2. ปัจจัยที่ส่งผลต่อปริมาณความร้อนที่ทำให้สสารเปลี่ยนอุณหภูมิ 3. สูตรที่ใช้ในการคำนวณหาปริมาณความร้อน เมื่อสสารเปลี่ยนอุณหภูมิ	เมื่อให้ความร้อนแก่น้ำ น้ำจะมีระดับพลังงานความร้อนหรืออุณหภูมิเพิ่มขึ้น อุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นของน้ำขึ้นอยู่กับมวลของน้ำและปริมาณความร้อนที่ได้รับ สสารอื่นจะมีอุณหภูมิเพิ่มขึ้นเมื่อได้รับความร้อน ซึ่งอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นของสสารอื่นขึ้นอยู่กับมวลและปริมาณความร้อนที่ได้รับ แต่ถ้าให้ความร้อนแก่น้ำและสสารชนิดอื่น ๆ ในปริมาณที่เท่ากัน แม้ว่าจะมีมวลเท่ากัน อุณหภูมิที่เปลี่ยนไปจะไม่เท่ากัน ดังนั้นปัจจัยที่มีผลต่อการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิของสสารอื่นเนื่องมาจากการได้รับความร้อนจึงขึ้นอยู่กับมวล ปริมาณความร้อน และชนิดของสสาร	1. อธิบายปริมาณความร้อนกับการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของสสารได้ (K) 2. คำนวหาปริมาณความร้อนได้ (K) 3. ระบุปัจจัยที่มีผลต่อการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิของสสารได้ (K) 4. แก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์จากสถานการณ์ที่กำหนดได้ (P) 5. ออกแบบและสร้างชิ้นงานได้ (P) 6. มีระเบียบวินัย (A) 7. การส่งงานตรงเวลา (A)	“โรงเรียนแห่งหนึ่งได้พานักเรียนไปเข้าค่ายพักแรม ณ จังหวัดอุดรธานี ตลอดการเข้าค่ายวิทยากรได้กำชับให้นักเรียนออกนอกพื้นที่ของค่าย ด้วยความซุกซนจึงมีนักเรียนกลุ่มหนึ่งแอบออกนอกพื้นที่ทำให้พลัดหลงเข้าไปยังเมืองลับแลทางออกไม่เจอ และในขณะนั้นเองนักเรียนได้เจอกระดาศปริศนา มีข้อความบอกว่า วิธีที่จะออกจากป่าในเมืองลับแลนี้จะต้องปฏิบัติ ดังนี้ 1. ให้เลือกวัสดุ/อุปกรณ์ 3 ชนิดที่มีปริมาณความร้อนรวมกันไม่เกิน 25,000 Cal 2. นำมาออกแบบเป็นเครื่องมือนำทางออกจากเมืองลับแล 3. ใช้วัสดุ/อุปกรณ์อย่างประหยัดและคุ้มค่าที่สุด”	2

ตารางที่ 13 (ต่อ)

แผน	สาระการเรียนรู้	สาระสำคัญ	จุดประสงค์การเรียนรู้	สถานการณ์	เวลา (ชั่วโมง)
			8. ทำงานร่วมกับผู้อื่นได้ (A)		
3	1. แบบจำลองการขยายตัวหรือหดตัวของสสารเนื่องจากได้รับหรือสูญเสียความร้อน	เมื่อสสารได้รับความร้อน สสารจะขยายตัวเนื่องจากความร้อนทำให้อนุภาคเคลื่อนที่เร็วขึ้นและระยะห่างระหว่างอนุภาคมากขึ้น ในทางกลับกัน เมื่อสสารสูญเสียความร้อน สสารจะหดตัวเนื่องจากความร้อนทำให้อนุภาคเคลื่อนที่ช้าลงและระยะห่างระหว่างอนุภาคลดลง	1. อธิบายความร้อนกับการขยายตัวหรือหดตัวของสสารได้ (K) 2. แก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์จากสถานการณ์ที่กำหนดได้ (P) 3. ออกแบบชิ้นงานได้ (P) 4. มีระเบียบวินัย (A) 5. การส่งงานตรงเวลา (A) 6. ทำงานร่วมกับผู้อื่นได้ (A)	“ทุก ๆ ปี ช่วงปิดเทอมเดือนตุลาคมครูสมรจะไปให้ความรู้กับนักเรียนที่อยู่บนดอย ซึ่งบนดอยนั้นค่อนข้างกันดารและมีการสัญจรที่ยากลำบาก ไม่มีสัญญาณอินเทอร์เน็ตในการสืบค้นข้อมูล ครูสมรจึงอยากได้สื่อการสอน เรื่อง การขยายตัวหรือหดตัวของสสาร เนื่องจากได้รับหรือสูญเสียความร้อน 1 ชิ้น โดยให้นักเรียนช่วยออกแบบ ซึ่งสื่อการสอนนั้นจะต้องมีความแปลกใหม่ น่าสนใจ คงทน แข็งแรง พกพาง่าย”	1
4	1. การขยายตัวหรือหดตัวของสสารเนื่องจากได้รับหรือสูญเสียความร้อน	ความร้อนมีผลต่อการขยายตัวหรือหดตัวของสสาร เมื่อสสารได้รับความร้อนจะขยายตัว อนุภาคจะสั่นและเคลื่อนที่เร็วขึ้น และอนุภาคจะอยู่ห่างกันมากขึ้น ทำให้สสารมีปริมาตรเพิ่มมากขึ้น ความดันภายในเพิ่มมากขึ้น และความหนาแน่นสสารลดลง	1. อธิบายความร้อนกับการขยายตัวหรือหดตัวของสสารได้ (K) 2. แก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์จากสถานการณ์ที่กำหนดได้ (P) 3. ออกแบบและสร้างชิ้นงานได้ (P)	“ในกิจกรรมสัปดาห์วันวิทยาศาสตร์จะมีการแข่งขันกิจกรรม Science Show นะโมและเพื่อน ๆ อีก 2 คน สนใจสมัครเข้าร่วมแข่งขันจึงร่วมปรึกษาหารือเกี่ยวกับกิจกรรมการทดลองที่จะนำไปแสดง และกิจกรรมแรกที่จะนำไปแสดงคือ ค้อนพิศวง โดยนะโมชี้แจงกับเพื่อน ๆ ว่า ถ้าจะให้	2

ตารางที่ 13 (ต่อ)

แผน	สาระการเรียนรู้	สาระสำคัญ	จุดประสงค์การเรียนรู้	สถานการณ์	เวลา (ชั่วโมง)
		แต่หากสสารสูญเสียความร้อนจะทำให้สสารมีปริมาตรลดลง	4. มีระเบียบวินัย (A) 5. การส่งงานตรงเวลา (A) 6. ทำงานร่วมกับผู้อื่นได้ (A)	ดึงดูดความสนใจของคณะกรรมการคว้นพิศวางจะต้องลอยออกมาเป็นรูปเรขาคณิต สามารถดับเทียนในระยะที่จุดตั้งไว้ได้ และที่สำคัญอุปกรณ์ที่ใช้จะต้องสวยงามและประหยัด”	
5	1. การนำประโยชน์ของความรู้ของการหด และขยายตัวของสสารเนื่องจากความร้อนมาแก้ปัญหาในชีวิตประจำวัน	ประโยชน์ของความรู้ของการหดและขยายตัวของสสารเนื่องจากความร้อน ยกตัวอย่างเช่น การติดตั้งเสาไฟฟ้า สายไฟฟ้า บอลลูน และการสร้างบ้าน	1. ตระหนักประโยชน์ในการนำความรู้ของการหด และขยายตัวของสสารเนื่องจากความร้อนได้ (K) 2. แก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์จากสถานการณ์ที่กำหนดได้ (P) 3. ออกแบบชิ้นงานได้(P) 4. มีระเบียบวินัย (A) 5. การส่งงานตรงเวลา (A) 6. ทำงานร่วมกับผู้อื่นได้ (A)	“ศักดิ์ชายเป็นวิศวกรที่มีชื่อเสียง เขาทำงานออกแบบให้แก่บริษัท โรงงานอุตสาหกรรม และโครงการบ้านจัดสรรหลายที่ หนึ่งในนั้นคือโครงการบ้านจัดสรรหมู่บ้านรักษ์สุข เจ้าของโครงการให้ศักดิ์ชายไปออกแบบตัวอย่างบ้านมา 1 หลัง บริเวณบ้านมีพื้นที่ 120 ตารางเมตร เป็นบ้าน 2 ชั้น คงทนแข็งแรง มีพื้นที่ทำสวนและที่จอดรถ 2 คัน ลูกค้าพักอาศัยแล้วเย็นสบาย รู้สึกปลอดภัยแม้ประสบภัยธรรมชาติ ฝนตก น้ำท่วม พายุเข้า ลมแรง และที่สำคัญต้องนำประโยชน์ของความรู้ของการหด และขยายตัวของสสารเนื่องจากความร้อนมาใช้ประกอบในการออกแบบบ้านอย่างน้อย 3 หลักการ”	1
6	1. การนำประโยชน์ของความรู้ของการหด และขยายตัวของสสารเนื่องจากความร้อน ยกตัวอย่าง	ประโยชน์ของความรู้ของการหด และขยายตัวของสสารเนื่องจากความร้อน ยกตัวอย่าง	1. ตระหนักประโยชน์ในการนำความรู้	“ในเทศกาลลอยกระทงของทุกปีของชาวล้านนาจะมีประเพณีหนึ่งที่ชาวล้านนาถือปฏิบัติคู่กันคือประเพณี	2

ตารางที่ 13 (ต่อ)

แผน	สาระการเรียนรู้	สาระสำคัญ	จุดประสงค์การเรียนรู้	สถานการณ์	เวลา (ชั่วโมง)
	หด และ ขยายตัวของ สสารเนื่องจาก ความร้อนมา แก่ปัญหาในชีวิตประจำวัน	เช่น โคมลอย	การหด และ ขยายตัวของ สสารเนื่องจาก ความร้อนได้ (K) 2. แก้ปัญหาเชิง สร้างสรรค์จาก สถานการณ์ที่กำหนดได้ (P) 3. ออกแบบ และสร้าง ชิ้นงานได้ (P) 4. การให้ความ ร่วมมือในการ ทำกิจกรรม (A) 5. การส่งงาน ตรงเวลา (A) 6. มีความใฝ่รู้ ใฝ่เรียน (A)	ลอยโคม การลอยโคมของ ชาวล้านนาเป็นการปล่อย โคมขึ้นไปยังท้องฟ้า แทน การลอยกระทงในแม่น้ำ โดย มีความเชื่อว่าการจุดโคมลอย แล้วปล่อยขึ้นฟ้าเป็นการบูชา พระเกตุแก้วจุฬามณีบน สวรรค์ และยังเป็นการปล่อย ทุกข์ปล่อยโศก และเรื่องร้าย ให้ออกไปจากตัว” ให้ นักเรียนประดิษฐ์โคมลอย 1 ชิ้น ออกแบบตกแต่งสวยงาม โดยมีลวดลายเป็นรูปเรขาคณิต อย่างน้อย 3 รูป ใช้วัสดุ/ อุปกรณ์อย่างประหยัด และ ที่สำคัญโคมสามารถลอยใน อากาศได้อย่างน้อย 2 นาที	
7	1. ปริมาณความร้อนที่ทำให้ สสารเปลี่ยน สถานะ 2. สูตรที่ใช้ในการคำนวณหา ปริมาณความร้อน เมื่อสสาร เปลี่ยนสถานะ	ความร้อนมีผลต่อการ เปลี่ยนสถานะของ สสารเมื่อให้ความร้อน แก่ของแข็ง ของเหลว และแก๊ส อนุภาคของ สสารมีพลังงานและ อุดมภูมิเพิ่มขึ้นจนถึง ระดับหนึ่ง ของแข็งจะ ใช้ความร้อนในการ เปลี่ยนสถานะเป็น ของเหลว เรียกความร้อนที่ใช้ในการเปลี่ยน สถานะจากของแข็ง เป็นของเหลวว่า ความร้อนแฝงของการ	1.อธิบาย ปริมาณความร้อนกับการ เปลี่ยนสถานะ (K) 2. แก้ปัญหาเชิง สร้างสรรค์จาก สถานการณ์ที่กำหนดได้ (P) 3. ออกแบบ ชิ้นงานได้ (P) 4. มีระเบียบ วินัย (A)	“ณิชาเพิ่งเปิดร้านขาย ไอศกรีมได้ 2 เดือน ก็พบ ปัญหาว่า เวลาลูกค้ามาซื้อ ไอศกรีม เพื่อนำกลับไปทานที่บ้านลูกค้าเก็บความเย็นที่ณิชา ใส่ไอศกรีมให้ลูกค้านั้นเก็บ ความเย็นยังไม่ดีพอ ทำให้ ไอศกรีมที่ลูกค้าซื้อนั้นละลาย หดก่อนที่จะถึงบ้าน ถ้า นักเรียนเป็นณิชานักเรียนจะ ทำอย่างไรให้ลูกค้ามีอุปกรณ์ ใส่ไอศกรีมไปรับประทานที่บ้าน โดยไม่ละลาย”	1

ตารางที่ 13 (ต่อ)

แผน	สาระการเรียนรู้	สาระสำคัญ	จุดประสงค์การเรียนรู้	สถานการณ์	เวลา (ชั่วโมง)
		หลอมเหลวและอนุภาคของของเหลวจะมีพลังงานและอุณหภูมิเพิ่มขึ้นจนถึงระดับหนึ่ง ซึ่งของเหลวจะใช้ความร้อนในการเปลี่ยนสถานะเป็นแก๊ส เรียกความร้อนที่ใช้ในการเปลี่ยนสถานะจากของเหลวเป็นแก๊สว่า ความร้อนแฝงของการกลายเป็นไอ	5. การส่งงานตรงเวลา (A) 6. ทำงานร่วมกับผู้อื่นได้ (A)		
8	1. การทดลองปริมาณความร้อนที่ทำให้สสารเปลี่ยนสถานะ	การทดลองความร้อนมีผลต่อการเปลี่ยนสถานะของสสารเมื่อให้ความร้อน หรือสูญเสียความร้อนของแข็งของเหลวและแก๊ส อนุภาคของสสารมีพลังงานและอุณหภูมิเพิ่มขึ้นจนถึงระดับหนึ่ง จึงสามารถเปลี่ยนสถานะได้ หรือในทางตรงกันข้ามเมื่อสสารสูญเสียพลังงานและอุณหภูมิลดลงถึงระดับหนึ่ง สสารสามารถเปลี่ยนสถานะได้ เนื่องจากสสารมีความร้อนแฝง	1. อธิบายปริมาณความร้อนกับการเปลี่ยนสถานะ (K) 2. แก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์จากสถานการณ์ที่กำหนดได้ (P) 3. ออกแบบและสร้างชิ้นงานได้ (P) 4. การทดลองปริมาณความร้อนที่ทำให้สสารเปลี่ยนสถานะ 5. มีระเบียบวินัย (A) 6. การส่งงานตรงเวลา (A) 7. ทำงานร่วมกับผู้อื่นได้ (A)	“เนื่องจากโรงเรียนจะมีการจัดกิจกรรม Open House ประจำปี ภายในงานจะมีนักเรียนภายในโรงเรียนและนักเรียนต่างโรงเรียนมาร่วมกิจกรรม คุณครูจึงขอความร่วมมือให้นักเรียนแต่ละกิจกรรมชุมนุมจัดบูธในงาน 1 บูธ เพื่อกระตุ้นความสนใจและสร้างบรรยากาศที่ดีภายในงาน ดังนั้น นักเรียนในกิจกรรมชุมนุมวิทยาศาสตร์ส่วนใหญ่จึงลงความเห็นกันว่า จะจัดบูธกิจกรรมการทำสเลปหรือ น้ำแข็งเกล็ดหิมะ ซึ่งในการทำจะต้องประหยัด ใช้เวลาน้อยในการทำ ออกแบบผลิตภัณฑ์สวยงามน่าสนใจ เนื่องจากนักเรียนมีเงินในการจัดบูธ”	2
รวม					12

4.1.6 กำหนดกิจกรรมการเรียนรู้ สื่อการเรียนรู้ รวมทั้งการวัดและประเมินผล โดยพิจารณาให้สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้ของแต่ละหัวข้อเรื่อง และความสอดคล้องกับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมตามแนวคิดสะเต็มศึกษา

4.1.7 สร้างแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมตามแนวคิดสะเต็มศึกษา จำนวน 8 แผน ใช้เวลาการสอนทั้งสิ้น 12 ชั่วโมง ซึ่งแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้ จะประกอบด้วย

- 1) มาตรฐานการเรียนรู้
- 2) ตัวชี้วัด/ผลการเรียนรู้
- 3) จุดประสงค์การเรียนรู้
- 4) สารสำคัญ
- 5) สารการเรียนรู้
- 6) สมรรถนะสำคัญของผู้เรียน
- 7) คุณลักษณะอันพึงประสงค์
- 8) กระบวนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้

การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ในแต่ละขั้นตอนจะใช้แนวทางการจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ประกอบด้วย

- 8.1) ขั้นที่ 1 ขั้นระบุปัญหา (Problem Identification)
- 8.2) ขั้นที่ 2 ขั้นรวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา (Related Information Search)
- 8.3) ขั้นที่ 3 ขั้นออกแบบวิธีการแก้ปัญหา (Solution Design)
- 8.4) ขั้นที่ 4 ขั้นวางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา (Planning and Development)
- 8.5) ขั้นที่ 5 ขั้นทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือแก้ไขชิ้นงาน (Testing, Evaluation and Design Improvement)
- 8.6) ขั้นที่ 6 ขั้นนำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน (Presentation)
- 9) สื่อและแหล่งการเรียนรู้
- 10) การวัดและประเมินผล

4.1.8 จากที่ผู้วิจัยได้สังเคราะห์และสร้างเกณฑ์ในการออกแบบชิ้นงานที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมตามแนวคิดสะเต็มศึกษา โดยใช้เกณฑ์การให้คะแนนแบบรูบริก (Rubric scoring) มีระดับการประเมินตั้งแต่ 1-3 มีรายการประเมิน 5 รายการ รวม 15 คะแนน จากนั้นแปลงเป็นระดับคุณภาพ ดังตารางที่ 14 และตารางที่ 15

ตารางที่ 14 องค์ประกอบของการประเมินชิ้นงาน

ที่	รายการประเมิน	ระดับคะแนน			รวม คะแนน	ระดับ คุณภาพ
		3	2	1		
1.	การบูรณาการวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี					
2.	การออกแบบตามหลักวิศวกรรม					
3.	ความสำเร็จของงาน					
4.	ดึงดูดความสนใจ/แปลกใหม่					
รวม					12	

ตารางที่ 15 เกณฑ์การประเมินชิ้นงานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา

รายการประเมิน	ระดับคะแนน			คะแนน เต็ม
	3	2	1	
1. การบูรณาการวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี	มีการใช้หลักการทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี ในประเด็นที่สำคัญกับการพัฒนาชิ้นงาน และมีความเข้าใจที่ถูกต้อง พร้อมมีการพิจารณาในรายละเอียด	มีการใช้หลักการทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี ในประเด็นที่สำคัญของการพัฒนาชิ้นงาน แต่ยังมี ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน	ไม่มีร่องรอย (ข้อความในใบงาน หรือ การบรรยาย) ของการใช้หลักการทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยีในกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม	3
2. การออกแบบตามหลักวิศวกรรม ตรงตามที่ระบุ ปัญหา รวบรวมข้อมูล ออกแบบ และวางแผนการดำเนินงานในการ	มีการใช้แนวคิด กระบวนการ ออกแบบเชิง วิศวกรรม ตรงตามที่ระบุปัญหา รวบรวมข้อมูล ออกแบบ และ	มีการใช้แนวคิด กระบวนการ ออกแบบเชิง วิศวกรรม ตรงตามที่ระบุปัญหา รวบรวมข้อมูล ออกแบบ และ	ไม่มีการใช้แนวคิด กระบวนการ ออกแบบเชิง วิศวกรรม หรือ ไม่สามารถเลือก วิธีการและ	3

ตารางที่ 15 (ต่อ)

รายการประเมิน	ระดับคะแนน			คะแนนเต็ม
	3	2	1	
แก้ปัญหา	วางแผนการดำเนินงานในการแก้ปัญหาโดยสามารถเลือกวิธีการและออกแบบในการแก้ไขปัญหได้อย่างเหมาะสมนำไปใช้จริงได้	วางแผนการดำเนินงานในการแก้ปัญหาโดยสามารถเลือกวิธีการและออกแบบในการแก้ไขปัญหได้	ออกแบบในการแก้ไขปัญหได้	
3. ความสำเร็จของงาน	สามารถทำงานสำเร็จเป็นไปตามเงื่อนไขและภายในเวลาที่กำหนด	สามารถทำงานสำเร็จแต่ไม่เป็นไปตามเงื่อนไขที่กำหนด	ไม่สามารถทำงานให้สำเร็จ	3
4. ดึงดูดความสนใจ/แปลกใหม่	พัฒนาชิ้นงานด้วยความคิดที่แปลกใหม่โดยไม่ซ้ำกับกลุ่มอื่น มีการออกแบบชิ้นงานสวนใหญ่ไม่ซ้ำกับชิ้นงานที่มีอยู่ในชีวิตประจำวัน	พัฒนาชิ้นงานซ้ำกับกลุ่มอื่น โดยมีการออกแบบชิ้นงานที่มีบางสวณแปลกใหม่	พัฒนาชิ้นงานซ้ำกับกลุ่มอื่น มีการออกแบบชิ้นงานที่ซ้ำกับชิ้นงานที่พบเห็นในชีวิตประจำวัน	3
รวม				12

4.1.9 นำแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ และเกณฑ์การประเมินชิ้นงานกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีตามแนวคิดสะเต็มศึกษาที่สร้างขึ้นเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ตรวจสอบความถูกต้องของเนื้อหา ความเหมาะสมของภาษาที่ใช้ และความเหมาะสมของกิจกรรมการเรียนการสอน สื่อการเรียนการสอนและองค์ประกอบอื่น ๆ

4.1.10 นำแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ และเกณฑ์การประเมินชิ้นงาน กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีตามแนวคิดสะเต็มศึกษามาปรับปรุงแก้ไขเกี่ยวกับเนื้อหา ความเหมาะสมของภาษาที่ใช้ ดังนี้ ปรับกิจกรรมการเรียนรู้ให้เหมาะสมกับระยะเวลาในการจัดการเรียนรู้ ปรับปรุงกิจกรรมการจัดการเรียนรู้ให้สอดคล้องกับสาระสำคัญ จุดประสงค์ เนื้อหา จากนั้นปรับกิจกรรมการจัดการเรียนรู้ให้มีความชัดเจนมากขึ้น

4.1.11 นำแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ และเกณฑ์การประเมินชิ้นงาน กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีตามแนวคิดสะเต็มศึกษามาปรับปรุงแก้ไขแล้วเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 ท่าน ดังนี้

1) รองศาสตราจารย์ ดร.ปาริชาติ ประเสริฐสังข์ คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏร้อยเอ็ด ผู้เชี่ยวชาญด้านหลักสูตร

2) นายพิพัฒน์พงศ์ พลเยี่ยม ครู วิทยฐานะครูเชี่ยวชาญ สังกัดโรงเรียนเทศบาลหนองหญ้าม้า เทศบาลเมืองร้อยเอ็ด กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ผู้เชี่ยวชาญด้านวิจัยการศึกษา

3) นายพรหม ผูกดวง ครู วิทยฐานะครูชำนาญการพิเศษ สังกัดโรงเรียนประสาทวิทยาคาร อำเภอปราสาท จังหวัดสุรินทร์ ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาวิทยาศาสตร์

เพื่อตรวจสอบความถูกต้องเหมาะสมความสอดคล้องและความเป็นไปได้ ระหว่างจุดประสงค์การเรียนรู้ เนื้อหา กระบวนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม สื่อและแหล่งเรียนรู้ การวัดและประเมินผล โดยให้ผู้เชี่ยวชาญเป็นผู้ให้คะแนนในช่องที่ตรงความเห็นของท่านมากที่สุด ซึ่งมีระดับคุณภาพ 5 ระดับ ดังนี้

เหมาะสมมากที่สุด	ให้ระดับ	5
เหมาะสมมาก	ให้ระดับ	4
เหมาะสมปานกลาง	ให้ระดับ	3
เหมาะสมน้อย	ให้ระดับ	2
เหมาะสมน้อยที่สุด	ให้ระดับ	1

จากนั้นนำคะแนนการประเมินแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ได้มาจากผู้เชี่ยวชาญ วิเคราะห์หาค่าเฉลี่ย เพื่อเปรียบเทียบเกณฑ์ ซึ่งเป็นคะแนนที่คำนวณมาจากแบบมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) ตามวิธีของ likert ซึ่งมี 5 ระดับ และพิจารณาระดับความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้ ซึ่งต้องได้ค่าเฉลี่ย 3.51 ถึง 5.00 จึงถือว่าแผนการจัดการเรียนรู้นั้นมีความเหมาะสมเป็นไปตามเกณฑ์ที่นำไปใช้ โดยใช้เกณฑ์ดังนี้ (บุญชม ศรีสะอาด, 2560)

4.51 - 5.00	อยู่ในระดับ	เหมาะสมมากที่สุด
3.51 - 4.50	อยู่ในระดับ	เหมาะสมมาก

2.51 - 3.50	อยู่ในระดับ	เหมาะสมปานกลาง
1.51 - 2.50	อยู่ในระดับ	เหมาะสมน้อย
1.00 - 1.50	อยู่ในระดับ	เหมาะสมน้อยที่สุด

โดยค่าความเหมาะสมของแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้ มีค่าเฉลี่ย

4.33 – 5.00 เป็นเกณฑ์ตัดสิน ถือเป็นแผนการจัดการเรียนรู้ที่สามารถนำไปใช้ได้

4.1.12 นำแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ และเกณฑ์การประเมินชิ้นงาน ที่ผ่านการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำ ดังรายละเอียดต่อไปนี้

1) ความเหมาะสมของเวลา และกิจกรรมในแต่ละขั้นของกิจกรรมการเรียนรู้

2) เพิ่มเติมรายละเอียดต่าง ๆ ของแผนการจัดการเรียนรู้ให้มีความชัดเจนมากยิ่งขึ้น เช่น การตั้งคำถามและแนวคำตอบในแผนการจัดการเรียนรู้

4.1.13 นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่ปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญเรียบร้อยแล้ว ไปทดลองใช้ (Try-Out) กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 จำนวน 40 คนที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง

4.1.14 นำแผนการจัดการเรียนรู้ไปปรับปรุงแก้ไข และจัดพิมพ์เป็นฉบับสมบูรณ์และนำไปใช้เป็นเครื่องมือในการวิจัยเพื่อเก็บข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่าง

4.2 แบบทดสอบความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์

ผู้วิจัยได้ดำเนินการสร้างแบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ โดยมีลำดับขั้นตอนดังนี้

4.2.1 ศึกษาหลักการ ทฤษฎี เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการสร้างแบบทดสอบความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์

4.2.2 ศึกษาเกณฑ์และหลักการสร้างแบบทดสอบความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ โดยประยุกต์ตามแนวคิดของ Treffinger (Treffinger, Isaksen & Dorval, 2011)

4.2.3 วิเคราะห์องค์ประกอบของแบบทดสอบความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ ผู้วิจัยได้สร้างแบบทดสอบเป็นแบบอัตนัย โดยใช้เกณฑ์การให้คะแนนแบบรูบริก (Rubric scoring) มีระดับการประเมินตั้งแต่ 1-3 แบบทดสอบจะประกอบไปด้วยสถานการณ์ในการแก้ปัญหา จำนวน 10 ข้อ 10 สถานการณ์ โดยเลือกมา 3 ข้อ 3 สถานการณ์ แต่ละสถานการณ์ครอบคลุมองค์ประกอบในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ 4 องค์ประกอบ ได้แก่

องค์ประกอบที่ 1 การเข้าใจความท้าทาย (Understand the challenges)

1. ระบุปัญหา

2. ระบุข้อมูลที่เกี่ยวข้องและแนวทางในการแก้ไขปัญหา

องค์ประกอบที่ 2 การสร้างแนวคิด (Generating idea)

1. บอกแนวทางในการแก้ไขปัญหาที่หลากหลาย
2. เลือกแนวทางในการแก้ไขปัญหาที่เหมาะสม สมเหตุสมผลและเป็นไปได้

องค์ประกอบที่ 3 การเตรียมปฏิบัติการ (Preparing for action)

1. แก้ไขปัญหาตามแนวทางที่เลือกอย่างเป็นลำดับขั้นตอน
2. สรุปหลักการและแนวคิดที่นำมาใช้ในการแก้ปัญหา

องค์ประกอบที่ 4 การวางแผนการปฏิบัติ (Planning your approach)

- 1) การประเมินงาน (Appraising tasks)
 1. อธิบายผลการดำเนินงานในการแก้ไขปัญหา
- 2) การออกแบบกระบวนการ (Design process)
 1. การนำไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวัน

4.2.4 ผู้วิจัยได้สร้างเกณฑ์การให้คะแนนแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์โดยกำหนดเกณฑ์การให้คะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ตามพฤติกรรมตัวชี้วัดที่ได้กำหนดในรูปแบบของ Rubrics เพื่อสะดวกต่อการให้คะแนน โดยประยุกต์องค์ประกอบการวัดความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ตามแนวคิดของ Treffinger (Treffinger, Isaksen & Dorval, 2011) ดังตารางที่ 16

ตารางที่ 16 เกณฑ์การประเมินความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ตามพฤติกรรมตัวชี้วัด

ประเด็นการประเมิน	เกณฑ์การประเมิน		
	3 คะแนน	2 คะแนน	1 คะแนน
องค์ประกอบที่ 1 การเข้าใจความท้าทาย (Understand the challenges)			
1. ระบุปัญหาจากสถานการณ์ที่กำหนด	ระบุประเด็นปัญหาในการแก้ไขปัญหามีหลากหลายและถูกต้องทุกประเด็น	ระบุประเด็นปัญหาในการแก้ไขปัญหามีไม่หลากหลาย หรือถูกต้องบางประเด็น	ระบุประเด็นไม่ถูกต้องหรือไม่ระบุ
2. ระบุข้อมูลที่เกี่ยวข้องในการแก้ไขปัญหา	ระบุข้อมูลที่เกี่ยวข้องได้อย่างครอบคลุมและมีแนวทางในการ	ระบุข้อมูลที่เกี่ยวข้องยังไม่ครอบคลุมและมีแนวทางในการแก้ไข	ระบุข้อมูลไม่ถูกต้องหรือไม่ระบุข้อมูล

ตารางที่ 16 (ต่อ)

ประเด็นการประเมิน	เกณฑ์การประเมิน		
	3 คะแนน	2 คะแนน	1 คะแนน
	แก้ไขปัญหาได้ หลากหลายทางเลือก ได้ถูกต้องครบถ้วน	ปัญหาได้ถูกต้องแต่ยังไม่หลากหลายและยังไม่ครบถ้วน	
องค์ประกอบที่ 2 การสร้างแนวคิด (Generating idea)			
1. นักเรียนสามารถระบุวิธีการในการแก้ไขปัญหาที่หลากหลายจากแหล่งข้อมูลที่มีความหลากหลายและเลือกแนวทางที่มีความเหมาะสม สมเหตุสมผลและเป็นไปได้	บอกแนวทางในการแก้ไขปัญหาได้ ตั้งแต่ 3 แนวทางขึ้นไป และเลือกวิธีการแก้ปัญหาได้เหมาะสม มีเหตุผล ชัดเจนและมีความเป็นไปได้	บอกแนวทางในการแก้ไขปัญหาได้ 2 แนวทาง และเลือกวิธีการแก้ปัญหา ไม่เหมาะสม	บอกแนวทางในการแก้ไขปัญหาได้เพียง 1 แนวทาง หรือ ไม่บอกแนวทางในการแก้ไขปัญหา
องค์ประกอบที่ 3 การเตรียมปฏิบัติการ (Preparing for action)			
1. นักเรียนสามารถออกแบบและวางแผนการแก้ปัญหาที่เลือกอย่างเป็นลำดับขั้นตอน	วางแผนและกำหนดขั้นตอนในการแก้ไขปัญหา โดยการแสดงรายละเอียดในการแก้ไขปัญหาได้อย่างชัดเจน	วางแผนและกำหนดขั้นตอนในการแก้ไขปัญหา โดยการแสดงรายละเอียดในการแก้ไขปัญหาได้ยังไม่ชัดเจน	วางแผนกำหนดขั้นตอนในการแก้ปัญหายังไม่เป็นลำดับขั้นตอน หรือ ไม่สามารถวางแผน กำหนดขั้นตอนในการแก้ไขปัญหาได้
2. นักเรียนสรุปหลักการและแนวคิดที่นำมาใช้ในการแก้ปัญหา	สรุปหลักการและแนวคิดที่นำมาใช้ในการแก้ไขปัญหาได้ ถูกต้อง ชัดเจน และครบถ้วน	สรุปหลักการและแนวคิดที่นำมาใช้ในการแก้ไขปัญหาได้ ถูกต้องบางประเด็น แต่ยังไม่ครบถ้วน	สรุปหลักการและแนวคิดยังไม่ถูกต้อง หรือไม่สรุป

ตารางที่ 16 (ต่อ)

ประเด็นการประเมิน	เกณฑ์การประเมิน		
	3 คะแนน	2 คะแนน	1 คะแนน
องค์ประกอบที่ 4 การวางแผนการปฏิบัติ (Planning your approach)			
1) การประเมินงาน (Appraising tasks)			
1. นักเรียนกำหนดแนวทางในการ	อธิบายผลการดำเนินงานในการ	อธิบายผลการดำเนินงานในการ	อธิบายผลการดำเนินงานในการ
ประเมินและประเมินผลการแก้ไข ปัญหาได้อย่างเหมาะสม	แก้ไขปัญหาได้ละเอียด ถูกต้องสมบูรณ์ และมี ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม ในการดำเนินงาน	แก้ไขปัญหาได้ละเอียด ถูกต้องสมบูรณ์ แต่ไม่ มีข้อเสนอแนะเพิ่มเติม ในการดำเนินงาน	แก้ไขปัญหาได้ยังไม่ ละเอียดครบถ้วน ไม่มี ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม ในการดำเนินงาน
2) การออกแบบกระบวนการ (Design process)			
1. การนำไปประยุกต์ใช้ใน ชีวิตประจำวัน	ระบุการนำไปใช้ในการ การแก้ไขปัญหาใน สถานการณ์อื่น ๆ ใน ชีวิตประจำวันได้ ถูกต้องและมากกว่า 3 ตัวอย่าง	ระบุการนำไปใช้ในการ การแก้ไขปัญหาใน สถานการณ์อื่น ๆ ใน ชีวิตประจำวันได้ ถูกต้อง 2 ตัวอย่าง	ระบุการนำไปใช้ในการ การแก้ไขปัญหาใน สถานการณ์อื่น ๆ ใน ชีวิตประจำวันได้ ถูกต้อง 1 ตัวอย่าง หรือ ไม่สามารถระบุ สถานการณ์ที่จะ นำไปใช้ได้
2. นักเรียนสามารถใช้ เครื่องมือในการแก้ไข ปัญหาในแต่ละ ขั้นตอนได้อย่าง เหมาะสมสอดคล้อง กับสถานการณ์ปัญหา ที่แท้จริง	อธิบายการใช้ เครื่องมือในการแก้ไข ปัญหาในแต่ละ ขั้นตอนได้อย่าง เหมาะสมสอดคล้อง กับสถานการณ์ปัญหา ที่แท้จริง	อธิบายการใช้ เครื่องมือในการแก้ไข ปัญหาในแต่ละ ขั้นตอนไม่สอดคล้อง กับสถานการณ์ปัญหา	ไม่สามารถอธิบายการ ใช้เครื่องมือในการ แก้ไขปัญหาในแต่ละ ขั้นตอนได้

4.2.5 ตรวจสอบความถูกต้องของแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์และเกณฑ์ในการตรวจให้คะแนนแบบทดสอบความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์

4.2.6 นำร่างแบบทดสอบและเกณฑ์การประเมินที่สร้างขึ้นเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ เพื่อพิจารณาตรวจสอบคุณลักษณะของแบบทดสอบและเกณฑ์การประเมินในด้านความสัมพันธ์ของความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์กับเนื้อหาและความเหมาะสมของสมภาษาที่ใช้

4.2.7 นำแบบทดสอบและเกณฑ์การประเมินที่ได้รับการเสนอแนะจากอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์มาปรับปรุงข้อบกพร่องของเนื้อหา ภาษาที่ใช้ ดังนี้ ปรับคำถามให้กระชับ เข้าใจง่าย ปรับแบบทดสอบความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ให้เหมาะสมกับเวลา และเลือกสถานการณ์ที่ทันเหตุการณ์ปัจจุบัน แล้วเสนอผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 ท่าน ดังนี้

1) อาจารย์ ดร. ธัญญาพร ก่องจันทร์ คณะ ครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏ พิบูลสงคราม ผู้เชี่ยวชาญด้านการคิดแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์

2) นายพิพัฒน์พงศ์ พลเยี่ยม ครู วิทยฐานะครูเชี่ยวชาญ สังกัดโรงเรียนเทศบาลหนองหญ้าม้า เทศบาลเมืองร้อยเอ็ด กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ผู้เชี่ยวชาญด้านวิจัยการศึกษา

3) นายพรหม ผูกดวง ครู วิทยฐานะครูชำนาญการพิเศษ สังกัดโรงเรียนประสาทวิทยาคาร อำเภอปราสาท จังหวัดสุรินทร์ ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาวิทยาศาสตร์

เพื่อตรวจพิจารณาตรวจสอบคุณลักษณะของแบบทดสอบในด้านความสัมพันธ์ของการวัดความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ เนื้อหาและความเหมาะสมของสมภาษาที่ใช้โดยถือความคิดเห็นที่สอดคล้องกันของผู้เชี่ยวชาญที่มีค่า IOC 0.50–1.00 ขึ้นไปเป็นเกณฑ์ ปรากฏว่ามีค่า IOC 1.00 ซึ่งมีข้อสอบที่มีค่า IOC อยู่ในเกณฑ์ที่ใช้ได้ จำนวน 7 ข้อ จากนั้นนำแบบทดสอบปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ

4.2.8 นำคะแนนการประเมินเกณฑ์การประเมินความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ที่ได้มาจากผู้เชี่ยวชาญ วิเคราะห์หาค่าเฉลี่ย เพื่อเปรียบเทียบเกณฑ์ ซึ่งเป็นคะแนนที่คำนวณมาจากแบบมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) ตามวิธีของ likert ซึ่งมี 5 ระดับ และพิจารณาระดับความเหมาะสมของเกณฑ์การประเมิน ซึ่งต้องได้ค่าเฉลี่ย 4.33 - 5.00 จึงถือว่ามีความเหมาะสมเป็นไปตามเกณฑ์ที่นำไปใช้ โดยใช้เกณฑ์ดังนี้ (บุญชม ศรีสะอาด, 2560)

4.51 - 5.00	อยู่ในระดับ	เหมาะสมมากที่สุด
3.51 - 4.50	อยู่ในระดับ	เหมาะสมมาก
2.51 - 3.50	อยู่ในระดับ	เหมาะสมปานกลาง

1.51 - 2.50

อยู่ในระดับ

เหมาะสมน้อย

1.00 - 1.50

อยู่ในระดับ

เหมาะสมน้อยที่สุด

4.2.9 นำคะแนนการประเมินเกณฑ์การประเมินความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ที่ได้มาจากผู้เชี่ยวชาญ ที่ผ่านการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำ ดังนี้

1) รวบรวมและเรียบเรียงองค์ประกอบที่ 2 การสร้างแนวคิด (Generating idea) รายการประเมิน ข้อที่ 1 นักเรียนสามารถระบุวิธีการในการแก้ปัญหาที่หลากหลายจากแหล่งข้อมูลที่มีความหลากหลายและเลือกแนวทางที่มีความเหมาะสม สมเหตุสมผลและเป็นไปได้

2) เพิ่มเติมเกี่ยวกับองค์ประกอบที่ 4 การวางแผนการปฏิบัติ (Planning your approach) 2) การออกแบบกระบวนการ (Design process) รายการประเมิน ข้อที่ 2 นักเรียนสามารถใช้เครื่องมือในการแก้ปัญหาในแต่ละขั้นตอนได้อย่างเหมาะสมสอดคล้องกับสถานการณ์ปัญหาที่แท้จริง เพื่อให้เกณฑ์การประเมินมีความชัดเจนเข้าใจง่าย

4.2.10 นำแบบทดสอบที่ได้รับการตรวจสอบแล้วไปทดลองใช้ (Try Out) กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 จำนวน 40 คน ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง เพื่อตรวจสอบความเหมาะสมของรูปแบบและภาษาที่ใช้ ตลอดจนเวลาที่ใช้ในการทดสอบ จากนั้นทำการปรับปรุงแก้ไขแบบทดสอบความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ให้สมบูรณ์ ดังนี้ ปรับขนาดตัวหนังสือ การเว้นวรรค ความถูกต้องของเนื้อหา รายละเอียดของเนื้อหาให้เหมาะสมกับเวลา ปรับการใช้ภาษาให้ถูกต้องและเหมาะสม

4.2.11 หาคุณภาพเครื่องมือโดยการหาค่าอำนาจจำแนก (D) ของ D.R Whitney และ D.L Sabers (มนตรี วงษ์สะพาน, 2563) จากนั้นคัดเลือกข้อสอบที่มีค่าอำนาจจำแนก (D) ที่มีค่าตั้งแต่ 0.20 - 1.00 ปรากฏว่ามีค่าอำนาจจำแนก (D) ตั้งแต่ 0.28 - 0.80 ได้ข้อสอบที่เข้าเกณฑ์จำนวน 6 ข้อ คัดออก จำนวน 1 ข้อ

4.2.12 นำข้อสอบที่มีคุณภาพค่าอำนาจจำแนก (D) ตามเกณฑ์ จำนวน 3 ข้อ มาหาค่าความเชื่อมั่นทั้งฉบับโดยใช้สูตรสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค (Cronbach) (มนตรี วงษ์สะพาน, 2563) ได้ค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.82

4.2.12 นำแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ที่ได้มาจัดพิมพ์เป็นแบบฉบับจริงเพื่อใช้เป็นแบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียนกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนประสาทวิทยาคาร สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาสุรินทร์ ที่เป็นกลุ่มตัวอย่างในการวิจัย จำนวน 39 คน

4.3 แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ผู้วิจัยได้ดำเนินการสร้างตามขั้นตอนการสร้างและหาคุณภาพ ดังนี้

4.3.1 ศึกษาหลักสูตรหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี คู่มือครู แบบเรียนกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สาระการเรียนรู้และตัวชี้วัด ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 เรื่อง พลังงานความร้อน กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี นำมาสร้างแบบทดสอบเพื่อใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลครั้งนี้

4.3.2 ศึกษาทฤษฎีหลักการ วิธีการ ขั้นตอนและวิธีการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนจากตำราและเอกสารต่าง ๆ ที่เกี่ยวกับการสร้างแบบทดสอบแบบปรนัยชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก

4.3.3 วิเคราะห์หาความสัมพันธ์ระหว่างเนื้อหาตัวชี้วัด และจำนวนข้อสอบของแบบทดสอบก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้ เรื่อง พลังงานความร้อน แล้ววางแผนสร้างแบบทดสอบ

4.3.4 สร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแบบปรนัยชนิด 4 ตัวเลือก จำนวน 40 ข้อ เลือก 20 ข้อ โดยให้ครอบคลุมเนื้อหา มาตรฐานการเรียนรู้ ตัวชี้วัด เนื้อหา สาระการเรียนรู้ และจุดประสงค์การเรียนรู้ ดังตารางที่ 17

ตารางที่ 17 วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างเนื้อหา สาระการเรียนรู้ และจุดประสงค์การเรียนรู้ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์

เนื้อหา	จุดประสงค์	จำนวนข้อจำแนกตามระดับพฤติกรรม การเรียนรู้(ข้อ)								รวม	
		จำ		เข้าใจ		ประยุกต์ใช้		วิเคราะห์			
		สร้าง	ใช้จริง	สร้าง	ใช้จริง	สร้าง	ใช้จริง	สร้าง	ใช้จริง	สร้าง	ใช้จริง
การใช้เทอร์โมมิเตอร์และหน่วยวัดอุณหภูมิ	1. อธิบายหลักการใช้เทอร์โมมิเตอร์ได้ 2. ระบุหน่วยวัดอุณหภูมิได้	1	1	2	1	-	-	2	1	5	3
ปริมาณความร้อนปัจจัยที่ส่งผลต่อปริมาณความร้อนที่ทำให้สารเปลี่ยนอุณหภูมิ	1. อธิบายปริมาณความร้อนกับการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของสารได้ 2. คำนวณหาปริมาณความร้อนได้	2	1	2	1	2	1	4	2	10	5

เนื้อหา	จุดประสงค์	จำนวนข้อจำแนกตามระดับพฤติกรรม การเรียนรู้(ข้อ)								รวม	
		จำ		เข้าใจ		ประยุกต์ใช้		วิเคราะห์			
		สร้าง	ใช้จริง	สร้าง	ใช้จริง	สร้าง	ใช้จริง	สร้าง	ใช้จริง	สร้าง	ใช้จริง
และการ คำนวณหาปริมาณ ความร้อน เมื่อ สสารเปลี่ยน อุณหภูมิ											
การขยายตัว หรือ หดตัวของสสาร เนื่องจากได้รับ หรือสูญเสียความ ร้อน โดยสามารถ แสดงผ่าน แบบจำลอง	1. อธิบายความร้อนกับ การขยายตัวหรือหดตัว ของสสารได้	-	-	4	2	1	1	5	2	10	5
การนำประโยชน์ ของความรู้ของ การหด และ ขยายตัวของสสาร เนื่องจากความ ร้อนมาแก้ปัญหา ในชีวิตประจำวัน	1. ตระหนักประโยชน์ใน การนำความรู้การหด และ ขยายตัวของสสาร เนื่องจากความร้อนได้	-	-	2	1	3	1	-	-	5	2
ปริมาณความร้อน และการคำนวณ หาปริมาณความ ร้อน เมื่อสสาร เปลี่ยนสถานะ	1.อธิบายปริมาณความ ร้อนกับการเปลี่ยนสถานะ	2	1	3	2	2	1	3	1	10	5
รวม		8	4	13	7	8	4	11	5	40	20

4.3.5 นำร่างแบบทดสอบที่สร้างขึ้นเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์
เพื่อพิจารณาความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา ความเหมาะสมของภาษาที่ใช้และความสอดคล้องกับตัวชี้วัด

4.3.6 นำแบบทดสอบที่ได้รับการเสนอแนะจากอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์มา
ปรับปรุงข้อบกพร่องของเนื้อหา ภาษาที่ใช้ให้เหมาะสม ดังนี้ ปรับข้อสอบให้มีความสอดคล้องกับ

จุดประสงค์การเรียนรู้ เนื้อหา และการวัดพุทธิพิสัย ความรู้ความจำ ความเข้าใจ การประยุกต์ใช้ และการวิเคราะห์ให้มีความชัดเจนมากขึ้น แล้วเสนอผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 ท่าน ดังนี้

1) รองศาสตราจารย์ ดร.ปาริชาติ ประเสริฐสังข์ คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏร้อยเอ็ด ผู้เชี่ยวชาญด้านหลักสูตร

2) นายพิพัฒน์พงศ์ พลเยี่ยม ครู วิทยฐานะครูเชี่ยวชาญ สังกัดโรงเรียนเทศบาลหนองหญ้ามา เทศบาลเมืองร้อยเอ็ด กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ผู้เชี่ยวชาญด้านวิจัยการศึกษา

3) นายพรหม ผูกดวง ครู วิทยฐานะครูชำนาญการพิเศษ สังกัดโรงเรียนประสาทวิทยาคาร อำเภอปราสาท จังหวัดสุรินทร์ ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาวิทยาศาสตร์

เพื่อตรวจพิจารณาความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาความเหมาะสมของภาษาที่ใช้ และนำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนมาปรับปรุงตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญอีกครั้ง จากนั้นนำแบบทดสอบพร้อมแบบประเมินนำเสนอผู้เชี่ยวชาญ เพื่อตรวจประเมินความสอดคล้องระหว่างแบบทดสอบกับผลการเรียนรู้ที่คาดหวังโดยมีเกณฑ์ให้คะแนน ดังนี้

- +1 เมื่อแน่ใจว่าข้อสอบสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้
- 0 เมื่อไม่แน่ใจว่าข้อสอบสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้
- 1 เมื่อแน่ใจว่าข้อสอบไม่สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้

ผู้วิจัยจึงได้คัดเลือกค่าดัชนีความสอดคล้อง ตั้งแต่ 0.50 - 1.00 ปรากฏว่า มีค่า IOC 1.00 ซึ่งมีข้อสอบที่มีค่า IOC ที่อยู่ในเกณฑ์ที่ใช้ได้ จำนวน 40 ข้อ

4.3.7 นำแบบทดสอบที่ได้รับการตรวจสอบแล้วไปทดลอง (Try Out) ใช้นักเรียนโรงเรียนประสาทวิทยาคาร สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาสุรินทร์ ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง

4.3.8 นำผลการทดสอบที่ได้มาวิเคราะห์รายข้อเพื่อหาคุณภาพของข้อสอบ ดังนี้

1) นำผลที่ได้มาวิเคราะห์ค่าความยากง่ายโดยใช้เกณฑ์ค่าความยากง่าย (p) ระหว่าง 0.20-0.80 ค่าอำนาจจำแนก (B) โดยใช้สูตรของ Brennan คัดเลือกเฉพาะข้อที่มีค่าอำนาจจำแนกรายข้อตั้งแต่ 0.20-1.00 ปรากฏว่ามีค่าความยาก (p) อยู่ระหว่าง 0.28 - 0.89 และมีค่าอำนาจจำแนก (B) 0.24 - 0.90 ได้ข้อสอบที่เข้าเกณฑ์จำนวน 30 ข้อ คัดออก 10 ข้อ

2) นำแบบทดสอบที่คัดเลือกไว้มาวิเคราะห์หาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบแบบปรนัยโดยใช้เกณฑ์ค่าความเชื่อมั่น (Reliability) ตั้งแต่ 0.80 ขึ้นไป อิงเกณฑ์โดยวิธีของโลเวทท์ (Lovett) (บุญชม ศรีสะอาด, 2560) ได้ค่าความเชื่อมั่นทั้งฉบับเท่ากับ 0.85

3) นำแบบทดสอบที่ผ่านการทดสอบคุณภาพแล้วมาจัดพิมพ์เป็นแบบฉบับจริง เพื่อใช้เป็นแบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียนกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียน

ประสาทวิทยาการ สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาสุรินทร์ ที่เป็นกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 39 คน

5. การเก็บรวบรวมข้อมูล

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลด้วยตนเอง โดยทดลองกับกลุ่มตัวอย่าง คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนประสาทวิทยาการ จำนวน 39 คน ได้ดำเนินการตามขั้นตอน ดังนี้

1. จัดทำหนังสือขอความอนุเคราะห์ในการเก็บข้อมูลจากมหาวิทยาลัยมหาสารคาม ไปยังโรงเรียนประสาทวิทยาการ ในการดำเนินการวิจัยกับนักเรียนกลุ่มตัวอย่างด้วยแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ และแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนโดยใช้การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง พลังงานความร้อน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 เพื่อกำหนด วัน เวลา ในการทดลอง

2. ครูชี้แจงคำอธิบายรายวิชา วัตถุประสงค์ของการเรียนรู้ และวิธีการสอนด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง พลังงานความร้อนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ให้นักเรียนเข้าใจ

3. ดำเนินการทดสอบก่อนเรียน (Pre-test) กับนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง โดยใช้แบบทดสอบความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ และแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่ผู้วิจัยจัดทำขึ้น ก่อนที่จะดำเนินการสอนแล้วบันทึกเป็นคะแนนก่อนเรียน ใช้เวลา 2 ชั่วโมง

4. ดำเนินการทดลองกับกลุ่มตัวอย่าง ด้วยแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง พลังงานความร้อน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ใช้เวลา 12 ชั่วโมง โดยผู้วิจัยเป็นผู้ดำเนินการทดลองเอง

5. เมื่อสิ้นสุดการจัดการเรียนรู้ จึงทำการทดสอบหลังเรียน (Post-test) กับนักเรียนกลุ่มตัวอย่างโดยใช้แบบทดสอบความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ และแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ฉบับเดียวกันกับการทดสอบก่อนเรียน ใช้เวลา 2 ชั่วโมง บันทึกเป็นคะแนนหลังเรียน

6. ผู้วิจัยนำข้อมูลที่ได้จากการทดสอบไปทำการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ ทำการสรุปผล และอภิปรายผลต่อไป

6. การวิเคราะห์ข้อมูล

ในการวิจัยการพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมตามแนวคิดสะเต็มศึกษาที่ส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ เรื่อง พลังงานความร้อนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ผู้วิจัยได้ดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูลการวิจัย ดังนี้

1. การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณ ดังนี้

1.1 วิเคราะห์หาประสิทธิภาพของแผนการจัดการกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง พลังงานความร้อนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โดยหาประสิทธิภาพของกระบวนการ E_1/E_2 ตามเกณฑ์ 75/75 ที่ตั้งไว้ โดยหาค่าประสิทธิภาพของกระบวนการ คำนวณค่า E_1 จากการรวมคะแนนใบกิจกรรมวัดความรู้ (K) ใบกิจกรรมวัดความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ (P) และชิ้นงาน ของแต่ละแผนการเรียนรู้ในสัดส่วน 30 : 40 : 30 ตามลำดับ จำนวน 8 แผนการจัดการเรียนรู้ โดยมีรายละเอียดการเก็บคะแนน ดังนี้

1) คะแนนใบกิจกรรมวัดความรู้ (K) และใบกิจกรรมวัดความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ (P) จำนวน 4 แผนการจัดการเรียนรู้ ได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1, แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3, แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5 และแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 7

2) คะแนนใบกิจกรรมวัดความรู้ (K) ใบกิจกรรมวัดความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ (P) และชิ้นงาน จำนวน 4 แผนการจัดการเรียนรู้ ได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2, แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4, แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 6 และแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 8

ประสิทธิภาพของผลลัพธ์ คำนวณค่า E_2 ได้จากคะแนนของการทำแบบทดสอบความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์และแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนจนครบทุกแผน ในสัดส่วน 50 : 50 ตามลำดับ

1.2 วิเคราะห์เปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์โดยการจัดการกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง พลังงานความร้อนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ระหว่างคะแนนก่อนเรียนและหลังเรียน

1.3 วิเคราะห์เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนโดยการจัดการกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง พลังงานความร้อนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ระหว่างคะแนนก่อนเรียนและหลังเรียน

7. สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

7.1 สถิติพื้นฐาน

สถิติพื้นฐาน ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ร้อยละ และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

1) ค่าเฉลี่ย (Mean) โดยใช้สูตร ดังนี้ (บุญชม ศรีสะอาด, 2560)

$$\bar{X} = \frac{\sum x}{N}$$

เมื่อ $\bar{X}$ แทน ค่าเฉลี่ย
 $\sum x$ แทน ผลรวมของคะแนนทั้งหมดในกลุ่ม

N แทน จำนวนคะแนนในกลุ่ม

2) ค่าร้อยละ (Percentage) โดยใช้สูตร ดังนี้ (บุญชม ศรีสะอาด, 2560)

$$P = \frac{f}{N} \times 100$$

เมื่อ P แทน ร้อยละ
f แทน ความถี่ที่ต้องการแปลงให้เป็นร้อยละ
N แทน จำนวนความถี่ทั้งหมด

3) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) ใช้สูตรนี้ดังนี้ (บุญชม ศรีสะอาด, 2560)

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

เมื่อ S.D. แทน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
x แทน คะแนนแต่ละตัว
 $\bar{X}$ แทน ค่าเฉลี่ย
N แทน จำนวนคะแนนในกลุ่ม
 Σ แทน ผลรวม

7.2 สถิติตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือวิจัย

สถิติตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือวิจัย ได้แก่

1. แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมตามแนวคิดสะเต็มศึกษา

1) ประเมินแบบมาตราส่วนประเมินค่า (rating scale) ตามวิธีของ likert

2. แบบทดสอบความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์

1) ค่าดัชนีความสอดคล้อง (Content Validity) ของแบบทดสอบความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ โดยพิจารณาจากค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อสอบแต่ละข้อกับพฤติกรรมที่ต้องการวัด (IOC) บุญชม ศรีสะอาด (2560) โดยใช้สูตรดังนี้

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

เมื่อ IOC แทน ดัชนีความสอดคล้องระหว่างระหว่างข้อคำถามกับเนื้อหา

ΣR แทน ผลรวมคะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญทั้งหมด

N แทน จำนวนผู้เชี่ยวชาญทั้งหมด

2) ดัชนีค่าอำนาจจำแนก (Discrimination) ของแบบทดสอบความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ใช้สูตรนี้ดังนี้ (มนตรี วงษ์สะพาน, 2563) คำนวณได้จากสูตร ดังนี้

$$D = \frac{S_u - S_L}{N(X_{\max} - X_{\min})}$$

เมื่อ D แทน ดัชนีค่าอำนาจจำแนก

SU แทน ผลรวมของคะแนนกลุ่มเก่ง

SL แทน ผลรวมของคะแนนกลุ่มอ่อน

N แทน จำนวนผู้เข้าสอบของกลุ่มเก่ง หรือ กลุ่มอ่อน (เฉพาะกลุ่มใดกลุ่มหนึ่ง)

$X_{\max}$ แทน คะแนนที่นักเรียนทำได้สูงสุด

$X_{\min}$ แทน คะแนนที่นักเรียนทำได้ต่ำสุด

3) ค่าความเชื่อมั่น โดยใช้สูตรสัมประสิทธิ์อัลฟา (α - coefficient) ของครอนบาค (Cronbach) (มนตรี วงษ์สะพาน, 2563) คำนวณได้จากสูตร ดังนี้

$$\alpha = \frac{k}{k-1} \left(1 - \frac{\sum S_i^2}{S_t^2} \right)$$

เมื่อ α แทน ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบฉบับนี้

k แทน จำนวนข้อสอบทั้งหมด

S_i^2 แทน ความแปรปรวนของคะแนนรายข้อ

S_t^2 แทน ความแปรปรวนของคะแนนรวมทั้งหมด

3. แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

1) ค่าดัชนีความสอดคล้อง (Content Validity) ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน โดยพิจารณาจากค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อสอบแต่ละข้อกับพฤติกรรมที่ต้องการวัด (IOC) บุญชม ศรีสะอาด (2560) โดยใช้สูตรดังนี้

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

เมื่อ	IOC	แทน	ดัชนีความสอดคล้องระหว่างระหว่างข้อคำถามกับเนื้อหา
	ΣR	แทน	ผลรวมคะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญทั้งหมด
	N	แทน	จำนวนผู้เชี่ยวชาญทั้งหมด

2) ค่าความยาก (Difficulty) รายข้อของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ใช้สูตรนี้ดังนี้ (บุญชม ศรีสะอาด, 2560)

$$P = \frac{Ru + Rl}{2f}$$

เมื่อ	P	แทน	ระดับความยาก
	f	แทน	จำนวนคนในกลุ่มสูงหรือกลุ่มต่ำซึ่งเท่ากัน
	Ru	แทน	จำนวนคนกลุ่มสูงที่ตอบถูก
	Rl	แทน	จำนวนคนกลุ่มต่ำที่ตอบถูก

3) ค่าอำนาจจำแนก (Discrimination) ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนใช้สูตรนี้ดังนี้ (Brennan, 1972)

$$B = \frac{U}{N_1} - \frac{L}{N_2}$$

เมื่อ	B	แทน	ค่าอำนาจจำแนกของข้อสอบ
	U	แทน	จำนวนคนทำข้อสอบข้อนั้นถูกของกลุ่มที่ผ่านเกณฑ์
	L	แทน	จำนวนคนทำข้อสอบข้อนั้นถูกของกลุ่มที่ไม่ผ่านเกณฑ์
	N_1	แทน	จำนวนคนที่สอบผ่านเกณฑ์
	N_2	แทน	จำนวนคนที่สอบไม่ผ่านเกณฑ์

4) ค่าความเชื่อมั่น โดยใช้สูตรวิธีของโลเวท (Lovett) (บุญชม ศรีสะอาด, 2560)

$$r_\alpha = 1 - \frac{k \sum x_i^2 - \sum x_i^2}{(k-1) \sum (x_i - C)^2}$$

เมื่อ	r_α	แทน	ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ
	K	แทน	จำนวนข้อสอบ
	X_i	แทน	คะแนนของแต่ละคน
	C	แทน	คะแนนเกณฑ์หรือจุดตัดของแบบทดสอบ

7.3 สถิติสำหรับการตรวจสอบสมมติฐาน

สถิติสำหรับการตรวจสอบสมมติฐาน ได้แก่

1. สถิติที่ใช้ในการหาประสิทธิภาพของแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่ส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ เรื่อง พลังงานความร้อนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ตามเกณฑ์ E_1/E_2 (วาโร เฟิงส์วีสต์, 2551)

$$E_1 = \frac{\left(\frac{\sum x}{N}\right)}{A} \times 100$$

$$E_2 = \frac{\left(\frac{\sum F}{N}\right)}{B} \times 100$$

เมื่อ	E_1	แทน	ประสิทธิภาพของกระบวนการ
	E_2	แทน	ประสิทธิภาพของผลลัพธ์
	$\sum x$	แทน	ผลรวมของคะแนนนักเรียนที่ได้ระหว่างเรียน ทุกคน
	$\sum F$	แทน	ผลรวมของคะแนนนักเรียนที่ได้หลังเรียนทุกคน
	N	แทน	จำนวนนักเรียนทั้งหมด
	A	แทน	คะแนนเต็มของแบบฝึกหัด
	B	แทน	คะแนนเต็มของแบบทดสอบหลังเรียน

2. สถิติที่ใช้ในการทดสอบสมมติฐานของคะแนนเฉลี่ยก่อนเรียนและหลังเรียนโดยใช้ t-test ชนิด Dependent Samples (บุญชม ศรีสะอาด, 2560)

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

เมื่อ	t	แทน	ค่าสถิติที่จะใช้เปรียบเทียบกับค่าวิกฤติ เพื่อทราบ ความมีนัยสำคัญ
	D	แทน	ค่าความแตกต่างของคะแนนก่อนเรียน และหลังเรียน
	n	แทน	จำนวนกลุ่มตัวอย่างหรือจำนวนคู่คะแนน
	$\sum D$	แทน	ผลรวมของความแตกต่างของคะแนนก่อนเรียน และหลังเรียน
	$(\sum D^2)$	แทน	ผลรวมของความแตกต่างของคะแนนก่อนเรียน

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยเรื่องการพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมตามแนวคิดสะเต็มศึกษาที่ส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ เรื่อง พลังงานความร้อนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ผู้วิจัยได้เสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลตามลำดับ ดังนี้

1. สัญลักษณ์ที่ใช้ในการนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล
2. ลำดับขั้นตอนในการเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล
3. ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

1. สัญลักษณ์ที่ใช้ในการเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยได้กำหนดสัญลักษณ์ และความหมายของสัญลักษณ์ที่ใช้ในการแสดงผลการวิเคราะห์ข้อมูล ดังนี้

n	แทน จำนวนนักเรียนในกลุ่มตัวอย่าง
$\bar{X}$	แทน คะแนนเฉลี่ย
$S.D.$	แทน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
E_1	แทน ประสิทธิภาพของกระบวนการ
E_2	แทน ประสิทธิภาพของผลลัพธ์
Σx	แทน ผลรวมของคะแนนทั้งหมดในกลุ่ม
t	แทน ค่าความแตกต่าง หรือเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่าง
μ_0	แทน คะแนนร้อยละ 75 ของคะแนนเต็มจากแบบทดสอบหรือแบบทดสอบ

ความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์

df	แทน ชั้นของความอิสระ
P	แทน ระดับนัยสำคัญทางสถิติ

* แทน มีระดับนัยสำคัญที่ระดับ .05 ($p < 0.05$)

พนัน ปณ จิต ชเว

2. ลำดับขั้นตอนในการเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูล ผู้วิจัยได้ดำเนินการตามขั้นตอน ดังต่อไปนี้

ตอนที่ 1 ผลการวิเคราะห์หาประสิทธิภาพของกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง พลังงานความร้อนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 75/75

ตอนที่ 2 ผลการวิเคราะห์ความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์โดยการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง พลังงานความร้อนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ก่อนเรียนและหลังเรียน

ตอนที่ 3 ผลการวิเคราะห์ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนโดยการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง พลังงานความร้อนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ก่อนเรียนและหลังเรียน

3. ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ตอนที่ 1 ผลการวิเคราะห์หาประสิทธิภาพของกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง พลังงานความร้อนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 75/75

ผู้วิจัยได้หาค่าประสิทธิภาพของกระบวนการ คำนวณค่า E_1 จากการรวมคะแนนใบกิจกรรมวัดความรู้ (K) ใบกิจกรรมวัดความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ (P) และชิ้นงาน ของแต่ละแผนการเรียนรู้ในสัดส่วน 30 : 40 : 30 ตามลำดับ จำนวน 8 แผนการจัดการเรียนรู้ โดยมีรายละเอียดการเก็บคะแนน ดังนี้

1) คะแนนใบกิจกรรมวัดความรู้ (K) และใบกิจกรรมวัดความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ (P) จำนวน 4 แผนการจัดการเรียนรู้ ได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1, แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3, แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5 และแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 7

2) คะแนนใบกิจกรรมวัดความรู้ (K) ใบกิจกรรมวัดความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ (P) และชิ้นงาน จำนวน 4 แผนการจัดการเรียนรู้ ได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2, แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4, แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 6 และแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 8

ประสิทธิภาพของผลลัพธ์ คำนวณค่า E_2 ได้จากคะแนนของการทำแบบทดสอบความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์และแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนจนครบทุกแผน ในสัดส่วน 50 : 50 ตามลำดับ ปรากฏดังตารางที่ 18 และตารางที่ 19

ตารางที่ 18 คะแนนประสิทธิภาพของกระบวนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ (E_1) ของนักเรียนกลุ่มตัวอย่างชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมตามแนวคิดสะเต็มศึกษา คะแนนใบกิจกรรมวัดความรู้ (K) ใบกิจกรรมวัดความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ (P) และชิ้นงาน กำหนดสัดส่วนคะแนน 30 : 40 : 30 ของคะแนนเต็ม

เลขที่	ประสิทธิภาพของกระบวนการ (E_1)				สัดส่วนคะแนนของกระบวนการ (E_1)			
	ใบกิจกรรม วัดด้านความรู้ (K)	ใบกิจกรรม วัดด้านทักษะ (P)	ชิ้นงาน	ผลรวม	ใบกิจกรรม วัดด้านความรู้ (K)	ใบกิจกรรม วัดด้านทักษะ (P)	ชิ้นงาน	ผลรวม
คะแนน	72	192	48	312	30%	40%	30%	100%
1	64	161	38	263	26.66	33.54	23.75	83.95
2	59	156	38	253	24.58	32.50	23.75	80.83
3	60	156	37	253	25.00	32.50	23.12	80.62
4	58	158	37	253	24.16	32.91	23.12	80.20
5	62	162	41	265	25.83	33.75	25.62	85.20
6	59	156	40	255	24.58	32.50	25.00	82.08
7	59	155	38	252	24.58	32.29	23.75	80.62
8	65	165	38	268	27.08	34.37	23.75	85.20
9	60	156	37	253	25.00	32.50	23.12	80.62
10	64	161	38	263	26.66	33.54	23.75	83.95
11	58	158	37	253	24.16	32.91	23.12	80.20
12	65	165	38	268	27.08	34.37	23.75	85.20
13	64	161	38	263	26.66	33.54	23.75	83.95
14	59	156	40	255	24.58	32.50	25.00	82.08
15	59	156	40	255	24.58	32.50	25.00	82.08
16	62	162	41	265	25.83	33.75	25.62	85.20
17	59	156	40	255	24.58	32.50	25.00	82.08
18	59	156	38	253	24.58	32.50	23.75	80.83
19	60	156	37	253	25.00	32.50	23.12	80.62
20	59	156	40	255	24.58	32.50	25.00	82.08
21	62	162	41	265	25.83	33.75	25.62	85.20
22	59	156	38	253	24.58	32.50	23.75	80.83

ตารางที่ 18 (ต่อ)

เลขที่	ประสิทธิภาพของกระบวนการ (E ₁)				สัดส่วนคะแนนของกระบวนการ (E ₁)			
	ใบกิจกรรม วัดด้านความรู้ (K)	ใบกิจกรรม วัดด้านทักษะ (P)	ชิ้นงาน	ผลรวม	ใบกิจกรรม วัดด้านความรู้ (K)	ใบกิจกรรม วัดด้านทักษะ (P)	ชิ้นงาน	ผลรวม
คะแนน	72	192	48	312	30%	40%	30%	100%
23	65	165	38	268	27.08	34.37	23.75	85.20
24	60	156	37	253	25.00	32.50	23.12	80.62
25	65	164	38	267	27.08	34.16	23.75	85.00
26	59	156	40	255	24.58	32.50	25.00	82.08
27	58	158	37	253	24.16	32.91	23.12	80.20
28	59	156	38	253	24.58	32.50	23.75	80.83
29	64	161	38	263	26.66	33.54	23.75	83.95
30	62	162	41	265	25.83	33.75	25.62	85.20
31	58	158	37	253	24.16	32.91	23.12	80.20
32	59	156	38	253	24.58	32.50	23.75	80.83
33	65	164	38	267	27.08	34.16	23.75	85.00
34	64	161	38	263	26.66	33.54	23.75	83.95
35	60	156	37	253	25.00	32.50	23.12	80.62
36	60	156	37	253	25.00	32.50	23.12	80.62
37	62	162	41	265	25.83	33.75	25.62	85.20
38	66	164	38	268	27.50	34.16	23.75	85.41
39	58	158	37	253	24.16	32.91	23.12	80.208
รวม	10076.00				3218.95			
$\bar{X}$	258.35				82.53			
S.D.	6.10				2.02			
ร้อยละ	82.80				82.53			

จากตาราง 18 พบว่า สัดส่วนคะแนนประสิทธิภาพของกระบวนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ (E₁) คะแนนรวม เท่ากับ 3218.95 ค่าเฉลี่ย เท่ากับ 82.53 มีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 2.02 คิดเป็นร้อยละ 82.53

ตารางที่ 19 คะแนนประสิทธิภาพของผลลัพธ์ (E₂) ของนักเรียนกลุ่มตัวอย่างชั้นมัธยมศึกษา

ปีที่ 1 ที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม
ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ และ
แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน กำหนดสัดส่วนคะแนน 50 : 50
ของคะแนนเต็ม

เลขที่	ประสิทธิภาพของผลลัพธ์ (E ₂)			สัดส่วนคะแนนของผลลัพธ์(E ₂)		
	การแก้ปัญหา เชิงสร้างสรรค์	วัดผลสัมฤทธิ์	ผลรวมคะแนน	การแก้ปัญหา เชิงสร้างสรรค์	วัดผลสัมฤทธิ์	ผลรวมคะแนน
คะแนน	72	20	92	50%	50%	100%
1	56	17	73	38.88	42.50	81.38
2	55	15	70	38.19	37.50	75.69
3	55	18	73	38.19	45.00	83.19
4	54	15	69	37.50	37.50	75.00
5	54	16	70	37.50	40.00	77.50
6	54	16	70	37.50	40.00	77.50
7	56	15	71	38.88	37.50	76.38
8	56	17	73	38.88	42.50	81.38
9	55	15	70	38.19	37.50	75.69
10	57	15	72	39.58	37.50	77.08
11	57	17	74	39.58	42.50	82.08
12	54	15	69	37.50	37.50	75.00
13	57	16	73	39.58	40.00	79.58
14	56	17	73	38.88	42.50	81.38
15	54	16	70	37.50	40.00	77.50
16	55	15	70	38.19	37.50	75.69
17	56	17	73	38.88	42.50	81.38
18	56	16	72	38.88	40.00	78.88
19	59	18	77	40.97	45.00	85.97
20	59	16	75	40.97	40.00	80.97
21	55	17	72	38.19	42.50	80.69
22	58	17	75	40.27	42.50	82.77
23	59	16	75	40.97	40.00	80.97

ตารางที่ 19 (ต่อ)

เลขที่	ประสิทธิภาพของผลลัพธ์ (E ₂)			สัดส่วนคะแนนของผลลัพธ์(E ₂)		
	การแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์	วัดผลสัมฤทธิ์	ผลรวมคะแนน	การแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์	วัดผลสัมฤทธิ์	ผลรวมคะแนน
คะแนน	72	20	92	50%	50%	100%
24	61	15.00	76	42.36	37.50	79.86
25	57.00	17.00	74	39.58	42.50	82.08
26	63.00	16.00	79	43.75	40.00	83.75
27	53.00	16.00	69	36.80	40.00	76.80
28	59.00	15.00	74	40.97	37.50	78.47
29	57.00	16.00	73	39.58	40.00	79.58
30	57.00	17.00	74	39.58	42.50	82.08
31	59.00	16.00	75	40.97	40.00	80.97
32	59.00	18.00	77	40.97	45.00	85.97
33	59.00	16.00	75	40.97	40.00	80.97
34	57.00	15.00	72	39.58	37.50	77.08
35	60.00	16.00	76	41.66	40.00	81.66
36	57.00	17.00	74	39.58	42.50	82.08
37	57.00	16.00	73	39.58	40.00	79.58
38	60.00	19.00	79	41.66	47.50	89.16
39	56.00	16.00	72	38.88	40.00	78.88
รวม	2851.00			3122.77		
$\bar{X}$	73.10			80.07		
S.D.	2.60			3.20		
ร้อยละ	79.45			80.07		

จากตาราง 19 พบว่า สัดส่วนคะแนนประสิทธิภาพของผลลัพธ์ (E₂) คะแนนทดสอบหลังเรียน คะแนนรวม เท่ากับ 3122.77 ค่าเฉลี่ย เท่ากับ 80.07 มีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 3.20 คิดเป็น ร้อยละ 80.07

ตารางที่ 20 ผลการวิเคราะห์หาประสิทธิภาพของกระบวนการ (E_1) และประสิทธิภาพของ
ผลลัพธ์ (E_2) ของกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมตาม
แนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง พลังงานความร้อนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1

ประสิทธิภาพของแผน การจัดการเรียนรู้	คะแนน เต็ม	คะแนน รวม	$\bar{X}$	S.D.	ร้อยละ
ประสิทธิภาพของกระบวนการ (E_1)	100	3218.95	82.53	2.02	82.53
ประสิทธิภาพของผลลัพธ์ (E_2)	100	3122.77	80.07	3.20	80.07
ประสิทธิภาพของกระบวนการ เท่ากับ 82.53/80.07					

จากตาราง 20 พบว่า การหาประสิทธิภาพของแผนการจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการ
ออกแบบเชิงวิศวกรรมตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ประสิทธิภาพของกระบวนการ ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 82.53
คะแนน คิดเป็นร้อยละ 82.53 มีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 2.02 และประสิทธิภาพของผลลัพธ์
ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 80.07 คิดเป็นร้อยละ 80.07 มีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 3.20 ดังนั้น
แผนการจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมตามแนวคิดสะเต็มศึกษาที่ส่งเสริม
ความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ เรื่อง พลังงานความร้อนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษา
ปีที่ 1 มีประสิทธิภาพเท่ากับ 82.53/80.07 (ดังปรากฏในภาคผนวก ข ตารางที่ 32 ตารางที่ 33
และตารางที่ 34)

ตอนที่ 2 ผลการวิเคราะห์ความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์โดยการจัดกิจกรรม
การเรียนรู้ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง พลังงานความร้อน
ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ก่อนเรียนและหลังเรียน แสดงผลดังตารางที่ 21 และตารางที่ 22



ตารางที่ 21 ผลการวิเคราะห์คะแนนสอบความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์หลังการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง พลังงานความร้อนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ในแต่ละองค์ประกอบกับเกณฑ์ร้อยละ 75 ของคะแนนเต็ม โดยใช้สถิติ One Sample t-test

ประเด็นการประเมิน	คะแนนเต็ม	$\bar{X}$	S.D.	μ_0 75%	t	df	P-value
องค์ประกอบที่ 1 การเข้าใจความท้าทาย	9	7.11	0.63	6.75	3.60	38	0.00*
องค์ประกอบที่ 2 การสร้างแนวคิด	9	7.02	0.74	6.75	2.31	38	0.02*
องค์ประกอบที่ 3 การเตรียมปฏิบัติการ	9	7.24	0.57	6.75	5.38	38	0.00*
องค์ประกอบที่ 4 การวางแผนการปฏิบัติ	9	7.04	0.59	6.75	3.05	38	0.00*
ผลรวมทั้ง 4 องค์ประกอบ	36	28.41	4.17	27	3.58	38	0.00*

* ที่ระดับนัยสำคัญ .05

จากตารางที่ 21 พบว่าคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์หลังได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง พลังงานความร้อนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ในแต่ละองค์ประกอบกับเกณฑ์ร้อยละ 75 ของคะแนนเต็ม มีคะแนนรวมทั้ง 4 องค์ประกอบ เท่ากับ 28.41 คิดเป็นร้อยละ 78.91 พบว่ามีค่า p น้อยกว่า .05 แสดงว่า คะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 75 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ตารางที่ 22 ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์โดยการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง พลังงานความร้อนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ก่อนเรียนและหลังเรียน โดยใช้สถิติ Dependent Samples t-test

การทดสอบ	คะแนนเต็ม	$\bar{X}$	S.D.	t	df	P-value
ก่อนเรียน	72	38.97	4.34	31.07	38	0.00*
หลังเรียน	72	56.87	2.21			

* ที่ระดับนัยสำคัญ .05

จากตารางที่ 22 พบว่า นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง พลังงานความร้อน จำนวน 39 คน มีความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ ก่อนเรียนมีคะแนนเฉลี่ย 38.97 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 4.34 และหลังเรียนมีคะแนนเฉลี่ย 56.87 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 2.21 และเมื่อเปรียบเทียบระหว่างคะแนนก่อนและหลังเรียน พบว่า คะแนนสอบหลังเรียนของนักเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 (ดังปรากฏในภาคผนวก ข ตารางที่ 35)

ตอนที่ 3 ผลการวิเคราะห์ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนโดยการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง พลังงานความร้อน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ก่อนเรียนและหลังเรียน ดังตารางที่ 23 และตารางที่ 24

ตารางที่ 23 การวิเคราะห์คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง พลังงานความร้อน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 กับเกณฑ์ร้อยละ 75 ของคะแนนเต็ม โดยใช้สถิติ One sample t-test

การทดสอบ	คะแนนเต็ม	$\bar{X}$	S.D.	t	df	P-value
หลังเรียน	20	16.23	1.01	7.59	38	0.00*

* ที่ระดับนัยสำคัญ .05

จากตารางที่ 23 พบว่า คะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง พลังงานความร้อน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 กับเกณฑ์ร้อยละ 75 ของคะแนนเต็ม มีคะแนนเฉลี่ย 16.23 คิดเป็นร้อยละ 81.15 พบว่ามีค่า p น้อยกว่า .05 แสดงว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 75 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ตารางที่ 24 ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนโดยการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง พลังงานความร้อน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ก่อนเรียนและหลังเรียน โดยใช้ สถิติ Dependent Samples t-test

การทดสอบ	คะแนนเต็ม	$\bar{X}$	S.D.	t	df	P-value
ก่อนเรียน	20	7.92	2.01	26.62	38	0.00*
หลังเรียน	20	16.23	1.01			

* ที่ระดับนัยสำคัญ .05

จากตารางที่ 23 พบว่า นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง พลังงานความร้อน จำนวน 39 คน มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ก่อนเรียนมีคะแนนเฉลี่ย เท่ากับ 7.92 คะแนน มีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 2.01 และหลังเรียนมีคะแนนเฉลี่ย เท่ากับ 16.23 คะแนน มีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 1.01 และเมื่อเปรียบเทียบระหว่างคะแนนก่อนและหลังเรียน พบว่า คะแนนสอบหลังเรียนของนักเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 (ดังปรากฏในภาคผนวก ข ตารางที่ 35)



บทที่ 5

สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การวิจัยเรื่องการพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมตามแนวคิดสะเต็มศึกษาที่ส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ เรื่อง พลังงานความร้อนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ผู้วิจัยได้สรุปผลของการวิจัยหลังการวิเคราะห์ข้อมูล ดังนี้

1. ความมุ่งหมายของการวิจัย
2. สรุปผล
3. อภิปรายผล
4. ข้อเสนอแนะ

1. ความมุ่งหมายของการวิจัย

1. เพื่อพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง พลังงานความร้อนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ให้มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 75/75
2. เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ โดยการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง พลังงานความร้อนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ก่อนเรียนและหลังเรียน
3. เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน โดยการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง พลังงานความร้อนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ก่อนเรียนและหลังเรียน

2. สรุปผล

การพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมตามแนวคิดสะเต็มศึกษาที่ส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ เรื่อง พลังงานความร้อน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 สรุปผลได้ ดังนี้

1. กิจกรรมการเรียนรู้ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง พลังงานความร้อนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ให้มีประสิทธิภาพ 82.53/80.07
2. นักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง พลังงานความร้อน มีความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ คะแนนสอบหลังเรียนของนักเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

3. นักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง พลังงานความร้อน มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคะแนนสอบหลังเรียนของนักเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

3. อภิปรายผล

จากผลการวิจัยการพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมตามแนวคิดสะเต็มศึกษาที่ส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ เรื่อง พลังงานความร้อนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ผู้วิจัยอภิปรายผลได้ ดังนี้

1. ประสิทธิภาพของกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมตามแนวคิดสะเต็มศึกษาที่ส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ เรื่อง พลังงานความร้อนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 มีประสิทธิภาพเท่ากับ 82.53/80.07 หมายความว่า คะแนนจากใบกิจกรรมวัดความรู้ ใบกิจกรรมวัดความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ และคะแนนจากชิ้นงาน จำนวน 8 แผนการจัดการเรียนรู้ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 มีค่าเฉลี่ย ร้อยละ 82.53 และคะแนนการทำแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์และแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หลังจากเรียนจบครบทุกแผนแล้ว มีค่าเฉลี่ยร้อยละ 80.07 จะเห็นได้ว่าแผนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง พลังงานความร้อน โดยใช้กิจกรรมการเรียนรู้ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมตามแนวคิดสะเต็มศึกษา มีประสิทธิภาพสูงกว่าเกณฑ์ 75/75 ที่ตั้งไว้ ทั้งนี้เป็นเพราะแผนการจัดการเรียนรู้ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นผ่านกระบวนการวิเคราะห์หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) หลักสูตรสถานศึกษา การตรวจสอบความถูกต้องเหมาะสมจากอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์และผู้เชี่ยวชาญ ซึ่งผู้วิจัยได้มีการปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำของอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์และผู้เชี่ยวชาญก่อนที่จะนำไปทดลองใช้กับนักเรียนที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง มีการปรับปรุงแก้ไขกิจกรรมตามความเหมาะสมของเวลา และได้นำแผนการจัดการเรียนรู้ไปทดลองใช้กับนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง แนวคิดสะเต็มศึกษาเป็นการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการข้ามกลุ่มสาระวิชา ระหว่าง 4 วิชา ได้แก่ วิทยาศาสตร์ (Science: S) เทคโนโลยี (Technology: T) วิศวกรรมศาสตร์ (Engineer: E) และคณิตศาสตร์ (Mathematics: M) เพื่อให้ผู้เรียนนำความรู้ทุกแขนงมาใช้ในการแก้ปัญหา การค้นคว้า และพัฒนาสิ่งต่าง ๆ ในสถานการณ์โลกปัจจุบัน (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2557) นอกจากนี้แล้วสะเต็มศึกษายังช่วยให้นักเรียนได้ใช้ความรู้เดิมในการร่างและออกแบบนวัตกรรมเพื่อแก้ปัญหา ได้ลงมือปฏิบัติ ทั้งยังส่งเสริมให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้และเกิดประสบการณ์ด้วยตนเอง สามารถนำความรู้เดิมมาใช้ในการออกแบบแก้ปัญหาต่าง ๆ ได้ (ลือชา ลดาชาติ และลฎาภา ลดาชาติ, 2561) และการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมเป็นกระบวนการของการแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบภายใต้ทรัพยากรและข้อจำกัดต่าง ๆ เพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่เหมาะสมที่สุด (อภิสิทธิ์ ธงไชย, 2559)

นอกจากนี้แล้วกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมยังช่วยให้นักเรียนเข้าใจถึงการทำงานอย่างเป็นขั้นตอน รู้จักการวางแผนการแก้ปัญหา สามารถคิดหาแนวทางที่หลากหลายเพื่อแก้ปัญหาได้อย่างเหมาะสมและเกิดประโยชน์สูงสุด (กฤษฎดา ชูสินคุณาวุฒิ, 2557) และเป็นกิจกรรมที่เน้นให้นักเรียนได้แก้ปัญหาจากสถานการณ์อย่างสร้างสรรค์ด้วยตัวเอง โดยเริ่มจากครูนำเสนอสถานการณ์และปัญหา เพื่อกระตุ้นความสนใจแก่นักเรียนและเชื่อมโยงความรู้เดิมกับเรื่องที่เคยศึกษามา เพื่อนำมาใช้ในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์จากสถานการณ์ที่ครูกำหนด โดยครูแบ่งกลุ่มให้นักเรียนเพื่อจะให้นักเรียนได้มีการปรึกษาแลกเปลี่ยนความคิดเห็นกันภายในกลุ่มเกี่ยวกับสถานการณ์ปัญหาดังกล่าว โดยให้นักเรียนนำกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เมื่อแต่ละกลุ่มได้วิธีการแก้ปัญหาที่ดีและเหมาะสมที่สุด ครูให้แต่ละกลุ่มนำวิธีการแก้ปัญหานั้นมาเขียนลำดับขั้นตอนให้ชัดเจน เพื่อให้นักเรียนสามารถออกแบบและวางแผนในการแก้ปัญหาที่ยั่งยืนโดยมีทางออกในรูปแบบใหม่และมีประสิทธิภาพ ซึ่งนักเรียนสามารถใช้เทคโนโลยีในการสืบค้นข้อมูลเพิ่มเติมได้เป็นการส่งเสริมการเรียนรู้ในยุคดิจิทัล (กระทรวงศึกษาธิการ, 2567) หลังจากนั้นสร้างนวัตกรรมหรือชิ้นงานตามลำดับขั้นตอนที่นักเรียนในแต่ละกลุ่มได้วางแผนไว้ ในการทำไปแก้ปัญหาของสถานการณ์อย่างสร้างสรรค์ นักเรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอรูปแบบแนวคิดในการสร้าง เพื่อเป็นแนวทางในการแก้ไขปรับปรุงต่อไปให้ดียิ่งขึ้นและสามารถนำไปใช้แก้ปัญหาในสถานการณ์อื่นที่ใกล้เคียงกันในชีวิตประจำวันของนักเรียน เมื่อผู้เรียนได้ฝึกแก้ปัญหาของสถานการณ์จนเกิดความชำนาญ นักเรียนจะสามารถคิดนอกกรอบเพื่อให้ได้แนวทางในการแก้ปัญหาที่หลากหลายมากขึ้น เมื่อนักเรียนเจอสถานการณ์ที่มีความซับซ้อนมากขึ้นหรือเกี่ยวกับชีวิตประจำวัน ทำให้นักเรียนสามารถตัดสินใจเลือกวิธีในการแก้ปัญหาได้รวดเร็ว (ไพฑูรย์ สุขศรีงาม, 2545) สอดคล้องกับงานวิจัยของลัดดาวัลย์ นงประโคน (2560) ได้ทำการศึกษา การจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาเพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ ในชั้นเรียนวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ผลการวิจัยพบว่า ประสิทธิภาพของแผนการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษามีประสิทธิภาพ (E_1/E_2) เท่ากับ 78.35/76.81 2) นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษามีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 75 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 สอดคล้องกับงานวิจัยของสอดคล้องกับงานวิจัยของศิริกรานต์ โยคะสิงห์ (2564) ได้ทำการศึกษาการพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ โดยใช้การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง งานและพลังงานของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ผลการวิจัยพบว่า กิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง งานและพลังงาน มีค่าประสิทธิภาพเท่ากับ 79.32/77.39 ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด และสอดคล้องกับงานวิจัยของจิรนนท์ แวงวรรณ (2562) ได้ทำการศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและเจตคติต่อการเรียนของนักเรียนชั้นประถมศึกษา

ปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา ผลการวิจัยพบว่า ดัชนีประสิทธิผลของการจัดการกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา มีค่าเท่ากับ 0.6559 คิดเป็นร้อยละ 65.59

2. นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมตามแนวคิดสะเต็มศึกษา มีความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน และสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 75 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ผลวิจัยเป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้ เนื่องมาจากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมตามแนวคิดสะเต็มศึกษาเป็นกิจกรรมการเรียนรู้เหมาะสมกับวัยของผู้เรียน และเป็นกระบวนการเรียนรู้ผ่านกิจกรรมโดยการบูรณาการการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยีผนวกกับแนวคิดการออกแบบเชิงวิศวกรรม กระตุ้นการเรียนรู้แบบลงมือปฏิบัติ เพื่อพัฒนาความรู้ความเข้าใจ และนักเรียนสามารถนำความรู้มาออกแบบชิ้นงานสามารถใช้ในการแก้ปัญหาในชีวิตประจำวันได้ (พรทิพย์ ศิริภทราชัย, 2556) และมุ่งเน้นให้ผู้เรียนมีบทบาทในการแสวงหาความรู้ เรียนรู้อย่างมีปฏิสัมพันธ์กับเพื่อน ผู้สอน และสิ่งแวดล้อม (ศศิเทพ ปิติพรเทพ, 2568) ซึ่งในการสร้างสรรค์ หรือพัฒนาผลงาน หรือปรับปรุงระบบต่าง ๆ จะต้องอาศัยกระบวนการคิดและตัดสินใจอย่างเป็นระบบบนพื้นฐานของการประยุกต์ความรู้ในด้านต่าง ๆ (กมลวรรณ พงศนิรันดร์กุล, 2557) นอกจากนี้แล้วยังช่วยให้นักเรียนเข้าใจถึงการทำงานอย่างเป็นขั้นตอน รู้จักการวางแผนการแก้ปัญหา สามารถคิดหาแนวทางที่หลากหลายเพื่อแก้ปัญหาได้อย่างเหมาะสม (กฤษฎดา ชุสินธุณาวุฒิ, 2557) ช่วยส่งเสริมกระบวนการคิดแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ด้วยวิธีการที่แปลกใหม่ และหลากหลายในการเลือกใช้วิธีที่ดีที่สุดในการนำมาใช้ในการแก้ปัญหา ทำให้บรรลุเป้าหมายที่ตั้งไว้ได้โดยง่าย (Treffinger, Isaken and Dorval, 2003) ทั้งยังเน้นการพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาด้วยวิธีการฝึกให้ผู้เรียนรู้จักค้นคว้าหาความรู้ โดยผู้สอนตั้งคำถามกระตุ้นให้ผู้เรียนใช้กระบวนการทางความคิดหาเหตุผลจนค้นพบแนวทางในการแก้ปัญหาที่ถูกต้องด้วยตนเอง สรุปเป็นหลักการกฎเกณฑ์หรือวิธีการในการแก้ปัญหาได้อย่างเป็นระบบ มีการวางแผนเป็นลำดับขั้นตอน และสามารถนำไปประยุกต์ใช้ประโยชน์ในการควบคุมปรับปรุงเปลี่ยนแปลงสร้างสรรค์สิ่งต่าง ๆ ได้อย่างกว้างขวาง (สุวิทย์ มูลคำและอรทัย มูลคำ, 2560) ในการจัดการเรียนรู้ในวิชาวิทยาศาสตร์ นักเรียนเป็นผู้ลงมือปฏิบัติด้วยตนเองโดยใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ เพื่อการค้นพบหรือสร้างความรู้ (พิมพ์พันธ์ เดชะคุปต์, 2550) นักเรียนเรียนได้ทำความเข้าใจเกี่ยวกับสถานการณ์ปัญหาที่ครูกำหนด นักเรียนแต่ละกลุ่มรวบรวมความคิดวิธีการแก้ปัญหาต่าง ๆ จากสื่อการเรียนรู้ ได้แก่ หนังสือเรียน ใบความรู้ สื่ออินเทอร์เน็ต และสื่อออนไลน์ทุกช่องทาง เพื่อให้ได้วิธีในการแก้ปัญหามากที่สุด จากนั้นเลือกมา 1 วิธีที่เหมาะสมที่สุดและมีความเป็นไปได้ในการนำมาใช้ในการแก้ปัญหาของสถานการณ์ โดยนำหลักการบูรณาการวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ วิศวกรรมศาสตร์ และเทคโนโลยี มาช่วยในการแก้ปัญหาที่ยุ่ยากและซับซ้อน นักเรียนเขียนลำดับวิธีการแก้ปัญหาให้ถูกต้องชัดเจน พร้อมทั้งนำลำดับขั้นตอนในการแก้ปัญหาไปใช้

แก้ปัญหาอย่างถูกต้อง และสามารถแสดงวิธีการแก้ปัญหาออกมาได้เป็นลำดับขั้นตอน (Aho, 2012) ส่งผลให้นักเรียนมีความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์และมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่สูงขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของจักรกฤต ภูขงศ์ประเวศ (2563) ได้ทำการศึกษาผลของการจัดการเรียนการสอนโครงงานวิทยาศาสตร์โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์และคุณภาพผลงานเชิงสร้างสรรค์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น สังกัดสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา ผลการวิจัยพบว่า ความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์หลังเรียนแตกต่างจากระหว่างเรียน ครั้งที่ 2 ระหว่างเรียนครั้งที่ 1 และก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และการรับรู้ความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์หลังเรียนแตกต่างจากระหว่างเรียนครั้งที่ 1 และก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ของนักเรียนหลังเรียนอยู่ในระดับสูง และคุณภาพผลงานเชิงสร้างสรรค์ของนักเรียนหลังเรียนอยู่ในระดับดี และสอดคล้องกับงานวิจัยของศิริพร มาตรกำจร (2561) ได้ทำการศึกษาความสามารถในการแก้ปัญหาย่างสร้างสรรค์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่องอาหารกับการดำรงชีวิตของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โดยใช้การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ผลการวิจัยพบว่า ความสามารถในการแก้ปัญหาย่างสร้างสรรค์ โดยใช้การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา (STEM Education) มีคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาย่างสร้างสรรค์ผ่านเกณฑ์ ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม

นอกจากนี้แล้วผู้วิจัยจึงได้วิเคราะห์ความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์หลังการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง พลังงานความร้อนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 เกณฑ์ร้อยละ 75 ของคะแนนเต็ม มีทั้งหมด 4 องค์ประกอบ ได้แก่ องค์ประกอบที่ 1 การทำความเข้าใจความท้าทาย (Understand the challenges) องค์ประกอบที่ 2 การสร้างแนวคิด (Generating idea) องค์ประกอบที่ 3 การเตรียมปฏิบัติการ (Preparing for action) องค์ประกอบที่ 4 การวางแผนการปฏิบัติ (Planning your approach) พบว่า มีคะแนนรวมทั้ง 4 องค์ประกอบ เท่ากับ 28.41 คิดเป็นร้อยละ 78.91 มีค่า p น้อยกว่า .05 แสดงว่า คะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ สูงกว่าเกณฑ์ ร้อยละ 75 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 องค์ประกอบที่มีคะแนนเฉลี่ยมากที่สุด คือ องค์ประกอบที่ 3 การเตรียมปฏิบัติการ มีคะแนนเฉลี่ย 7.24 คิดเป็นร้อยละ 80.44 เนื่องจากเป็นองค์ประกอบที่ นักเรียนต้องออกแบบและเขียนแผนการปฏิบัติการจากร่างแนวคิดวิธีการแก้ปัญหาที่ผ่านการเลือกแล้วว่าเป็นวิธีที่มีความเหมาะสมโดยจัดทำรายละเอียดขั้นตอนการดำเนินงาน เงื่อนไขที่กำหนด ความเหมาะสมด้านเทคนิคหรือแนวทางในการแก้ปัญหา จากนั้นให้นักเรียนดำเนินการตามแผนที่ออกแบบไว้ โดยบันทึกความสำเร็จตามแผน ปัญหา อุปสรรค วิธีแก้ไข และรายงานความก้าวหน้าให้ครูทราบเป็นระยะ ๆ ทำให้นักเรียนทำงานเป็นระบบมากขึ้น

และองค์ประกอบที่มีคะแนนเฉลี่ยน้อยที่สุด คือ องค์ประกอบที่ 2 การสร้างแนวคิด มีคะแนนเฉลี่ย 7.02 คิดเป็นร้อยละ 78.00 อาจเป็นเพราะ นักเรียนยังขาดทักษะในการสืบค้นข้อมูลที่มีแหล่งข้อมูลที่ น่าเชื่อถือ ความรู้ในการใช้สื่อออนไลน์ ความรู้ในการใช้ปัญญาประดิษฐ์ทางการศึกษา การใช้แอปพลิเคชันทางการศึกษา และการใช้เทคโนโลยีอื่น ๆ ที่ช่วยส่งเสริมการเรียนรู้ ทำให้ข้อมูลที่ นักเรียนศึกษาค้นคว้าไม่ครบถ้วนสมบูรณ์ การระบุสาเหตุที่ทำให้เกิดปัญหาจากการวิเคราะห์ สถานการณ์ที่ครูกำหนดไม่ครอบคลุม จึงส่งผลให้นักเรียนนั้นสร้างทางเลือกในการแก้ปัญหาได้น้อยลง ไม่มีทางเลือกที่หลากหลายในตัดสินใจ เพื่อเลือกแนวทางในการแก้ไขที่ดีที่สุดและสมเหตุสมผลที่สุดได้ หรือ อาจจะเป็นเพราะสถานการณ์ปัญหาส่วนใหญ่ที่ต้องการการแก้ปัญหา มีทางเลือกในการ แก้ปัญหาวางเกินไป ทำให้นักเรียนขาดวิจารณญาณในการตัดสินใจเลือกวิธีการแก้ปัญหาที่เหมาะสม ที่สุดในช่วงเวลานั้น

3. นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยกระบวนการออกแบบ เชิงวิศวกรรมตามแนวคิดสะเต็มศึกษา มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน และสูงกว่า เกณฑ์ ร้อยละ 75 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ผลวิจัยเป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้ ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เหมาะสมกับวัยของผู้เรียน เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บ รวบรวมข้อมูลผู้วิจัยได้สร้างขึ้นอย่างมีระบบขั้นตอน โดยศึกษาหลักสูตรแกนกลางการศึกษา ขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ.2560) และหลักสูตรสถานศึกษา อีกทั้งได้นำ เครื่องมือที่สร้างขึ้นผ่านกระบวนการตรวจสอบพิจารณาคุณภาพโดยผู้เชี่ยวชาญและอาจารย์ที่ปรึกษา วิทยานิพนธ์ มีกระบวนการการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนที่สนับสนุนให้ผู้เรียนสร้างความรู้ จากการสำรวจและสืบค้นความรู้ที่ผู้เรียนสนใจด้วยตัวเอง โดยในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้จะแทรก แนวคิดสะเต็มศึกษาเข้าไประหว่างการเรียนรู้ (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2560) ซึ่งการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมตามแนวคิดสะเต็มศึกษา การจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการข้ามกลุ่มสาระวิชา และการจัดกระบวนการเรียนรู้ผ่านกิจกรรมหรือ โครงการที่บูรณาการการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยีผนวกกับแนวคิด การออกแบบเชิงวิศวกรรม ซึ่งเป็นกระบวนการที่ช่วยส่งเสริมการเรียนรู้ผ่านกิจกรรมที่มุ่งเน้นการ แก้ปัญหาที่พบในชีวิตจริง เพื่อสร้างเสริมประสบการณ์ ทักษะชีวิต นำไปสู่การสร้างนวัตกรรมใหม่ ๆ (กมลฉัตร กล่อมอิม, 2559) นอกจากนี้แล้วช่วยส่งเสริมนักเรียนภายในกลุ่มได้ช่วยกันคิดหาวิธีที่ หลากหลายในการนำมาใช้ในการแก้ปัญหาจากสถานการณ์ที่ครูกำหนด ร่วมกันวิเคราะห์ปัญหา นำไปสู่กระบวนการแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบมีลำดับขั้นตอนอย่างชัดเจน นอกจากนี้แล้วรูปแบบ กิจกรรมนั้นเป็นการเน้นให้นักเรียนได้เรียนรู้ด้วยตนเอง จากการทำใบกิจกรรม การแลกเปลี่ยนเรียนรู้ ร่วมกันกับเพื่อนกับครูเป็นการเปิดโอกาสให้นักเรียนได้ค้นพบความรู้ทั้งจากสื่อ และจากการฝึกปฏิบัติ ในการค้นหาคำตอบอย่างสร้างสรรค์ โดยมีการตั้งเงื่อนไขในการแก้ปัญหาไว้อย่างชัดเจน ช่วยส่งเสริม

ความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ ช่วยให้เห็นโอกาสที่นำไปสู่การค้นพบสิ่งใหม่ การประดิษฐ์และก่อให้เกิดนวัตกรรมใหม่ ๆ ทำให้นักเรียนแก้ปัญหาต่าง ๆ ที่เข้ามาได้อย่างรวดเร็ว และพัฒนาสิ่งต่าง ๆ ได้โดดเด่นกว่าผู้อื่น ซึ่งสามารถช่วยให้นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่สูงขึ้นด้วย และที่สำคัญโลกของการแข่งขันทำให้ต้องมีการพัฒนาสิ่งต่าง ๆ อย่างไม่หยุดนิ่ง พร้อมก้าวสู่นาคต สอดคล้องกับเกรียงศักดิ์ เจริญวงศ์ศักดิ์ (2556) ซึ่งผู้เรียนจะต้องเกิดความรู้ความเข้าใจในเรื่องที่เรียนอย่างแท้จริง โดยการให้ผู้เรียนสร้างความรู้ด้วยตนเอง ลงมือปฏิบัติจริง โดยอาศัยความร่วมมือจากกลุ่ม กระบวนการคิด กระบวนการกลุ่ม มีปฏิสัมพันธ์ทางสังคม ทำให้ผู้เรียนมีสัมพันธภาพที่ดีต่อกัน ช่วยเหลือกัน นำไปสู่ความสำเร็จ และการพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ หรือการสร้างสรรค์ผลงานได้อย่างหลากหลายและแปลกใหม่ไปใช้ในการแก้ปัญหาในชีวิตประจำวันได้ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของบุญญพัฒน์ โคตรบุตร (2560) ได้ทำการศึกษาศึกษาการบูรณาการตามแนวคิดสะเต็มศึกษาในการเสริมสร้างผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและเจตคติต่อวิทยาศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ผลการวิจัยพบว่า คะแนนเฉลี่ยของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 80 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 สอดคล้องกับงานวิจัยของอัครเดช จานงค์ธรรม (2560) ได้ทำการศึกษาการพัฒนาหลักสูตรรายวิชาวิทยาศาสตร์พื้นฐาน หน่วยการเรียนรู้สารชีวโมเลกุล โดยประยุกต์ใช้การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ในโรงเรียนสังกัดกรุงเทพมหานคร ผลการวิจัยพบว่า 1) ค่าเฉลี่ยคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 2) ค่าเฉลี่ยคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนหลังเรียนสูงกว่าเกณฑ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และสอดคล้องกับงานวิจัยของธัญมน พิมพ์ดี (2562) ได้ทำการศึกษาการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์และทักษะการแก้ปัญหา รายวิชาวิทยาศาสตร์กับการแก้ปัญหาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ด้วยการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษา ผลการวิจัยพบว่า 1) นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษามีคะแนนความคิดสร้างสรรค์ เฉลี่ยเท่ากับ 15.89 คิดเป็นร้อยละ 79.47 และมีจำนวนนักเรียนที่ผ่านเกณฑ์ 35 คน คิดเป็นร้อยละ 92.11 ซึ่งมีค่าสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ 2) นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษามีคะแนนทักษะการแก้ปัญหา เฉลี่ยเท่ากับ 16.18 คิดเป็นร้อยละ 80.92 และมีจำนวนนักเรียนที่ผ่านเกณฑ์ 36 คน คิดเป็นร้อยละ 94.74 ซึ่งมีค่าสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้

4. ข้อเสนอแนะ

4.1 ข้อเสนอแนะทั่วไป

1) เนื่องจากกิจกรรมการเรียนการสอนเน้นให้นักเรียนทำกิจกรรมด้วยตัวเองและเป็นการทำกิจกรรมกลุ่ม ดังนั้น ควรศึกษาขั้นตอนในแผนการจัดการเรียนรู้ให้เข้าใจก่อนลงมือปฏิบัติ เพื่อให้ลำดับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้มีความต่อเนื่อง และการจัดการเรียนการสอนนักเรียนต้องใช้เวลาใน

การค้นหาข้อมูล ออกแบบ และมีการสร้างชิ้นงาน จึงควรจัดหาอุปกรณ์ที่หลากหลายเพื่อเป็นตัวเลือกให้นักเรียนนั้นได้สร้างชิ้นงานมาใช้ในการแก้ปัญหาตามสถานการณ์ที่ครูกำหนดได้อย่างเต็มที่

2) เวลาที่ใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แต่ละเนื้อหา ควรปรับให้มีความสอดคล้องและเหมาะสมกับศักยภาพของนักเรียน

3) ขั้นตอนการระบุปัญหา สถานการณ์การเรียนรู้ที่ใช้ในการกระตุ้นการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เป็นทักษะที่ต้องอาศัยระยะเวลาในการฝึกฝน ควรเพิ่มระยะเวลาให้นานขึ้น เพราะในการแก้ปัญหา ควรมีความแปลกใหม่ น่าสนใจ สอดคล้องกับเนื้อหาที่เรียนและเป็นเรื่องที่ใกล้ตัวนักเรียน เพื่อเป็นการกระตุ้นความสนใจของผู้เรียนมากยิ่งขึ้น

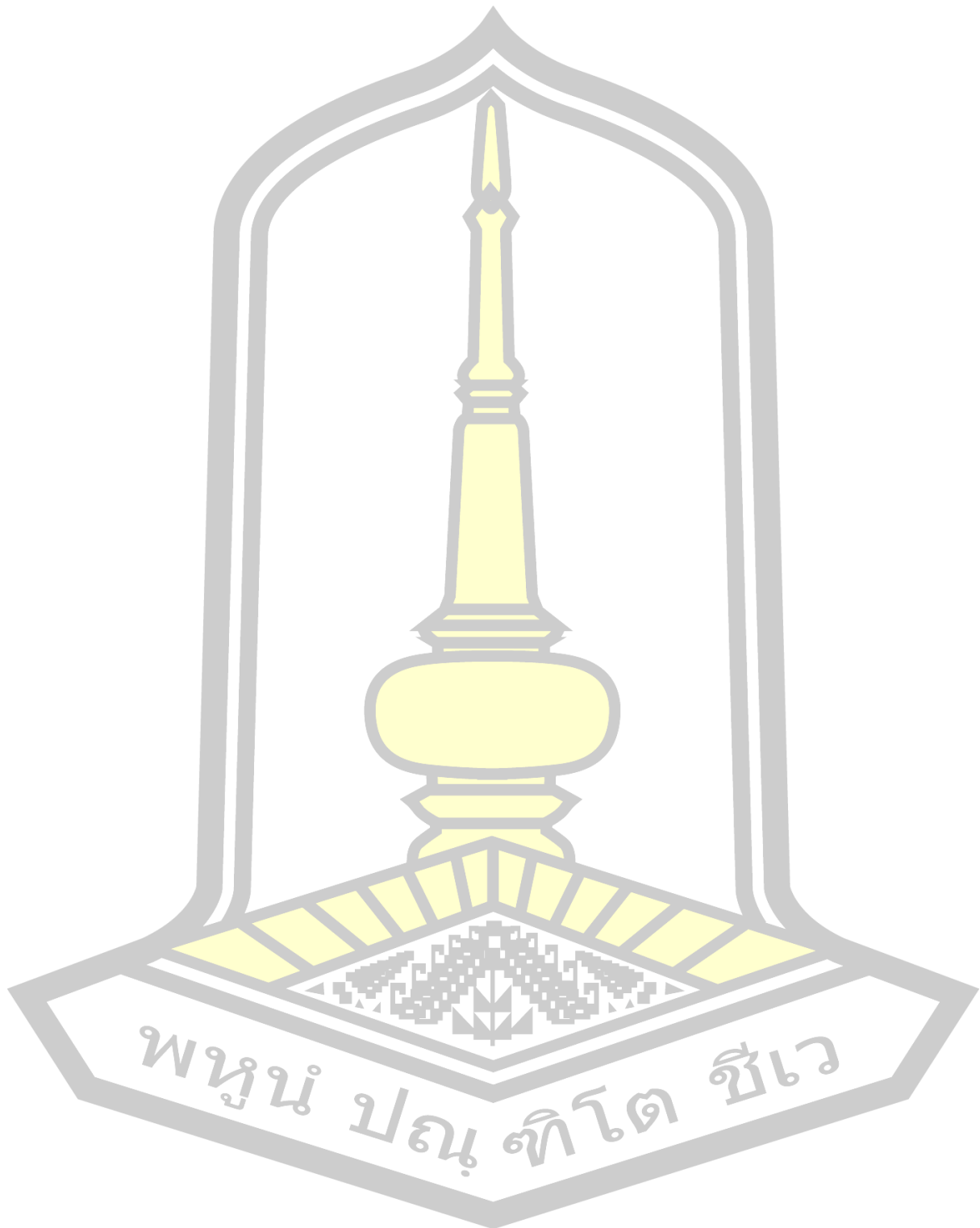
4) การทำกิจกรรมกลุ่มของนักเรียน ขั้นการออกแบบวิธีการแก้ปัญหาครูผู้สอนต้องเปิดโอกาสให้นักเรียนคิดนอกกรอบ และมีความหลากหลายตามความสนใจของนักเรียน เพื่อฝึกให้นักเรียนได้มีความคิดสร้างสรรค์ในการแก้ไขปัญหาต่าง ๆ ตามสถานการณ์ต่าง ๆ ได้อย่างหลากหลาย

4.2 ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

1) การวิจัยในครั้งนี้เป็นการส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ ซึ่งมีทั้งหมด 4 องค์ประกอบ ได้แก่ องค์ประกอบที่ 1 การทำความเข้าใจความท้าทาย (Understand the challenges) องค์ประกอบที่ 2 การสร้างแนวคิด (Generating idea) องค์ประกอบที่ 3 การเตรียมปฏิบัติการ (Preparing for action) องค์ประกอบที่ 4 การวางแผนการปฏิบัติ (Planning your approach) ซึ่งองค์ประกอบที่ต้องพัฒนาต่อไปคือองค์ประกอบที่ 2 การสร้างแนวคิด (Generating idea) นักเรียนยังสับสนข้อมูล และอธิบายข้อมูลได้ไม่ครอบคลุม ควรเสริมเทคนิคที่สามารถพัฒนาการสืบค้นข้อมูล และการบันทึกข้อมูลของนักเรียนให้ครอบคลุมมากยิ่งขึ้น

2) การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมตามแนวคิดสะเต็มศึกษาเป็นการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่เน้นการลงมือปฏิบัติจริงและเน้นกระบวนการคิดของนักเรียนสามารถนำไปศึกษาตัวแปรอื่น ๆ เช่น การคิดสร้างสรรค์ การคิดอย่างมีวิจารณญาณ การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ เป็นต้น เนื่องจากเป็นกระบวนการที่ต้องมีการพิจารณาไตร่ตรองเกี่ยวกับข้อมูลที่สืบค้น ทั้งยังได้ใช้ความรู้ ความคิด และประสบการณ์ของตนเองอย่างรอบคอบเพื่อสามารถสรุปได้อย่างสมเหตุสมผล และมีกระบวนการคิดที่คล้ายกับความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ที่ต้องอาศัยความรู้และประสบการณ์เดิม ในการสร้างทางเลือกที่หลากหลายให้สามารถนำมาแก้ปัญหาในชีวิตประจำวันได้

บรรณานุกรม



บรรณานุกรม

- กวินนาฏ พลอยกระจ่าง. (2563). การพัฒนาทักษะการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง เซลล์และการทำงานของเซลล์โดยการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา. วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษามหาบัณฑิต (วิทยาศาสตร์ศึกษา). กรุงเทพมหานคร: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- กระทรวงศึกษาธิการ. (2551). หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551. กระทรวงศึกษาธิการ.
- กระทรวงศึกษาธิการ. (2561). ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ.2560). กรุงเทพฯ : ชุมชนสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย.
- กรวิทย์ เกื้อคลัง และประสงค์ เกษราธิคุณ. (2561). ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนโดยการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เรื่อง สภาพสมดุลและสภาพยืดหยุ่นของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5. วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ, 18 (2), 124-135.
- กัญญารัตน์ โคจร. (2554). การพัฒนารูปแบบการเรียนรู้การคิดแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์เรื่องสารและสมบัติของสาร สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1. วารสารวิจัย มข., 1 (2), 1-20.
- กุลิสรา จิตรขญาวณิช และเกศราพรรณ พันธุ์ศรีเกตุ คงเจริญ. (2566). วิธีการจัดการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- เกสสิณี สุดทองคง. แบบวัดและบันทึกผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ม.1. กรุงเทพมหานคร: อักษรเจริญทัศน์ อจท. จำกัด.
- คณะกรรมการศึกษาแห่งชาติ, สำนักงาน. (2540). การจัดการเรียนการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง. กรุงเทพฯ: พริกหวานกราฟิก.
- จักรกฤต ภูวงศ์ประเวศ. (2563). ผลของการจัดการเรียนการสอนโครงงานวิทยาศาสตร์โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์และคุณภาพผลงานเชิงสร้างสรรค์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น สังกัดสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา. วิทยานิพนธ์ปริญญาครุศาสตรมหาบัณฑิต. สาขาวิชาการศึกษาวิทยาศาสตร์ ภาควิชาหลักสูตรและการสอน. กรุงเทพมหานคร: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

บรรณานุกรม (ต่อ)

- จิรนนท์ แวงวรรณ. (2562). การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและเจตคติต่อการเรียนของนักเรียน
ชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา. วิทยานิพนธ์
ครุศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน. ร้อยเอ็ด: มหาวิทยาลัยราชภัฏ
ร้อยเอ็ด.
- จิรัฐติกร สีพาย. (2565). การพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ทางคณิตศาสตร์
ร่วมกับกระบวนการคิดแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ เพื่อส่งเสริมทักษะการคิดเชิงคำนวณ
ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2. วิทยานิพนธ์ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการ
สอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์. มหาสารคาม: มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.
- เจนจิรา อ่อนทองกลาง. (2563). การศึกษาผลการเรียนรู้ หน่วยการเรียนรู้ กลไกสร้างสรรค์
พลังงานสะอาดและความคิดสร้างสรรค์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โดยการจัดการ
เรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา. วิทยานิพนธ์ครุศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาหลักสูตรและ
การสอน. นครราชสีมา: มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา.
- ชูศรี วงศ์รัตนะ. (2560). เทคนิคการสร้างเครื่องมือวิจัย: แนวทางการนำไปใช้อย่างมืออาชีพ.
กรุงเทพฯ: อมรการพิมพ์.
- ดารุณี เฟื่องน้อย. (2563). การพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์และการสร้าง
ผลงานทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ด้วยการจัดการกิจกรรมการ
เรียนรู้ตามแนวคิด STEAM Education. วิทยานิพนธ์ศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชา
หลักสูตรและการสอน. กรุงเทพมหานคร: มหาวิทยาลัยศิลปากร.
- ทรงยศ สุกุลยา. (2562). การวิจัยปฏิบัติการเพื่อพัฒนาการจัดการเรียนรู้ เรื่อง การประยุกต์สมการ
เชิงเส้นตัวแปรเดียว ด้วยกระบวนการคิดให้เป็นคณิตศาสตร์ที่ส่งเสริมความสามารถใน
การแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1. การค้นคว้าอิสระ
ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต. สาขาวิชาคณิตศาสตร์ศึกษา. พิษณุโลก: มหาวิทยาลัย
นเรศวร.
- ทิตนา แคมมณี. (2561). ศาสตร์การสอน: องค์ความรู้เพื่อการจัดกระบวนการเรียนรู้ที่มี
ประสิทธิภาพ. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

บรรณานุกรม (ต่อ)

- ณัฐชา พัฒนา. (2561). ผลการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษาที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่อง เคมีอินทรีย์และความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนปากช่อง จังหวัดนครราชสีมา. วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต วิชาเอกวิทยาศาสตร์ศึกษา สาขาวิชาศึกษาศาสตร์. นนทบุรี: มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.
- นุเจนตร อินธิดา. (2562). การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนการคิดวิเคราะห์ และเจตคติต่อการเรียนวิทยาศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ระหว่างการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น กับแนวคิดประเด็นวิทยาศาสตร์กับสังคม. วิทยานิพนธ์ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน. มหาสารคาม. มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.
- บุญชม ศรีสะอาด. (2545). การวิจัยเบื้องต้น. กรุงเทพฯ: สุวีริยาสาส์น จัดพิมพ์.
- _____. (2560). การวิจัยเบื้องต้น. พิมพ์ครั้งที่ 10. กรุงเทพฯ: สุวีริยาสาส์น.
- ประภาพร เทียมเพ็ง. (2566). การพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ชั้นบูรณาการและความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ด้วยการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา โดยผลิตชิ้นงานจากวัสดุเหลือใช้. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาชีววิทยาศึกษา.
- ประสาธน์ เนืองเฉลิม. (2558). การเรียนรู้วิทยาศาสตร์ในศตวรรษที่ 21. กรุงเทพฯ: บริษัทแอคทีฟพรีนซ์ จำกัด.
- ปฐมาภรณ์ พิมพ์ทอง (2566). การจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษา. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: สุนทรฟิล์ม.
- ปราณี ถิ่นเวียงทอง. (2564). การพัฒนาหลักสูตรสะเต็มศึกษาเพื่อส่งเสริมสมรรถนะการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น โรงเรียนเครือข่ายสะเต็มศึกษา จังหวัดขอนแก่น. วิทยานิพนธ์ปริญญาปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาหลักสูตรและการสอน. ขอนแก่น: มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- ปรียา โคตรสาลี. (2562). การพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 เรื่อง สารในชีวิตประจำวันโดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาร่วมกับผังกราฟิก. วิทยานิพนธ์ปริญญาครุศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์. สกลนคร: มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร.

บรรณานุกรม (ต่อ)

ปิณดา สุวรรณพรม. (2563). การเปรียบเทียบความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง การถ่ายโอนพลังงานความร้อน กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบโครงงานเป็นฐานและแบบโครงงานเป็นฐานตามแนวทางสะเต็มศึกษา. วิทยานิพนธ์ปริญญาครุศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน. จันทบุรี: มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี.

ปิยวรรณ ทศกาญจน์. (2561). การจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการสะเต็มศึกษา เรื่อง บ้านพยากรณ์ เพื่อส่งเสริมทักษะการเรียนรู้และการสร้างชิ้นงาน สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1. วิทยานิพนธ์ศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาหลักสูตรและการสอน. กรุงเทพมหานคร: มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิต.

บุญญพัฒน์ โคตรบุตร. (2560). การบูรณาการตามแนวคิดสะเต็มศึกษาในการเสริมสร้างผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและเจตคติต่อวิทยาศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1. วิทยานิพนธ์ปริญญาครุศาสตร มหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์ศึกษา. มหาสารคาม: มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม.

พิมพ์พันธ์ เดชะคุปต์. (2544). การเรียนการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ: แนวคิดวิธีและเทคนิคการสอน 1. กรุงเทพฯ: เดอะมาสเตอร์กรุ๊ป แมเนจเม้นท์.

_____. (2567). หนังสือเรียน รายวิชาพื้นฐานวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1. กรุงเทพฯ: พัฒนาคุณภาพวิชาการ (พว.). จำกัด.

พิมพ์พิชชา ศาสตราชัย. (2562). การพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ตามแนวสะเต็มศึกษา ร่วมกับการเรียนรู้แบบร่วมมือ ที่ส่งผลต่อการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ ทักษะการทำงานเป็นทีม และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5. วิทยานิพนธ์ปริญญาครุศาสตร มหาบัณฑิต สาขาวิชาการวิจัยและพัฒนการศึกษา. สกลนคร: มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร.

พลอยไพลิน ราโช. (2565). การพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 เรื่อง ร่างกายของเรา โดยการจัดการเรียนรู้แบบโครงงานร่วมกับปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง. วิทยานิพนธ์ปริญญาครุศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการสอน วิทยาศาสตร์. สกลนคร: มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร.

บรรณานุกรม (ต่อ)

- ภาสกร ภัคดิ์ศรีแพง. (2562). การพัฒนารูปแบบการเรียนรู้วิทยาศาสตร์เพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์การคิดอย่างมีวิจารณญาณ และจิตวิทยาศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษา ปีที่ 5. ดุษฎีนิพนธ์การศึกษาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน. ชลบุรี: มหาวิทยาลัยบูรพา
- ลัดดาวัลย์ นงประโคน. (2560). การจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาเพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ ในชั้นเรียนวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2. วิทยานิพนธ์ปริญญาครุศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา. มหาสารคาม: มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม.
- วัชรินทร์ คงพิบูลย์. (2566). การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์. วารสารครุศาสตร์อุตสาหกรรม, 22(1), A1-A4
- วิจารณ์ พานิช. (2556). วิธีสร้างการเรียนรู้เพื่อศิษย์. พิมพ์ครั้งที่ 3 .กรุงเทพฯ: ตาตาพับลิเคชั่น.
- วิชุดชา จิตรักศิลป์. (2560). การพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ โดยการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา เรื่อง แรง การเคลื่อนที่ และพลังงาน กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1. วิทยานิพนธ์ปริญญาครุศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชา การสอนวิทยาศาสตร์. สกลนคร: มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร.
- ศรัญญา โคกสีอำนวย. (2566). การพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานเพื่อส่งเสริมจิตวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง สหรัยแผนแดง ในรายวิชาชีววิทยาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4. วิทยานิพนธ์ ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชา หลักสูตรและการสอน. มหาสารคาม: มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.
- ศิริกรานต์ โยคะสิงห์. (2564). การพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ โดยใช้การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง งานและพลังงานของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4. วิทยานิพนธ์ปริญญาครุศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชา หลักสูตรและการสอน. มหาสารคาม: มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม.
- ศิริพร มาตรกำจร. (2561). ความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่องอาหารกับการดำรงชีวิต ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โดยใช้การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา. วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชา หลักสูตรและการสอน. ขอนแก่น: มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

บรรณานุกรม (ต่อ)

เศรษฐวัชร ฉ่ำศาสตร์ และคณะ. หนังสือเรียน รายวิชา วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 เล่ม 1. กรุงเทพฯ: วัฒนาพานิช จำกัด.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี กระทรวงศึกษาธิการ. หนังสือเรียนรายวิชา

พื้นฐานวิทยาศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 เล่ม 2. กรุงเทพฯ: สกสศ. ลาดพร้าว.

สินีนารถ ยาผาด. (2560). ผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้แนวทางสะเต็มศึกษาเรื่องสารใน

ชีวิตประจำวันที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหา และความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียน

ชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนประถมศึกษาขนาดกลาง จังหวัดยะลา. วิทยานิพนธ์

ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต วิชาเอกวิทยาศาสตร์ศึกษา สาขาวิชาศึกษาศาสตร์.

นนทบุรี: มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมิกราช.

สุธาธิณี กรุดเงิน. (2563). ผลการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้บูรณาการแนวคิดสะเต็ม

ศึกษาที่มีต่อความคิดสร้างสรรค์และเจตคติต่อการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้น

มัธยมศึกษาปีที่ 3. วิทยานิพนธ์ปริญญาครุศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาหลักสูตรและ

การสอน. นครสวรรค์: มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์.

สุรศักดิ์ ปาเฮ. (2556). การพัฒนาวิชาชีพครูสู่ยุคปฏิรูปการศึกษาในทศวรรษที่ 2. ในเอกสาร

ประกอบการประชุมสัมมนาทางวิชาการการพัฒนา ครูทั้งระบบตามยุทธศาสตร์การปฏิรูป

การศึกษาทศวรรษที่ 2. หน้า 2-4. :สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษาแพร่ เขต 1-2

สุวิมล ว่องวานิช. (2557). การวิจัยปฏิบัติการในชั้นเรียน. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สุวิทย์ มูลคำ และอรทัย มูลคำ. (2560). 21 วิธีการเรียนรู้เพื่อพัฒนากระบวนการคิด.

กรุงเทพฯ : ภาพพิมพ์.

สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ. (2563). พระราชบัญญัติแห่งชาติการศึกษาแห่งชาติ

พุทธศักราช 2542 และที่แก้ไขเพิ่มเติม (ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2545. กรุงเทพฯ : สำนักงาน

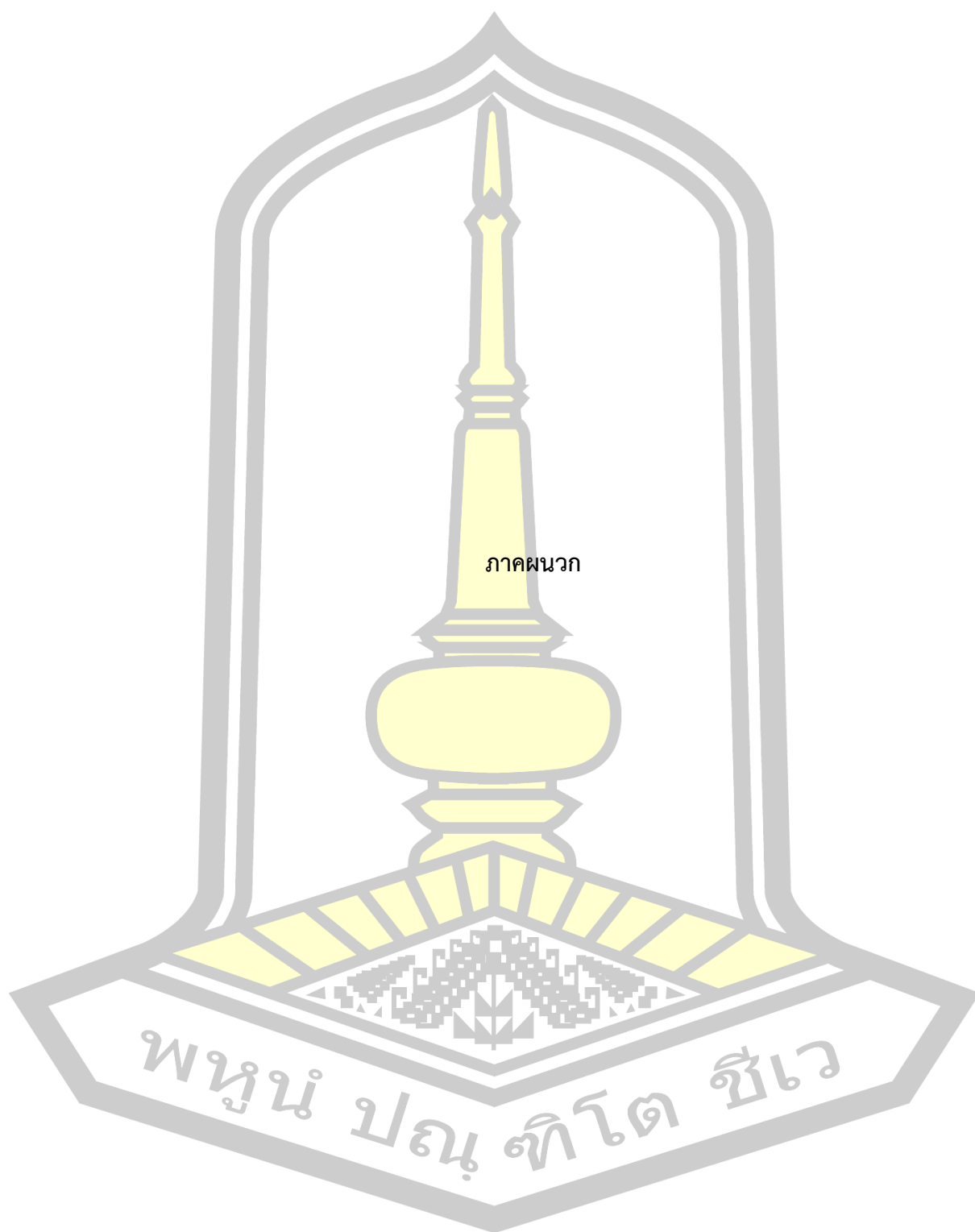
คณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ.

สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา. (2560). แผนการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2560 – 2579.

กรุงเทพฯ : 프리หวานกราฟฟิค จำกัด.

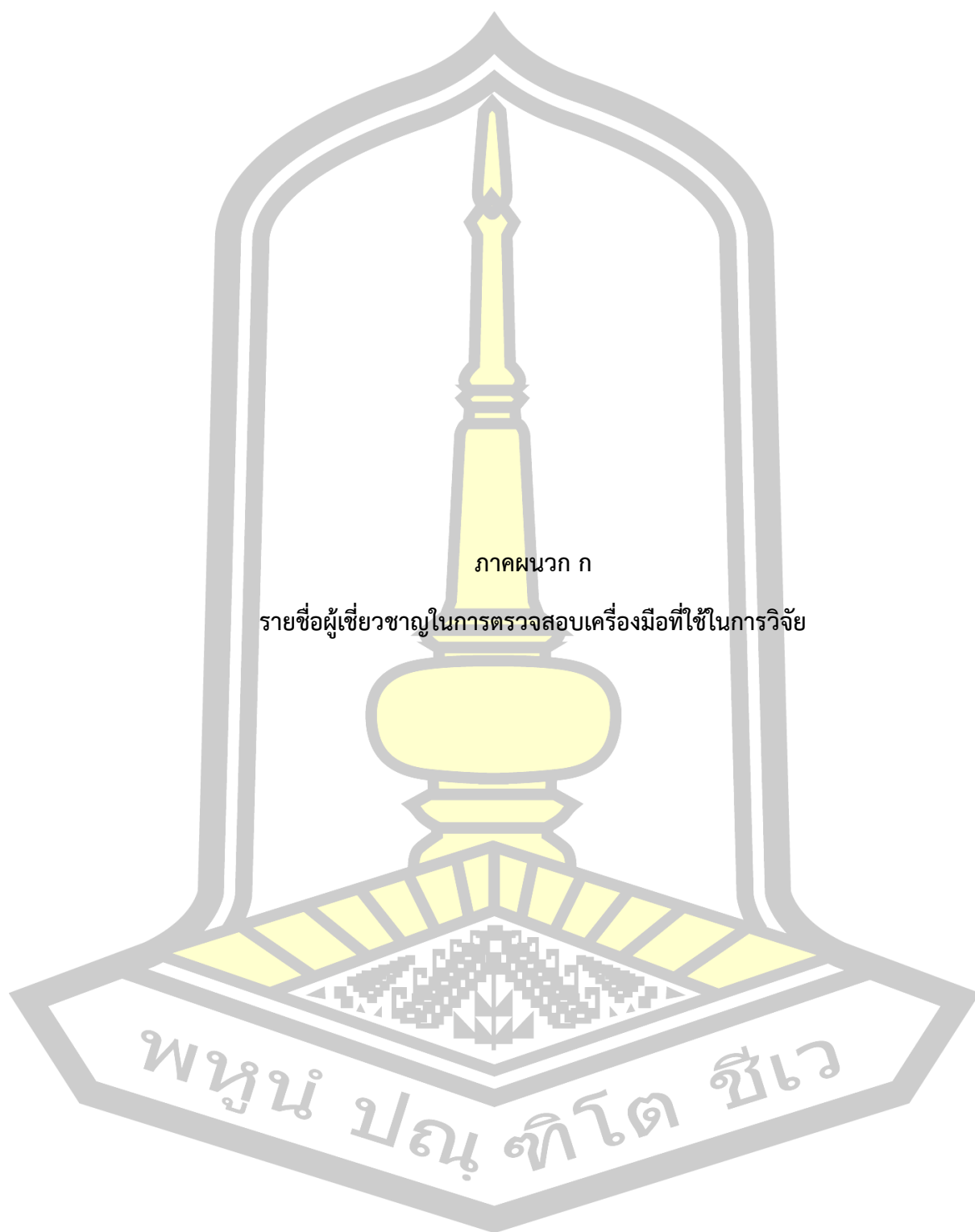
บรรณานุกรม (ต่อ)

- อัครเดช จำนงค์ธรรม. (2560). การพัฒนาหลักสูตรรายวิชาวิทยาศาสตร์พื้นฐาน หน่วยการเรียนรู้ สารชีวโมเลกุล โดยประยุกต์ใช้การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา สำหรับนักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ในโรงเรียนสังกัดกรุงเทพมหานคร. ดุษฎีนิพนธ์ปริญญาปรัชญาดุษฎีบัณฑิต. สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน. ชลบุรี: มหาวิทยาลัยบูรพา.
- อัญธิชา แสนทวิสุข. (2561). ผลของการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาที่มีต่อความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ในรายวิชาชีววิทยาเรื่อง โครงสร้างและหน้าที่ของเซลล์. วิทยานิพนธ์ปริญญาศิลปศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์ วิทยาลัยครูสุริยเทพ. ปทุมธานี. มหาวิทยาลัยรังสิต.
- อารี พันธมณี. (2547). ฝึกให้คิดเป็น คิดให้สร้างสรรค์. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- Erol, A., Erol, M., & Başaran, M. (2023). The effect of STEAM education with tales on problem solving and creativity skills. *European Early Childhood Education Research Journal*, 31(2), 243-258
- N Sirajudin, J Suratno, and Pamuti. (2021). *Developing creativity through STEM education*. Universitas Khairun, Ternate: Indonesia
- Sofi Hanif, Agus Fany Chandra Wijaya and Nanang Winarno. (2019). *Enhancing Students' Creativity through STEM Project-Based Learning*. Universitas Pendidikan: Indonesia.
- Rana Y. Khalil. (2023). *STEM-Based Curriculum and Creative Thinking in High School Students*. College of Education, United Arab Emirates University: Dubai.
- Maria Rosalinda Febrianti Sawu. (2023). *The Effect of STEM Learning in Building Creative Dispositions and Creative Thinking Skills of Junior High School Students*. Universitas Mataram: Indonesia
- Mustafa Tevfik Hebebcı. (2022). *The Effects of Integrated STEM Education Practices on Problem Solving Skills, Scientific Creativity, and Critical Thinking Dispositions*. Necmettin Erbakan University: Turkey.



ภาคผนวก

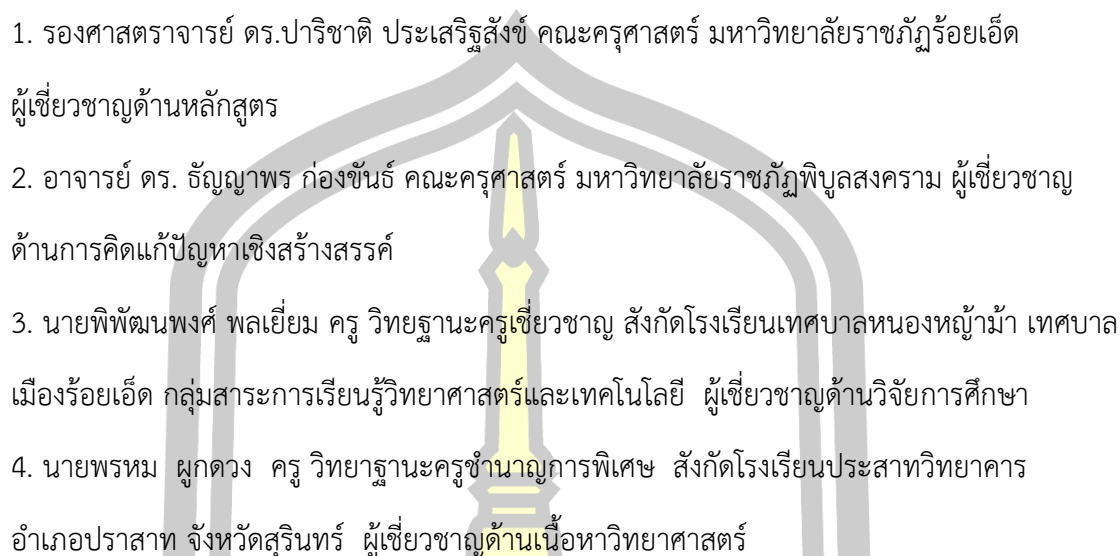
พูน ปณ จิต ชีเว

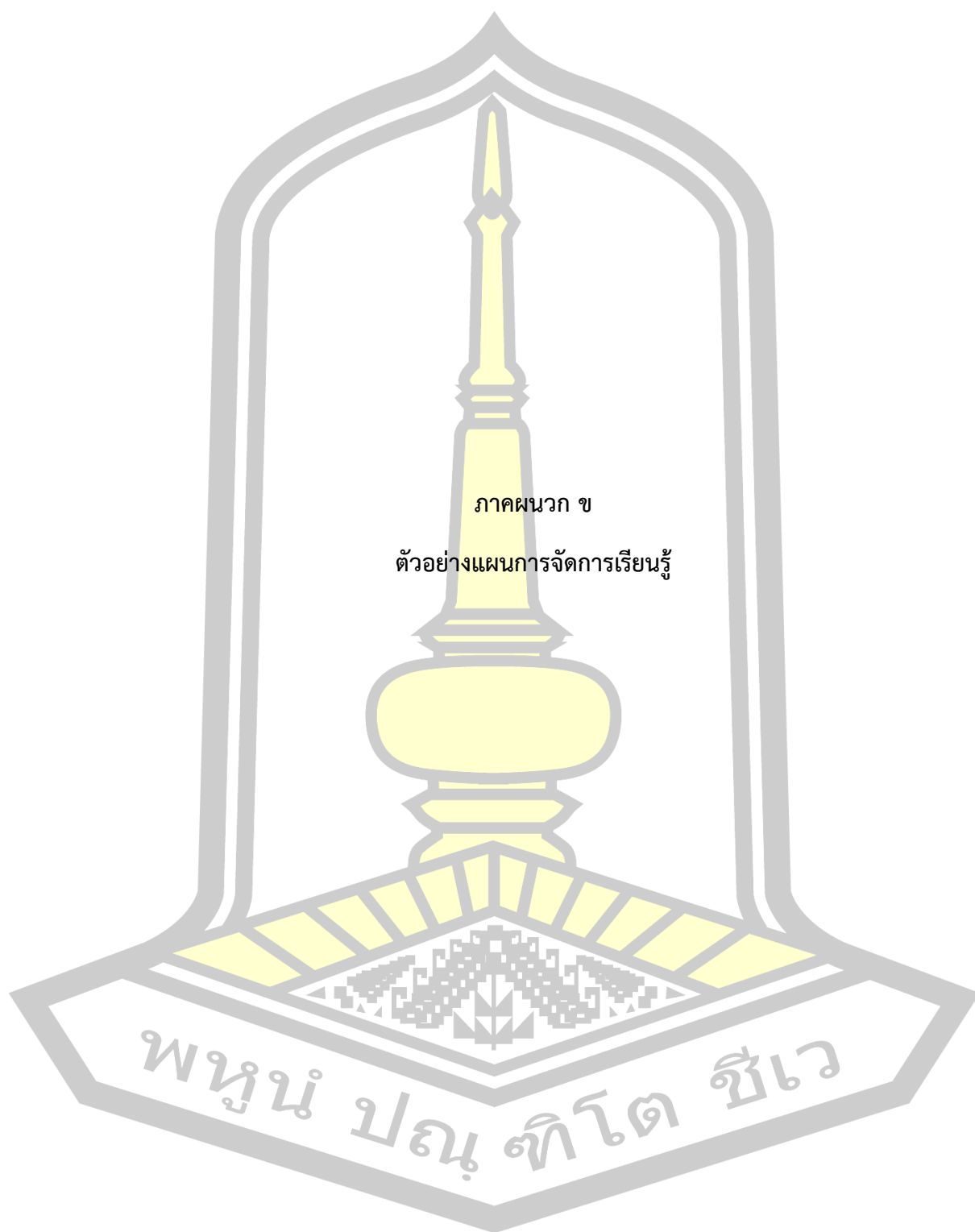


ภาคผนวก ก

รายชื่อผู้เชี่ยวชาญในการตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

รายชื่อผู้เชี่ยวชาญ

- 
1. รองศาสตราจารย์ ดร.ปาริชาติ ประเสริฐสังข์ คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏร้อยเอ็ด
ผู้เชี่ยวชาญด้านหลักสูตร
 2. อาจารย์ ดร. ัญญาพร ก่องขันธุ์ คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม ผู้เชี่ยวชาญ
ด้านการคิดแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์
 3. นายพิพัฒน์พงศ์ พลเยี่ยม ครู วิทยฐานะครูเชี่ยวชาญ สังกัดโรงเรียนเทศบาลหนองหญ้าม้า เทศบาล
เมืองร้อยเอ็ด กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ผู้เชี่ยวชาญด้านวิจัยการศึกษา
 4. นายพรหม ผูกดวง ครู วิทยฐานะครูชำนาญการพิเศษ สังกัดโรงเรียนประสาทวิทยาคาร
อำเภอปราสาท จังหวัดสุรินทร์ ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาวิทยาศาสตร์



แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1

รายวิชา วิทยาศาสตร์พื้นฐาน 2

รหัสวิชา ว21102

หน่วยการเรียนรู้ที่ 2 พลังงานความร้อน (1)

จำนวน 12 ชั่วโมง

เรื่อง หน่วยวัดอุณหภูมิ

เวลา 1 ชั่วโมง

ผู้สอน นางสาวรัตนภรณ์ หินอ่อน

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

1. มาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัด

มาตรฐานการเรียนรู้ และตัวชี้วัดตามแนวคิดสะเต็มศึกษา (STEM) แบ่งออกเป็น 4 สาขาวิชา ดังนี้

วิทยาศาสตร์ (Science : S)

สาระที่ 1 วิทยาศาสตร์กายภาพ

มาตรฐานการเรียนรู้

มาตรฐาน ว 2.1 เข้าใจสมบัติของสสาร องค์ประกอบของสสาร ความสัมพันธ์ระหว่างสมบัติของสสารกับโครงสร้างและแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาค หลักและธรรมชาติของการเปลี่ยนแปลงสถานะของสสาร การเกิดสารละลาย และการเกิดปฏิกิริยาเคมี

ตัวชี้วัด

ว 2.3 ม.1/2 ใช้เทอร์โมมิเตอร์ในการวัดอุณหภูมิของสสาร

เทคโนโลยี (Technology : T)

สาระที่ 4 เทคโนโลยี (Technology : T)

มาตรฐานการเรียนรู้

มาตรฐาน ว 4.1 เข้าใจแนวคิดหลักของเทคโนโลยีเพื่อการดำรงชีวิตในสังคมที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว ใช้ความรู้ และทักษะทางด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และศาสตร์อื่น ๆ เพื่อแก้ปัญหาหรือพัฒนางานอย่างมีความคิดสร้างสรรค์ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เลือกใช้เทคโนโลยีอย่างเหมาะสมโดยคำนึงถึงผลกระทบต่อชีวิต สังคม และสิ่งแวดล้อม

ตัวชี้วัด

ว 4.1 ม.1/2 ระบุปัญหาหรือความต้องการในชีวิตประจำวันรวบรวม วิเคราะห์ ข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา

ว 4.1 ม.1/3 ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา โดยวิเคราะห์เปรียบเทียบ และตัดสินใจเลือกข้อมูลที่เป็นนำเสนอแนวทางการแก้ปัญหาให้ผู้อื่นเข้าใจวางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา

ว 4.1 ม.1/4 ทดสอบ ประเมินผล และระบุข้อบกพร่องที่เกิดขึ้น พร้อมทั้งหาแนวทางการปรับปรุงแก้ไข และนำเสนอผลการแก้ปัญหา

วิศวกรรมศาสตร์ (Engineering : E)

ออกแบบ ตัดสินใจสร้าง ทดสอบ และประเมินผลชิ้นงานตามสิ่งที่โจทย์กำหนด

คณิตศาสตร์ (Mathematics : M)

สาระที่ 1 จำนวนและพีชคณิต

มาตรฐานการเรียนรู้

มาตรฐาน ค 1.1 เข้าใจความหลากหลายของการแสดงจำนวน ระบบจำนวน การดำเนินการของจำนวน ผลที่เกิดขึ้นจากการดำเนินการ สมบัติของการดำเนินการ และนำไปใช้
ตัวชี้วัด

ค 1.1 ม.1/1 เข้าใจจำนวนตรรกยะ และความสัมพันธ์ของจำนวนตรรกยะในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ และปัญหาในชีวิตจริง

สาระที่ 2 การวัดและเรขาคณิต

มาตรฐานการเรียนรู้

มาตรฐาน ค 2.2 เข้าใจและวิเคราะห์รูปเรขาคณิต สมบัติของรูปเรขาคณิต ความสัมพันธ์ระหว่างรูปเรขาคณิตและทฤษฎีบททางเรขาคณิต และนำไปใช้
ตัวชี้วัด

ค 2.2 ม.1/2 เข้าใจและใช้ความรู้ทางเรขาคณิตในการวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ระหว่างรูปเรขาคณิตสองมิติ และรูปเรขาคณิตสามมิติ

เข้าใจหลักการใช้เทอร์โมมิเตอร์ ระบุหน่วย
วัดอุณหภูมิ และการเปลี่ยนหน่วยวัด
อุณหภูมิ

วิทยาศาสตร์ (Science : S)

การออกแบบวิธีการในการแก้ไขปัญหา โดย
การวิเคราะห์ เปรียบเทียบ และตัดสินใจ
เลือกข้อมูลที่เป็นสำหรับแนวทางการ
แก้ปัญหาให้ผู้อื่นเข้าใจ และการวางแผน
ดำเนินการในการแก้ไขปัญหา

เทคโนโลยี (Technology : T)

อุปกรณ์เก็บเครื่องวัดอุณหภูมิ

การออกแบบชิ้นงานในการแก้ไขปัญหา
ตามเงื่อนไขของสถานการณ์

วิศวกรรมศาสตร์ (Engineering : E)

ใช้ความรู้ในการคำนวณและ
วิเคราะห์หาความสัมพันธ์ระหว่าง
รูปเรขาคณิตสองมิติ และรูปเรขาคณิต
สามมิติในการแก้ไขปัญหา
ตามเงื่อนไขของสถานการณ์

คณิตศาสตร์ (Mathematics : M)

2. จุดประสงค์การเรียนรู้ (K-P-A)

ด้านความรู้ (K: Knowledge Assessment)

- อธิบายหลักการใช้เทอร์มอมิเตอร์ได้
- ระบุหน่วยวัดอุณหภูมิได้

ด้านทักษะ/กระบวนการ (P: Performance Assessment)

- แก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์จากสถานการณ์ที่กำหนดได้
- ออกแบบชิ้นงานได้

ด้านเจตคติ (A: Attitude Assessment)

- การให้ความร่วมมือในการทำกิจกรรม

3. สารสำคัญ

เทอร์มอมิเตอร์ใช้ในการวัดอุณหภูมิ โดยหลักการขยายตัวของของเหลวเมื่อได้รับความร้อน และการหดตัวของของเหลวเมื่อคายความร้อน ของเหลวที่ใช้ในเทอร์มอมิเตอร์ ได้แก่ โปรทหรือ แอลกอฮอล์ หน่วยที่ใช้วัดอุณหภูมิที่ใช้ เช่น องศาเซลเซียส ($^{\circ}\text{C}$) องศาฟาเรนไฮต์ ($^{\circ}\text{F}$) เป็นต้น

4. สารการเรียนรู้

- การใช้เทอร์มอมิเตอร์
- หน่วยวัดอุณหภูมิ

5. กิจกรรมการเรียนรู้

(วิธีสอนด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมตามแนวคิดสะเต็มศึกษา)

ขั้นที่ 1 ขั้นระบุปัญหา (Problem Identification) (5 นาที)

1.1 ครูชี้แจงจุดประสงค์ ข้อตกลง และทำความเข้าใจเกี่ยวกับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมตามแนวคิดสะเต็มศึกษา

1.2 นักเรียนแบ่งกลุ่ม กลุ่มละ 4-6 คน โดยละความสามารถเก่ง ปานกลาง และอ่อน

1.3 ครูนำเสนอสถานการณ์ และปัญหา เรื่อง อุปกรณ์เก็บเครื่องวัดอุณหภูมิ ดังนี้ “ณ โรงเรียนแห่งหนึ่ง ได้ทำการปรับปรุงห้องปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ใหม่ จึงได้ขอความร่วมมือนักเรียนในคาบกิจกรรมชุมนุมวิทยาศาสตร์ได้ช่วยกันทำความสะอาดและจัดอุปกรณ์ในห้องปฏิบัติการให้เป็นระเบียบเรียบร้อย พบว่า กล่องใส่เทอร์มอมิเตอร์นั้นชำรุด จำเป็นต้องสร้างหรือหาอุปกรณ์ที่เหมาะสมในการจัดเก็บเทอร์มอมิเตอร์ให้ง่ายต่อการจัดเก็บไม่เกิดความเสียหายเมื่อนำมาใช้ทดลอง ซึ่งเทอร์มอมิเตอร์มีขนาด กว้าง x ยาว คือ $0.7\text{ cm.} \times 30\text{ cm.}$ โดยมีเงื่อนไขว่า

1. อุปกรณ์มีความคงทน แข็งแรง สามารถเก็บเทอร์มอมิเตอร์ได้เป็นอย่างดี ไม่เกิดความเสียหายหรือตกแตก

2. วัสดุที่นำมาใช้มีความประหยัด

3. มีข้อมูลและตัวอย่างการเปลี่ยนหน่วยวัดอุณหภูมิต่าง ๆ อย่างน้อย 1

ตัวอย่าง เมื่อเทอร์มอมิเตอร์มีอุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส

4. มีสัญลักษณ์เตือนให้ระมัดระวังในการหยิบเทอร์มอมิเตอร์มาใช้

5. สะดวกต่อการเคลื่อนย้ายหรือนำมาทดลอง”

1.4 นักเรียนร่วมกันระบุปัญหา เงื่อนไข จากสถานการณ์ที่ครูนำเสนอ เพื่อนำไปสู่การรวบรวมข้อมูล และแนวคิดที่เกี่ยวข้องในการแก้ปัญหา

ขั้นที่ 2 ขั้นรวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา (Related Information Search) (10 นาที)

2.1 นักเรียนและครูร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับอุปกรณ์เก็บเครื่องวัดอุณหภูมิ จากสถานการณ์ปัญหา

2.2 นักเรียนแต่ละกลุ่มส่งตัวแทนออกมาจับใบกิจกรรมที่ 1 เรื่อง อุปกรณ์เก็บเครื่องวัดอุณหภูมิ และอุปกรณ์หน้าชั้นเรียน

2.3 นักเรียนสืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับหน่วยวัดอุณหภูมิจากหนังสือเรียนรายวิชา พื้นฐานวิทยาศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ใบความรู้ และสื่ออินเทอร์เน็ต เรื่อง หน่วยวัดอุณหภูมิ เพื่อนำมาใช้ในการออกแบบอุปกรณ์ เก็บเครื่องวัดอุณหภูมิให้ตรงตามเงื่อนไข

2.4 นักเรียนร่วมกันสรุปความรู้ที่ได้จากการเรียน และการสืบค้นข้อมูลที่หลากหลาย เพื่อนำมาประกอบการตัดสินใจในการเลือกแนวทางการแก้ปัญหาที่ดีที่สุด

ขั้นที่ 3 ขั้นตอนออกแบบวิธีการแก้ปัญหา (Solution Design) (10 นาที)

3.1 ครูใช้คำถามนำสู่การศึกษาข้อมูลที่จำเป็นต่อการนำมาใช้ในการแก้ปัญหา และการออกแบบชิ้นงาน

- จากสถานการณ์ปัญหาที่ครูกำหนดให้ นักเรียนคิดว่าข้อมูลใดบ้างที่จำเป็นและเหมาะสมในการนำมาออกแบบชิ้นงานอุปกรณ์เก็บเครื่องวัดอุณหภูมิ

(แนวคำตอบ : ศึกษาเงื่อนไขจากสถานการณ์ ขนาดของกล่องเก็บอุปกรณ์เทอร์มอมิเตอร์ วัสดุที่นำมาออกแบบจะต้อง มีความความคงทน แข็งแรง วัสดุที่นำมาใช้มีความประหยัด และมีข้อมูลและตัวอย่างการเปลี่ยนหน่วยวัดอุณหภูมิต่าง ๆ ได้แก่ เซลเซียส (Celcius; °C) เคลวิน (Kelvin; K) ฟาเรนไฮต์ (Fahrenheit; °F) โรเมอร์ (Romer; °R))

- นักเรียนมีวิธีใดบ้างในการนำมาออกแบบชิ้นงานอุปกรณ์เก็บเครื่องวัดอุณหภูมิ เพื่อให้ตรงตามเงื่อนไขที่สถานการณ์กำหนด

(แนวคำตอบ : แบ่งหน้าที่กันในการสืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับวัสดุที่จะนำมาใช้ในการออกแบบ วัดขนาดของเทอร์มอมิเตอร์เพื่อใช้ประกอบการออกแบบอุปกรณ์ วัดขนาดที่เหมาะสมของกล่องเก็บอุปกรณ์ในการนำมาออกแบบ ซึ่งบนกล่องเก็บอุปกรณ์เทอร์มอมิเตอร์จะมีข้อมูลตัวอย่างการเปลี่ยนหน่วยวัดอุณหภูมิต่าง ๆ)

3.2 นักเรียนแต่ละกลุ่มศึกษาวิธีการในการออกแบบชิ้นงานอุปกรณ์เก็บเครื่องวัดอุณหภูมิ จากแหล่งข้อมูลต่าง ๆ มาให้ได้มากที่สุด

3.3 นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันออกแบบอุปกรณ์เก็บเครื่องวัดอุณหภูมิ

ขั้นที่ 4 ขั้นวางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา (Planning and Development)

(15 นาที)

4.1 นักเรียนร่วมกันวางแผนการดำเนินงานตามขั้นตอน การกำหนดขั้นตอนการทำงาน การเลือกใช้วัสดุอุปกรณ์ ระยะเวลา วิธีการเก็บข้อมูล แหล่งการสืบค้นข้อมูล การบันทึกข้อมูล เงื่อนไขในการแก้ไขปัญหามาจากสถานการณ์ เป็นต้น

4.2 นักเรียนแต่ละกลุ่มดำเนินการออกแบบชิ้นงานตามเงื่อนไขในการแก้ไขปัญหามาจากสถานการณ์ ลงในใบกิจกรรมที่ 1 เรื่อง อุปกรณ์เก็บเครื่องวัดอุณหภูมิ

ขั้นที่ 5 ขั้นทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ไขปัญหาคือหรือแก้ไขชิ้นงาน (Testing, Evaluation and Design Improvement) (15 นาที)

5.1 นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันตรวจสอบความถูกต้องของเนื้อหาและแนวทางที่ใช้ในการแก้ไขปัญหาคือ

5.2 นักเรียนร่วมกันปรับปรุงแก้ไขการออกแบบชิ้นงานเพิ่มเติม

ขั้นที่ 6 ขั้นนำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาคือหรือชิ้นงาน (Presentation) (5 นาที)

6.1 ครูผู้สอนสื่อนักเรียนแต่ละกลุ่มออกมาแนะนำเสนอการออกแบบชิ้นงานหน้าชั้นเรียน

6.2 ครูเปิดโอกาสให้นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันตั้งคำถาม แสดงความคิดเห็น หรือเสนอแนะเพิ่มเติมเกี่ยวกับการออกแบบชิ้นงานของกลุ่มตนเอง เพื่อปรับปรุงแก้ไขให้ดียิ่งขึ้น

6.3 นักเรียนและครูร่วมกันอภิปรายและยกตัวอย่างเกี่ยวกับการนำการเปลี่ยนหน่วยอุณหภูมิไปใช้ในชีวิตประจำวัน

6. สื่อและแหล่งการเรียนรู้

6.1 สื่อการเรียนรู้

- 1) หนังสือเรียนวิทยาศาสตร์ ระดับมัธยมศึกษาปีที่ 1 พว.
- 2) PowerPoint เรื่อง หน่วยวัดอุณหภูมิ
- 3) ใบความรู้ เรื่อง หน่วยวัดอุณหภูมิ

6.2 แหล่งการเรียนรู้

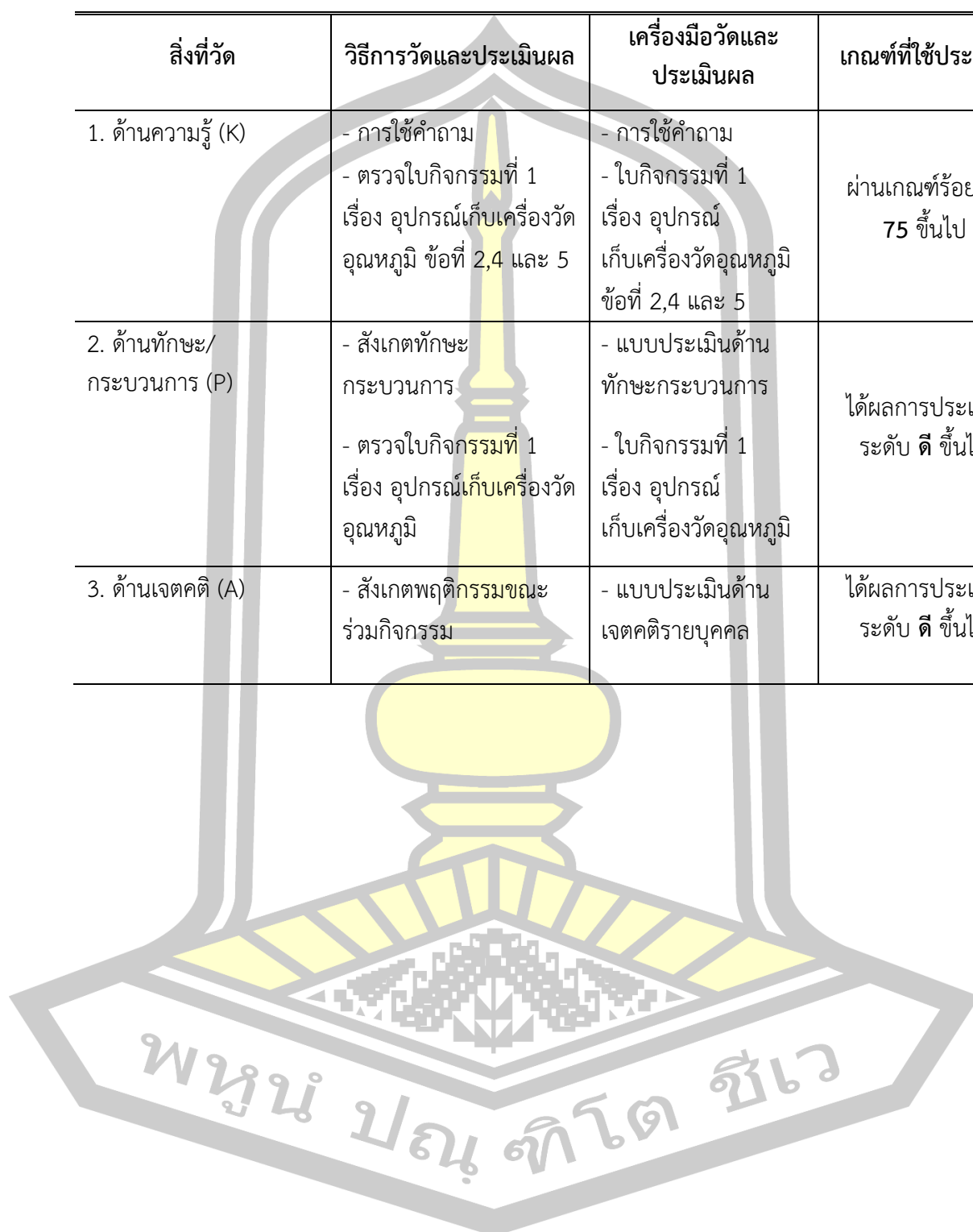
- 1) อินเทอร์เน็ต
- 2) ห้องสมุด
- 3) ห้องปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์

7. การงาน/ชิ้นงาน

- 1) ใบกิจกรรมที่ 1 เรื่อง อุปกรณ์เก็บเครื่องวัดอุณหภูมิ

8. การวัดและประเมินผล (K-P-A)

สิ่งที่วัด	วิธีการวัดและประเมินผล	เครื่องมือวัดและประเมินผล	เกณฑ์ที่ใช้ประเมิน
1. ด้านความรู้ (K)	- การใช้คำถาม - ตรวจใบกิจกรรมที่ 1 เรื่อง อุปกรณ์เก็บเครื่องวัด อุณหภูมิ ข้อที่ 2,4 และ 5	- การใช้คำถาม - ใบกิจกรรมที่ 1 เรื่อง อุปกรณ์ เก็บเครื่องวัดอุณหภูมิ ข้อที่ 2,4 และ 5	ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 75 ขึ้นไป
2. ด้านทักษะ/ กระบวนการ (P)	- สังเกตทักษะ กระบวนการ - ตรวจใบกิจกรรมที่ 1 เรื่อง อุปกรณ์เก็บเครื่องวัด อุณหภูมิ	- แบบประเมินด้าน ทักษะกระบวนการ - ใบกิจกรรมที่ 1 เรื่อง อุปกรณ์ เก็บเครื่องวัดอุณหภูมิ	ได้ผลการประเมิน ระดับ ดี ขึ้นไป
3. ด้านเจตคติ (A)	- สังเกตพฤติกรรมขณะ ร่วมกิจกรรม	- แบบประเมินด้าน เจตคตรายบุคคล	ได้ผลการประเมิน ระดับ ดี ขึ้นไป



บันทึกผลหลังการสอน

ผลการจัดการเรียนรู้

ด้านความรู้ (K) นักเรียนมีความรู้ (K)

ผ่านเกณฑ์การประเมิน จำนวน.....คน คิดเป็น ร้อยละ.....

ด้านทักษะกระบวนการ (P) นักเรียนมีทักษะกระบวนการ (P)

ผ่านเกณฑ์การประเมิน จำนวน.....คน คิดเป็น ร้อยละ.....

ด้านเจตคติ (A) นักเรียนมีเจตคติ (A)

ผ่านเกณฑ์การประเมิน จำนวน.....คน คิดเป็น ร้อยละ.....

ปัญหาและอุปสรรค

ข้อเสนอแนะ / แนวทางแก้ไข

ลงชื่อ.....ครูผู้สอน

(นางสาวรัตนภรณ์ หินอ่อน)

ตำแหน่ง ครู

แบบประเมินด้านความรู้/ความเข้าใจ (K)

การประเมิน : นักเรียนมีความรู้เกี่ยวกับหน่วยวัดอุณหภูมิได้ (K)

เลขที่	กลุ่มที่	ชื่อ-สกุล	รวมคะแนน 9 คะแนน	ระดับคุณภาพ

เกณฑ์การประเมิน

ระดับคะแนน	ระดับคุณภาพ
7-9	ดีมาก
4-6	ดี
1-3	พอใช้

เกณฑ์การประเมินด้านความรู้/ความเข้าใจ (K)

ใบกิจกรรมที่ 1 เรื่อง อุปกรณ์เก็บเครื่องวัดอุณหภูมิ ข้อที่ 2,4 และ 5

ประเด็นการประเมิน	ระดับคะแนน		
	3	2	1
ความถูกต้องของ เนื้อหา	เนื้อหาสาระถูกต้อง ครบถ้วน	เนื้อหาสาระถูกต้อง บางประเด็น	เนื้อหาสาระไม่ถูกต้อง เป็นส่วนใหญ่

แบบประเมินทักษะและกระบวนการ (P)

การประเมิน : นักเรียนมีความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์โดยใช้ความรู้เกี่ยวกับหน่วยวัดอุณหภูมิได้ (P)

เลขที่	กลุ่มที่	ชื่อ-สกุล	รวมคะแนน 24 คะแนน	ระดับคุณภาพ

เกณฑ์การประเมิน

ระดับคะแนน	ระดับคุณภาพ
17-24	ดีมาก
9-16	ดี
1-8	พอใช้

พหุ ประถมศึกษา

เกณฑ์การประเมินทักษะและกระบวนการ (P)

ประเด็นการประเมิน	เกณฑ์การประเมิน		
	3 คะแนน	2 คะแนน	1 คะแนน
องค์ประกอบที่ 1 การเข้าใจความท้าทาย (Understand the challenges)			
1. ระบุปัญหาจากสถานการณ์ที่กำหนด	ระบุประเด็นปัญหาในการแก้ไขปัญหามีหลากหลายและถูกต้องทุกประเด็น	ระบุประเด็นปัญหาในการแก้ไขปัญหามีหลากหลาย หรือถูกต้องบางประเด็น	ระบุประเด็นไม่ถูกต้องหรือไม่ระบุ
2. ระบุข้อมูลที่เกี่ยวข้องในการแก้ไขปัญห	ระบุข้อมูลที่เกี่ยวข้องได้อย่างครอบคลุมและมีแนวทางในการแก้ไขปัญหามีหลากหลายทางเลือกได้ถูกต้องครบถ้วน	ระบุข้อมูลที่เกี่ยวข้องยังไม่ครอบคลุมและมีแนวทางในการแก้ไขปัญหามีถูกต้องแต่ยังไม่หลากหลายและยังไม่ครบถ้วน	ระบุข้อมูลไม่ถูกต้องหรือไม่ระบุข้อมูล
องค์ประกอบที่ 2 การสร้างแนวคิด (Generating idea)			
1. นักเรียนสามารถระบุวิธีการในการแก้ไขปัญหามีหลากหลายจากแหล่งข้อมูลที่มีความหลากหลายและเลือกแนวทางที่มีความเหมาะสม สมเหตุสมผล และเป็นไปได้	บอกแนวทางในการแก้ไขปัญหามีตั้งแต่ 3 แนวทางขึ้นไป และเลือกวิธีการแก้ปัญหามีเหมาะสม มีเหตุผล ชัดเจนและมีความเป็นไปได้	บอกแนวทางในการแก้ไขปัญหามี 2 แนวทาง และเลือกวิธีการแก้ปัญหามีไม่เหมาะสม	บอกแนวทางในการแก้ไขปัญหามีเพียง 1 แนวทาง หรือ ไม่บอกแนวทางในการแก้ไขปัญห
องค์ประกอบที่ 3 การเตรียมปฏิบัติการ (Preparing for action)			
1. นักเรียนสามารถออกแบบและวางแผนการแก้ปัญหาที่เลือกอย่างเป็นลำดับขั้นตอน	วางแผนและกำหนดขั้นตอนในการแก้ไขปัญห โดยแสดงรายละเอียดในการ แก้ไขปัญหาได้อย่างชัดเจน	วางแผนและกำหนดขั้นตอนในการแก้ไขปัญห โดยแสดงรายละเอียดในการ แก้ไขปัญหามีได้ยังไม่ชัดเจน	วางแผนกำหนดขั้นตอนในการแก้ไขปัญหามีได้ยังไม่เป็นลำดับขั้นตอนหรือไม่ สามารถวางแผน กำหนดขั้นตอนในการ แก้ไขปัญห

ประเด็นการประเมิน	เกณฑ์การประเมิน		
	3 คะแนน	2 คะแนน	1 คะแนน
2. นักเรียนสรุปหลักการและแนวคิดที่นำมาใช้ในการแก้ปัญหา	สรุปหลักการและแนวคิดที่นำมาใช้ในการแก้ไขปัญหามีถูกต้อง ชัดเจน และครบถ้วน	สรุปหลักการและแนวคิดที่นำมาใช้ในการแก้ไขปัญหามีถูกต้องบางประเด็น แต่ยังไม่ครบถ้วน	สรุปหลักการและแนวคิดยังไม่ถูกต้องหรือไม่สรุป
องค์ประกอบที่ 4 การวางแผนการปฏิบัติ (Planning your approach)			
1) การประเมินงาน (Appraising tasks)			
1. นักเรียนกำหนดแนวทางในการประเมินและประเมินผลการแก้ไขปัญหามีได้อย่างเหมาะสม	อธิบายผลการดำเนินงานในการแก้ไขปัญหามีละเอียดถูกต้องสมบูรณ์ และมีข้อเสนอแนะเพิ่มเติมในการดำเนินงาน	อธิบายผลการดำเนินงานในการแก้ไขปัญหามีละเอียดถูกต้องสมบูรณ์ แต่ไม่มีข้อเสนอแนะเพิ่มเติมในการดำเนินงาน	อธิบายผลการดำเนินงานในการแก้ไขปัญหามีละเอียดครบถ้วน ไม่มีข้อเสนอแนะเพิ่มเติมในการดำเนินงาน
2) การออกแบบกระบวนการ (Design process)			
1. การนำไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวัน	ระบุการนำไปใช้ในการแก้ไขปัญหามีสถานการณ์อื่น ๆ ในชีวิตประจำวันได้ถูกต้อง และมากกว่า 3 ตัวอย่าง	ระบุการนำไปใช้ในการแก้ไขปัญหามีสถานการณ์อื่น ๆ ในชีวิตประจำวันได้ถูกต้อง 2 ตัวอย่าง	ระบุการนำไปใช้ในการแก้ไขปัญหามีสถานการณ์อื่น ๆ ในชีวิตประจำวันได้ถูกต้อง 1 ตัวอย่าง หรือไม่สามารถระบุสถานการณ์ที่จะนำไปใช้ได้
2. นักเรียนสามารถใช้เครื่องมือในการแก้ไขปัญหามิแต่ละขั้นตอนได้อย่างเหมาะสมสอดคล้องกับสถานการณ์ปัญหาที่แท้จริง	อธิบายการใช้เครื่องมือในการแก้ไขปัญหามิแต่ละขั้นตอนได้อย่างเหมาะสมสอดคล้องกับสถานการณ์ปัญหาที่แท้จริง	อธิบายการใช้เครื่องมือในการแก้ไขปัญหามิแต่ละขั้นตอนไม่สอดคล้องกับสถานการณ์ปัญหา	ไม่สามารถอธิบายการใช้เครื่องมือในการแก้ไขปัญหามิแต่ละขั้นตอนได้

เกณฑ์การประเมินด้านเจตคติ (A)

ประเด็นการประเมิน	ระดับคะแนน		
	3	2	1
1. การมีส่วนร่วมในกลุ่ม	นักเรียนให้ความร่วมมือในการทำกิจกรรมเป็นกลุ่ม ตลอดการทำกิจกรรม สมาชิกในกลุ่มทุกคน มีการแสดงความเห็น ช่วยเพื่อนทำงาน และ มีการแบ่งหน้าที่กัน อย่างชัดเจน จนงาน สำเร็จตามจุดประสงค์ ที่ครูกำหนด	นักเรียนให้ความร่วมมือในการทำกิจกรรมเป็นกลุ่ม ตลอดการทำกิจกรรม สมาชิกในกลุ่มมีการ แสดงความเห็น ช่วยเพื่อนทำงาน แบ่ง หน้าที่กันไม่ค่อย ชัดเจน แต่งานสำเร็จ ตามจุดประสงค์ที่ครู กำหนด	นักเรียนไม่ให้ความร่วมมือในการทำ กิจกรรมเป็นกลุ่ม
2. ส่งงานตรงตามเวลาที่กำหนด	นักเรียนมีความรับผิดชอบ และ ส่งงานตามที่ได้รับ มอบหมายตรง ตามเวลาที่ครู กำหนด	นักเรียนมีความ รับผิดชอบ และ ส่งงานตามที่ได้รับ มอบหมาย แต่ส่ง งานช้ากว่าที่ครู กำหนด	นักเรียนไม่ส่งงาน

พูน ปณ ภิโต ชีเว

ใบกิจกรรมที่ 1

เรื่อง อุปกรณ์เก็บเครื่องวัดอุณหภูมิ

ชื่อกลุ่ม.....

สมาชิกภายในกลุ่ม

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

คำชี้แจง ให้นักเรียนอ่านสถานการณ์ต่อไปนี้ แล้วตอบคำถาม

ณ โรงเรียนแห่งหนึ่ง ได้ทำการปรับปรุงห้องปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ใหม่ จึงได้ขอความร่วมมือนักเรียนในคาบกิจกรรมชุมนุมวิทยาศาสตร์ได้ช่วยกันทำความสะอาดและจัดอุปกรณ์ในห้องปฏิบัติการให้เป็นระเบียบเรียบร้อย พบว่า กล่องใส่เทอร์มอมิเตอร์นั้นชำรุด จำเป็นต้องสร้างหรือหาอุปกรณ์ที่เหมาะสมในการจัดเก็บเทอร์มอมิเตอร์ให้ง่ายต่อการจัดเก็บไม่เกิดความเสียหายเมื่อนำมาใช้ทดลอง ซึ่งเทอร์มอมิเตอร์มีขนาด กว้าง x ยาว คือ 0.7 cm. x 30 cm. โดยมีเงื่อนไขว่า

1. อุปกรณ์มีความคงทน แข็งแรง สามารถเก็บเทอร์มอมิเตอร์ได้เป็นอย่างดี ไม่เกิดความเสียหายหรือตกแตก
2. วัสดุที่นำมาใช้มีความประหยัด
3. มีข้อมูลและตัวอย่างการเปลี่ยนหน่วยวัดอุณหภูมิต่าง ๆ อย่างน้อย 1 ตัวอย่าง เมื่อเทอร์มอมิเตอร์มีอุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส
4. มีสัญลักษณ์เตือนให้ระมัดระวังในการหยิบเทอร์มอมิเตอร์มาใช้
5. สะดวกต่อการเคลื่อนย้ายหรือนำมาทดลอง

องค์ประกอบที่ 1 การเข้าใจความท้าทาย (Understand the challenges)

1. ปัญหาที่พบจากสถานการณ์

.....กล่องใส่เทอร์มอมิเตอร์ชำรุด ซึ่งเทอร์มอมิเตอร์มีขนาด กว้าง x ยาว คือ 0.7 cm. x 30 cm. โดยมีเงื่อนไข ดังนี้

1. อุปกรณ์มีความคงทน แข็งแรง สามารถเก็บเทอร์มอมิเตอร์ได้เป็นอย่างดี ไม่เกิดความเสียหายหรือตกแตก
2. วัสดุที่นำมาใช้มีความประหยัด
3. มีข้อมูลและตัวอย่างการเปลี่ยนหน่วยวัดอุณหภูมิต่าง ๆ อย่างน้อย 1 ตัวอย่าง เมื่อเทอร์มอมิเตอร์มีอุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส
4. มีสัญลักษณ์เตือนให้ระมัดระวังในการหยิบเทอร์มอมิเตอร์มาใช้
5. สะดวกต่อการเคลื่อนย้ายหรือนำมาทดลอง

2. ให้นักเรียนระบุ STEM ที่ใช้ในการแก้ปัญหาจากสถานการณ์ดังกล่าว

- การเปลี่ยนหน่วยวัดอุณหภูมิ เช่น °C, °F, °R และ K โดยการใช้สูตรในการคำนวณ $\frac{^{\circ}\text{C}}{5} = \frac{\text{K}-273}{5} = \frac{^{\circ}\text{F}-32}{9} = \frac{^{\circ}\text{R}}{4}$	- การสืบค้นข้อมูลจากอินเทอร์เน็ต - อุปกรณ์จัดเก็บเทอร์มอมิเตอร์	- การออกแบบอุปกรณ์จัดเก็บเทอร์มอมิเตอร์	- การคำนวณขนาดอุปกรณ์จัดเก็บเทอร์มอมิเตอร์ - การคำนวณสูตรการเปลี่ยนหน่วยวัดอุณหภูมิ
Science: S	Technology :	Engineering : E	Mathematics : M

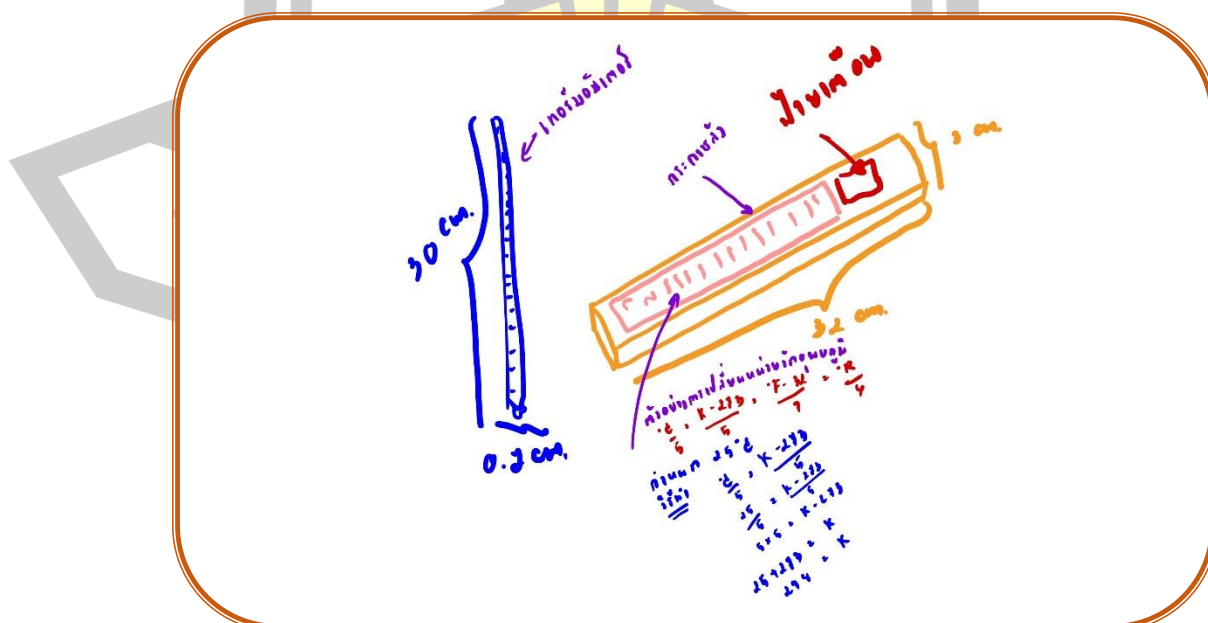
องค์ประกอบที่ 2 การสร้างแนวคิด (Generating idea)

3. ระบุวิธีในการแก้ปัญหาให้ได้มากที่สุด และเลือกมา 1 วิธีเพื่อใช้ในการแก้ปัญหาจากสถานการณ์ดังกล่าว

- 1. อุปกรณ์เก็บเทอร์มอมิเตอร์ทำจากกระดาษแข็ง
 - 2. อุปกรณ์เก็บเทอร์มอมิเตอร์ทำจากกระดาษลัง
 - 3. อุปกรณ์เก็บเทอร์มอมิเตอร์ทำจากพลาสติกกันกระแทก
 - 4. อุปกรณ์เก็บเทอร์มอมิเตอร์ทำจากไม้
- เลือกวิธีที่ 2 อุปกรณ์เก็บเทอร์มอมิเตอร์ทำจากกระดาษลัง เนื่องจากเป็นอุปกรณ์ที่หาง่ายและประหยัดค่าใช้จ่าย

องค์ประกอบที่ 3 การเตรียมปฏิบัติการ (Preparing for action)

4. จากสถานการณ์ ให้นักเรียนออกแบบอุปกรณ์เก็บเครื่องวัดอุณหภูมิ วาดภาพ พร้อมเขียนคำอธิบายวิธีการในการออกแบบให้ชัดเจน



ชื่อชิ้นงาน..... กล้องนำรักมากความรู้.....

วิธีการในการออกแบบ

1. ศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับสมบัติของกระดาษลัง
2. วัดขนาดอุปกรณ์เก็บเทอร์มอมิเตอร์ให้สามารถใส่เทอร์มอมิเตอร์ได้ตามเงื่อนไข
3. ออกแบบการทำเกร็ดความรู้สัญลักษณ์เตือนอันตราย และตัวอย่างการเปลี่ยนหน่วยวัดอุณหภูมิอย่างน้อย 1 ตัวอย่าง
4. ตกแต่งสวยงาม
5. หลักการและแนวคิดที่นำมาใช้ในการแก้ปัญหา (การแก้ไข/ปรับปรุง)
 1. การสืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับสมบัติของวัสดุ เพื่อนำมาใช้ในการออกแบบอุปกรณ์เก็บเทอร์มอมิเตอร์
 2. การคำนวณวัดความกว้าง ความสูง ความหนา เพื่อให้สามารถออกแบบและใส่เทอร์มอมิเตอร์ได้ตรงตามเงื่อนไข
 3. การคำนวณสูตรการเปลี่ยนหน่วยวัดอุณหภูมิ อย่างน้อย 1 หน่วย โดยใช้สูตร

$$\frac{^{\circ}\text{C}}{5} = \frac{\text{K}-273}{5} = \frac{^{\circ}\text{F}-32}{9} = \frac{^{\circ}\text{R}}{4}$$

องค์ประกอบที่ 4 การวางแผนการปฏิบัติ (Planning your approach)

1) การประเมินงาน (Appraising tasks)

6. กำหนดแนวทางในการประเมินและประเมินผลการแก้ไขปัญหา

1. ตรวจสอบการออกแบบอุปกรณ์เก็บเทอร์มอมิเตอร์ตรงตามเงื่อนไขทุกประการ
2. ถ้าไม่ตรงตามเงื่อนไข ควรปรับปรุงการออกแบบอุปกรณ์เก็บเทอร์มอมิเตอร์ให้ตรงตามเงื่อนไขของสถานการณ์ปัญหาที่กำหนด

2) การออกแบบกระบวนการ (Design process)

7. การนำไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวัน

1. ถ้าอุปกรณ์เก็บเทอร์มอมิเตอร์ชำรุดเสียหายสามารถนำไปสร้างชิ้นงานตามที่ต้องการได้
2. สามารถนำความรู้เรื่องการเปลี่ยนหน่วยวัดอุณหภูมิไปใช้ในชีวิตประจำวันได้ เมื่อพบหน่วยอุณหภูมิอื่น ๆ นอกจากอุณหภูมิองศาเซลเซียส ($^{\circ}\text{C}$)

8. อธิบายการใช้เครื่องมือในการแก้ไขปัญหในแต่ละขั้นตอน

1. วัสดุที่ใช้ออกแบบอุปกรณ์เก็บเทอร์มอมิเตอร์มีความประหยัด เหมาะสม คงทนแข็งแรง
2. มีขนาดที่สามารถเก็บเทอร์มอมิเตอร์ได้ พกพาสะดวก
3. มีตัวอย่างการเปลี่ยนหน่วยวัดอุณหภูมิอย่างน้อย 1 หน่วย
4. มีสัญลักษณ์เตือนอันตราย เนื่องจากเทอร์มอมิเตอร์เป็นวัสดุทำจากแก้ว และเทอร์มอมิเตอร์บางประเภทมีสารปรอทอยู่ข้างใน

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2

รายวิชา วิทยาศาสตร์พื้นฐาน 2

รหัสวิชา ว21102

หน่วยการเรียนรู้ที่ 2 พลังงานความร้อน (1)

จำนวน 12 ชั่วโมง

เรื่อง ปริมาณความร้อนที่ทำให้อุณหภูมิของสสารเปลี่ยนแปลง

เวลา 2 ชั่วโมง

ผู้สอน นางสาวรัตนภรณ์ หินอ่อน

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

1. มาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัด

มาตรฐานการเรียนรู้ และตัวชี้วัดตามแนวคิดสะเต็มศึกษา (STEM) แบ่งออกเป็น 4 สาขาวิชา ดังนี้

วิทยาศาสตร์ (Science : S)

สาระที่ 1 วิทยาศาสตร์กายภาพ

มาตรฐานการเรียนรู้

มาตรฐาน ว 2.1 เข้าใจสมบัติของสสาร องค์ประกอบของสสาร ความสัมพันธ์ระหว่างสมบัติของสสารกับโครงสร้างและแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาค หลักและธรรมชาติของการเปลี่ยนแปลงสถานะของสสาร การเกิดสารละลาย และการเกิดปฏิกิริยาเคมี

ตัวชี้วัด

ว 2.3 ม.1/1 วิเคราะห์ แปลความหมายข้อมูลและคำนวณปริมาณความร้อนที่ทำให้สสารเป็นอุณหภูมิและเปลี่ยนสถานะ โดยใช้สมการ $Q = mc\Delta t$ และ $Q = mL$

เทคโนโลยี (Technology : T)

สาระที่ 4 เทคโนโลยี (Technology : T)

มาตรฐานการเรียนรู้

มาตรฐาน ว 4.1 เข้าใจแนวคิดหลักของเทคโนโลยีเพื่อการดำรงชีวิตในสังคมที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว ใช้ความรู้ และทักษะทางด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และศาสตร์อื่น ๆ เพื่อแก้ปัญหาหรือพัฒนางานอย่างมีความคิดสร้างสรรค์ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เลือกใช้เทคโนโลยีอย่างเหมาะสมโดยคำนึงถึงผลกระทบต่อชีวิต สังคม และสิ่งแวดล้อม

ตัวชี้วัด

ว 4.1 ม.1/2 ระบุปัญหาหรือความต้องการในชีวิตประจำวันรวบรวม วิเคราะห์ ข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา

ว 4.1 ม.1/3 ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา โดยวิเคราะห์เปรียบเทียบ และตัดสินใจเลือกข้อมูลที่เป็นนำเสนอแนวทางการแก้ปัญหาให้ผู้อื่นเข้าใจวางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา

ว 4.1 ม.1/4 ทดสอบ ประเมินผล และระบุข้อบกพร่องที่เกิดขึ้น พร้อมทั้งหาแนวทางการปรับปรุงแก้ไข และนำเสนอผลการแก้ปัญหา

วิศวกรรมศาสตร์ (Engineering : E)

ออกแบบ ตัดสินใจสร้าง ทดสอบ และประเมินผลชิ้นงานตามสิ่งที่โจทย์กำหนด

คณิตศาสตร์ (Mathematics : M)

สาระที่ 1 จำนวนและพีชคณิต

มาตรฐานการเรียนรู้

มาตรฐาน ค 1.1 เข้าใจความหลากหลายของการแสดงจำนวน ระบบจำนวน การดำเนินการของจำนวน ผลที่เกิดขึ้นจากการดำเนินการ สมบัติของการดำเนินการ และนำไปใช้
ตัวชี้วัด

ค 1.1 ม.1/1 เข้าใจจำนวนตรรกยะ และความสัมพันธ์ของจำนวนตรรกยะในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ และปัญหาในชีวิตจริง

เข้าใจเกี่ยวกับพลังงานความร้อน ปฏิกิริยาที่มี
ผลต่อการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิของสาร และ
สูตรที่ใช้ในการคำนวณหาปริมาณความร้อน
เมื่ออุณหภูมิเปลี่ยนแปลงไป

วิทยาศาสตร์ (Science : S)

การออกแบบวิธีการในการแก้ไขปัญหา โดย
การวิเคราะห์ เปรียบเทียบ และตัดสินใจ
เลือกข้อมูลที่เป็นสำหรับแนวทางการ
แก้ปัญหาให้ผู้อื่นเข้าใจ และการวางแผน
ดำเนินการในการแก้ไขปัญหา

เทคโนโลยี (Technology : T)

เมืองลับแลกับอุปกรณ์หัตถ์จรรย

การออกแบบชิ้นงานในการแก้ไขปัญหา
ตามเงื่อนไขของสถานการณ์

วิศวกรรมศาสตร์ (Engineering : E)

ใช้ความรู้ในการคำนวณจำนวนตรรกยะ
และความสัมพันธ์ของจำนวนตรรกยะ
ในการแก้ไขปัญหา
ตามเงื่อนไขของสถานการณ์

คณิตศาสตร์ (Mathematics : M)

2. จุดประสงค์การเรียนรู้ (K-P-A)

ด้านความรู้ (K: Knowledge Assessment)

- อธิบายพลังงานความร้อน
- ระบุปัจจัยที่มีผลต่อการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิของสสาร
- ระบุสูตรที่ใช้ในการคำนวณหาปริมาณความร้อนเมื่ออุณหภูมิเปลี่ยนแปลงไป

ด้านทักษะ/กระบวนการ (P: Performance Assessment)

- แก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์จากสถานการณ์ที่กำหนดได้
- ออกแบบและสร้างชิ้นงานได้

ด้านเจตคติ (A: Attitude Assessment)

- การให้ความร่วมมือในการทำกิจกรรม

3. สารสำคัญ

เมื่อให้ความร้อนแก่น้ำ น้ำจะมีระดับพลังงานความร้อนหรืออุณหภูมิเพิ่มขึ้น อุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นของน้ำขึ้นอยู่กับมวลของน้ำและปริมาณความร้อนที่ได้รับ สสารอื่นจะมีอุณหภูมิเพิ่มขึ้น เมื่อได้รับความร้อน ซึ่งอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นของสสารอื่นขึ้นอยู่กับมวลและปริมาณความร้อนที่ได้รับ แต่ถ้าให้ความร้อนแก่น้ำและสสารชนิดอื่น ๆ ในปริมาณที่เท่ากัน แม้ว่าจะมีมวลเท่ากัน อุณหภูมิที่เปลี่ยนไปจะไม่เท่ากัน ดังนั้นปัจจัยที่มีผลต่อการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิของสสารอื่นเนื่องมาจากการได้รับความร้อน จึงขึ้นอยู่กับมวล ปริมาณความร้อน และชนิดของสสาร

4. สารการเรียนรู้

- ปริมาณความร้อนที่ทำให้สสารเปลี่ยนอุณหภูมิ
- ปัจจัยที่ส่งผลต่อปริมาณความร้อนที่ทำให้สสารเปลี่ยนอุณหภูมิ
- สูตรที่ใช้ในการคำนวณหาปริมาณความร้อน เมื่อสสารเปลี่ยนอุณหภูมิ

5. กิจกรรมการเรียนรู้

(วิธีสอนด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมตามแนวคิดสะเต็มศึกษา)

ขั้นที่ 1 ขั้นระบุปัญหา (Problem Identification) (5 นาที)

- 1.1 นักเรียนแบ่งกลุ่ม กลุ่มละ 4-6 คน โดยแต่ละความสามารถเก่ง ปานกลาง และอ่อน
 - 1.2 ครูนำเสนอสถานการณ์ และปัญหา เรื่อง เมืองลับแลกับอุปกรณ์หัตถ์จรรย
- ดังนี้
- “โรงเรียนแห่งหนึ่งได้พานักเรียนไปเข้าค่ายพักแรม ณ จังหวัดอุดรดิตถ์ ตลอดการเข้าค่ายวิทยากรได้กำชับให้นักเรียนออกนอกพื้นที่ของค่าย ด้วยความซุกซนจึงมีนักเรียนกลุ่มหนึ่งแอบออกนอกพื้นที่ทำให้พลัดหลงเข้าไปยังเมืองลับแลหาทางออกไม่เจอ แต่ยังมีโชคดีนักเรียนมีเงินติดตัว 500 บาท และในขณะนั้นเองนักเรียนได้เจอกระดาศปริศนา มีข้อความบอกว่า วิธีที่จะออกจากป่าในเมืองลับแลนี้จะต้องปฏิบัติ ดังนี้

1. ให้เลือกวัสดุ/อุปกรณ์ 3 ชนิดที่มีปริมาณความร้อน รวมกันไม่เกิน
25,000 Cal

2. นำมาออกแบบเป็นเครื่องมือนำทางออกจากเมืองลับแล
3. คงทนแข็งแรง
4. ใช้วัสดุ/อุปกรณ์อย่างประหยัดและคุ้มค่าที่สุด”

ข้อมูลอุปกรณ์					
ที่	อุปกรณ์	มวล (กรัม)	ความร้อนจำเพาะของสาร (แคลอรี/กรัม องศา เซลเซียส)	ราคา	หมายเหตุ
1.	กระดาษลัง = เหล็ก	245	0.11	85	
2.	กระดาษสี = ทองแดง	175	0.09	120	
3.	กระดาษ A4 = ทอง	325	0.03	75	
4.	กระดาษแข็ง = เงิน	95	0.06	90	
5.	ดินน้ำมัน = กลิเซอรอล	30	0.58	250	
6.	ฟิวเจอร์บอร์ด = น้ำแข็ง	70	0.50	100	
7.	ลวด = อะลูมิเนียม	135	0.22	80	
8.	แก้วพลาสติก = แก้ว	195	0.20	150	
9.	แผ่นใส = น้ำ	50	1.00	130	
10.	ปากกาเคมี = เอทานอล	68	0.59	160	
กำหนดให้ อุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงไปเท่ากัน คือ 275 องศาเซลเซียส					

ซึ่งนักเรียนทุกกลุ่มจะได้รับอุปกรณ์ที่ครูเตรียมให้กลุ่มละ 1 ชุด ได้แก่
กรรไกร ปืนกาว กาวลาเท็กซ์ กาวสองหน้า คัตเตอร์ เทปใส แล็กซีน เป็นต้น

1.3 นักเรียนร่วมกันระบุนโยบาย เสนอแนะ จากสถานการณ์ที่ครูนำเสนอ เพื่อนำไปสู่
การรวบรวมข้อมูล และแนวคิดที่เกี่ยวข้องในการแก้ปัญหา

ขั้นที่ 2 ขั้นรวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา (Related Information
Search) (20 นาที)

2.1 นักเรียนและครูร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับเมืองลับแลกับอุปกรณ์มหัศจรรย์จาก
สถานการณ์ปัญหา

2.2 นักเรียนแต่ละกลุ่มส่งตัวแทนออกมาจับใบกิจกรรมที่ 2 เรื่อง เมืองลับแลกับ
อุปกรณ์มหัศจรรย์ พร้อมรับอุปกรณ์หน้าชั้นเรียน

2.3 นักเรียนสืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับปริมาณความร้อนที่ทำให้อุณหภูมิของสาร
เปลี่ยนแปลง จากหนังสือเรียนรายวิชาพื้นฐานวิทยาศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ใบความรู้ และ

สื่ออินเทอร์เน็ต เรื่อง ปริมาณความร้อนที่ทำให้อุณหภูมิของสารเปลี่ยนแปลงเพื่อนำมาใช้ในการออกแบบและสร้างอุปกรณ์ เรื่อง เมืองลับแลกับอุปกรณ์มหัศจรรย์ให้ตรงตามเงื่อนไข

2.4 นักเรียนร่วมกันสรุปความรู้ที่ได้จากการเรียน และการสืบค้นข้อมูลที่หลากหลาย เพื่อนำมาประกอบการตัดสินใจในการเลือกแนวทางการแก้ปัญหาที่ดีที่สุด

ขั้นที่ 3 ขั้นตอนออกแบบวิธีการแก้ปัญหา (Solution Design) (20 นาที)

3.1 ครูใช้คำถามนำสู่การศึกษาข้อมูลที่จำเป็นต่อการนำมาใช้ในการแก้ปัญหา การออกแบบและสร้างชิ้นงาน

- จากสถานการณ์ปัญหาที่ครูกำหนดให้ นักเรียนคิดว่าข้อมูลใดบ้างที่จำเป็น และเหมาะสมในการนำมาออกแบบและสร้างชิ้นงาน เรื่อง เมืองลับแลกับอุปกรณ์มหัศจรรย์

(แนวคำตอบ : ศึกษาเงื่อนไขจากสถานการณ์ ตารางข้อมูลที่บอกวัสดุ มวล ความร้อนจำเพาะของสาร และราคา ศึกษาสมบัติของวัสดุที่จะนำมาใช้ในการออกแบบและสร้างชิ้นงาน ศึกษาข้อมูลการคำนวณหาปริมาณความร้อนที่ทำให้สารเปลี่ยนอุณหภูมิ ศึกษาอุปกรณ์ที่จะนำมาออกแบบและวิธีการสร้าง)

- นักเรียนมีวิธีใดบ้างในการนำมาออกแบบและสร้างชิ้นงาน เรื่อง เมืองลับแลกับอุปกรณ์มหัศจรรย์ เพื่อให้ตรงตามเงื่อนไขที่สถานการณ์กำหนด

(แนวคำตอบ : แบ่งหน้าที่กันในการสืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับวัสดุที่จะนำมาใช้ในการออกแบบ ศึกษาข้อมูลการคำนวณหาปริมาณความร้อนที่ทำให้สารเปลี่ยนอุณหภูมิ เพื่อที่จะได้เลือกวัสดุได้อย่างเหมาะสม ตรงตามเงื่อนไข จากนั้นออกแบบและสร้างชิ้นงานตามที่ได้ออกแบบไว้)

3.2 นักเรียนแต่ละกลุ่มศึกษาวิธีการในการออกแบบและสร้างชิ้นงาน เรื่อง เมืองลับแลกับอุปกรณ์มหัศจรรย์จากแหล่งข้อมูลต่าง ๆ มาให้ได้มากที่สุด

3.3 นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันออกแบบในการสร้างชิ้นงาน

ขั้นที่ 4 ขั้นตอนวางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา (Planning and Development) (40 นาที)

4.1 นักเรียนร่วมกันวางแผนการดำเนินงานตามขั้นตอน การกำหนดขั้นตอนการทำงาน การเลือกวัสดุอุปกรณ์ ระยะเวลา วิธีการเก็บข้อมูล แหล่งการสืบค้นข้อมูล การบันทึกข้อมูล เงื่อนไขในการแก้ไขปัญหามาจากสถานการณ์ เป็นต้น

4.2 นักเรียนแต่ละกลุ่มดำเนินการออกแบบและสร้างชิ้นงานตามเงื่อนไขในการแก้ไขปัญหามาจากสถานการณ์ ลงในใบกิจกรรมที่ 2 เรื่อง เมืองลับแลกับอุปกรณ์มหัศจรรย์

ขั้นที่ 5 ขั้นตอนทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ไขปัญหามาหรือแก้ไขชิ้นงาน (Testing, Evaluation and Design Improvement) (20 นาที)

5.1 นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันตรวจสอบความถูกต้องของเนื้อหาและแนวทางที่ใช้ในการแก้ไขปัญหามา

5.2 นักเรียนนำชิ้นงานที่สร้างมาทดสอบตามเงื่อนไขในการแก้ปัญหามาของสถานการณ์

5.3 นักเรียนร่วมกันปรับปรุงแก้ไขชิ้นงานเพิ่มเติม

ขั้นที่ 6 ชื่อนำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน (Presentation)
(15 นาที)

- 6.1 ครูผู้สอนสุ่มนักเรียนแต่ละกลุ่มออกมานำเสนอชิ้นงานหน้าชั้นเรียน
- 6.2 ครูเปิดโอกาสให้นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันตั้งคำถาม แสดงความคิดเห็น หรือเสนอแนะเพิ่มเติมเกี่ยวกับชิ้นงานของกลุ่มตนเอง เพื่อปรับปรุงแก้ไขให้ดียิ่งขึ้น
- 6.3 นักเรียนและครูร่วมกันอภิปรายและยกตัวอย่างเกี่ยวกับการนำความรู้เกี่ยวกับปริมาณความร้อนที่ทำให้อุณหภูมิของสสารเปลี่ยนแปลงไปใช้ในชีวิตประจำวัน

6. สื่อและแหล่งการเรียนรู้

6.1 สื่อการเรียนรู้

- 1) หนังสือเรียนวิทยาศาสตร์ ระดับมัธยมศึกษาปีที่ 1 พว.
- 2) PowerPoint เรื่อง ปริมาณความร้อนที่ทำให้อุณหภูมิของสสารเปลี่ยนแปลง
- 3) ใบความรู้ เรื่อง ปริมาณความร้อนที่ทำให้อุณหภูมิของสสารเปลี่ยนแปลง
- 4) วัสดุ/อุปกรณ์

- กรรไกร - แล็กซีน - คัตเตอร์ - กาวลาเท็กซ์ - กระดาษสี - กระดาษแข็ง - ฟิวเจอร์บอร์ด - แก้วพลาสติก - ปากกาเคมี	- ปืนกาว - เทปใส - กาวสองหน้า - กระดาษลั่ง - กระดาษ A4 - ดินน้ำมัน - ลวด - แผ่นใส

6.2 แหล่งการเรียนรู้

- อินเทอร์เน็ต
- ห้องสมุด
- ห้องปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์

7. การงาน/ชิ้นงาน

- ใบกิจกรรมที่ 2 เรื่อง เมืองลับแลกับอุปกรณ์มหัศจรรย์
- ชิ้นงาน

8. การวัดและประเมินผล (K-P-A)

สิ่งที่วัด	วิธีการวัดและประเมินผล	เครื่องมือวัดและประเมินผล	เกณฑ์ที่ใช้ประเมิน
1. ด้านความรู้ (K)	- การใช้คำถาม - ตรวจใบกิจกรรมที่ 2 เรื่อง เมืองลับแลกับ อุปกรณ์มหัศจรรย์ ข้อที่ 2,4 และ 5	- การใช้คำถาม - ใบกิจกรรมที่ 2 เรื่อง เมืองลับแลกับ อุปกรณ์มหัศจรรย์ ข้อที่ 2,4 และ 5	ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 75 ขึ้นไป
2. ด้านทักษะ/ กระบวนการ (P)	- สังเกตทักษะ กระบวนการ - ตรวจใบกิจกรรมที่ 2 เรื่อง อุปกรณ์เก็บเครื่องวัด อุณหภูมิ	- แบบประเมินด้าน ทักษะกระบวนการ - ใบกิจกรรมที่ 2 เรื่อง อุปกรณ์ เก็บเครื่องวัดอุณหภูมิ	ได้ผลการประเมิน ระดับ ดี ขึ้นไป
3. ด้านเจตคติ (A)	- สังเกตพฤติกรรมขณะ ร่วมกิจกรรม	- แบบประเมินด้าน เจตคติดรายบุคคล	ได้ผลการประเมิน ระดับ ดี ขึ้นไป



บันทึกผลหลังการสอน

ผลการจัดการเรียนรู้

ด้านความรู้ (K) นักเรียนมีความรู้ (K)

ผ่านเกณฑ์การประเมิน จำนวน.....คน คิดเป็น ร้อยละ.....

ด้านทักษะกระบวนการ (P) นักเรียนมีทักษะกระบวนการ (P)

ผ่านเกณฑ์การประเมิน จำนวน.....คน คิดเป็น ร้อยละ.....

ด้านเจตคติ (A) นักเรียนมีเจตคติ (A)

ผ่านเกณฑ์การประเมิน จำนวน.....คน คิดเป็น ร้อยละ.....

ปัญหาและอุปสรรค

ข้อเสนอแนะ / แนวทางแก้ไข

ลงชื่อ.....ครูผู้สอน

(นางสาวรัตนภรณ์ หินอ่อน)

ตำแหน่ง ครู

แบบประเมินด้านความรู้/ความเข้าใจ (K)

การประเมิน : นักเรียนมีความรู้เกี่ยวกับหน่วยวัดอุณหภูมิได้ (K)

เลขที่	กลุ่มที่	ชื่อ-สกุล	รวมคะแนน 9 คะแนน	ระดับคุณภาพ

ลงชื่อ.....ผู้ประเมิน
(.....)

...../...../.....

เกณฑ์การประเมิน

ระดับคะแนน	ระดับคุณภาพ
7-9	ดีมาก
4-6	ดี
1-3	พอใช้

เกณฑ์การประเมินด้านความรู้/ความเข้าใจ (K)

ใบกิจกรรมที่ 2 เรื่อง เมืองลับแลกับอุปกรณ์หัดจรรย๋ ข้อที่ 2,4 และ 5

ประเด็นการประเมิน	ระดับคะแนน		
	3	2	1
ความถูกต้องของเนื้อหา	เนื้อหาสาระถูกต้องครบถ้วน	เนื้อหาสาระถูกต้องบางประเด็น	เนื้อหาสาระไม่ถูกต้องเป็นส่วนใหญ่

แบบประเมินทักษะและกระบวนการ (P)

การประเมิน : นักเรียนมีความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์โดยใช้ความรู้เกี่ยวกับหน่วยวัดอุณหภูมิได้ (P)

เลขที่	กลุ่มที่	ชื่อ-สกุล	รวมคะแนน 24 คะแนน	ระดับคุณภาพ

ลงชื่อ.....ผู้ประเมิน
(.....)
...../...../.....

เกณฑ์การประเมิน

ระดับคะแนน	ระดับคุณภาพ
17-24	ดีมาก
9-16	ดี
1-8	พอใช้

เกณฑ์การประเมินทักษะและกระบวนการ (P)

ประเด็นการประเมิน	เกณฑ์การประเมิน		
	3 คะแนน	2 คะแนน	1 คะแนน
องค์ประกอบที่ 1 การเข้าใจความท้าทาย (Understand the challenges)			
1. ระบุปัญหาจากสถานการณ์ที่กำหนด	ระบุประเด็นปัญหาในการแก้ไขปัญหาได้หลากหลายและถูกต้องทุกประเด็น	ระบุประเด็นปัญหาในการแก้ไขปัญหาได้ไม่หลากหลาย หรือถูกต้องบางประเด็น	ระบุประเด็นไม่ถูกต้องหรือไม่ระบุ
2. ระบุข้อมูลที่เกี่ยวข้องในการแก้ไขปัญหา	ระบุข้อมูลที่เกี่ยวข้องได้อย่างครอบคลุมและมีแนวทางในการแก้ไขปัญหาได้หลากหลายทางเลือกได้ถูกต้องครบถ้วน	ระบุข้อมูลที่เกี่ยวข้องยังไม่ครอบคลุมและมีแนวทางในการแก้ไขปัญหาได้ถูกต้องแต่ยังไม่หลากหลายและยังไม่ครบถ้วน	ระบุข้อมูลไม่ถูกต้องหรือไม่ระบุข้อมูล
องค์ประกอบที่ 2 การสร้างแนวคิด (Generating idea)			
1. นักเรียนสามารถระบุวิธีการในการแก้ไขปัญหาที่หลากหลายจากแหล่งข้อมูลที่มีความหลากหลายและเลือกแนวทางที่มีความเหมาะสม สมเหตุสมผล และเป็นไปได้	บอกแนวทางในการแก้ไขปัญหาได้ ตั้งแต่ 3 แนวทางขึ้นไป และเลือกวิธีการแก้ปัญหาที่เหมาะสม มีเหตุผล ชัดเจนและมีความเป็นไปได้	บอกแนวทางในการแก้ไขปัญหาได้ 2 แนวทาง และเลือกวิธีการแก้ปัญหาไม่เหมาะสม	บอกแนวทางในการแก้ไขปัญหาได้เพียง 1 แนวทาง หรือ ไม่บอกแนวทางในการแก้ไขปัญหา
องค์ประกอบที่ 3 การเตรียมปฏิบัติการ (Preparing for action)			
1. นักเรียนสามารถออกแบบและวางแผนการแก้ปัญหาที่เลือกอย่างเป็นลำดับขั้นตอน	วางแผนและกำหนดขั้นตอนในการแก้ปัญหา โดยการแสดงรายละเอียดในการ แก้ไขปัญหาได้อย่างชัดเจน	วางแผนและกำหนดขั้นตอนในการแก้ปัญหา โดยการแสดงรายละเอียดในการ แก้ไขปัญหาได้ยังไม่ชัดเจน	วางแผนกำหนดขั้นตอนในการแก้ปัญหายังไม่เป็นลำดับขั้นตอนหรือไม่ สามารถวางแผน กำหนดขั้นตอนในการ แก้ไขปัญหาได้

ประเด็นการประเมิน	เกณฑ์การประเมิน		
	3 คะแนน	2 คะแนน	1 คะแนน
2. นักเรียนสรุปหลักการและแนวคิดที่นำมาใช้ในการแก้ปัญหา	สรุปหลักการและแนวคิดที่นำมาใช้ในการแก้ไขปัญหามีถูกต้อง ชัดเจน และครบถ้วน	สรุปหลักการและแนวคิดที่นำมาใช้ในการแก้ไขปัญหามีถูกต้องบางประเด็น แต่ยังไม่ครบถ้วน	สรุปหลักการและแนวคิดยังไม่ถูกต้องหรือไม่สรุป
องค์ประกอบที่ 4 การวางแผนการปฏิบัติ (Planning your approach)			
1) การประเมินงาน (Appraising tasks)			
1. นักเรียนกำหนดแนวทางในการประเมินและประเมินผลการแก้ไขปัญหามีได้อย่างเหมาะสม	อธิบายผลการดำเนินงานในการแก้ไขปัญหามีละเอียดถูกต้องสมบูรณ์ และมีข้อเสนอแนะเพิ่มเติมในการดำเนินงาน	อธิบายผลการดำเนินงานในการแก้ไขปัญหามีละเอียดถูกต้องสมบูรณ์ แต่ไม่มีข้อเสนอแนะเพิ่มเติมในการดำเนินงาน	อธิบายผลการดำเนินงานในการแก้ไขปัญหามีละเอียดครบถ้วน ไม่มีข้อเสนอแนะเพิ่มเติมในการดำเนินงาน
2) การออกแบบกระบวนการ (Design process)			
1. การนำไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวัน	ระบุการนำไปใช้ในการแก้ไขปัญหามีสถานการณ์อื่น ๆ ในชีวิตประจำวันได้ถูกต้อง และมากกว่า 3 ตัวอย่าง	ระบุการนำไปใช้ในการแก้ไขปัญหามีสถานการณ์อื่น ๆ ในชีวิตประจำวันได้ถูกต้อง 2 ตัวอย่าง	ระบุการนำไปใช้ในการแก้ไขปัญหามีสถานการณ์อื่น ๆ ในชีวิตประจำวันได้ถูกต้อง 1 ตัวอย่าง หรือไม่สามารถระบุสถานการณ์ที่จะนำไปใช้ได้
2. นักเรียนสามารถใช้เครื่องมือในการแก้ไขปัญหามิแต่ขั้นตอนได้อย่างเหมาะสมสอดคล้องกับสถานการณ์ปัญหาที่แท้จริง	อธิบายการใช้เครื่องมือในการแก้ไขปัญหามิแต่ขั้นตอนได้อย่างเหมาะสมสอดคล้องกับสถานการณ์ปัญหาที่แท้จริง	อธิบายการใช้เครื่องมือในการแก้ไขปัญหามิแต่ขั้นตอนไม่สอดคล้องกับสถานการณ์ปัญหา	ไม่สามารถอธิบายการใช้เครื่องมือในการแก้ไขปัญหามิแต่ขั้นตอนได้

เกณฑ์การประเมินด้านเจตคติ (A)

ประเด็นการประเมิน	ระดับคะแนน		
	3	2	1
1. การมีส่วนร่วมในกลุ่ม	นักเรียนให้ความร่วมมือในการทำกิจกรรมเป็นกลุ่มตลอดการทำกิจกรรม สมาชิกในกลุ่มทุกคนมีการแสดงความคิดเห็น ช่วยเพื่อนทำงาน และมีการแบ่งหน้าที่กัน อย่างชัดเจน จนงานสำเร็จตามจุดประสงค์ที่ครูกำหนด	นักเรียนให้ความร่วมมือในการทำกิจกรรมเป็นกลุ่มตลอดการทำกิจกรรม สมาชิกในกลุ่มมีการแสดงความคิดเห็น ช่วยเพื่อนทำงาน แบ่งหน้าที่กันไม่ค่อยชัดเจน แต่งานสำเร็จตามจุดประสงค์ที่ครูกำหนด	นักเรียนไม่ให้ความร่วมมือในการทำกิจกรรมเป็นกลุ่ม
2. ส่งงานตรงตามเวลาที่กำหนด	นักเรียนมีความรับผิดชอบ และส่งงานตามที่ได้รับมอบหมายตรงตามเวลาที่ครูกำหนด	นักเรียนมีความรับผิดชอบ และส่งงานตามที่ได้รับมอบหมาย แต่ส่งงานช้ากว่าที่ครูกำหนด	นักเรียนไม่ส่งงาน

พูน ปณ ภิโต ชีเว

**แบบประเมินชิ้นงานตามแนวคิดสะเต็มศึกษาของนักเรียน
สำหรับผู้เชี่ยวชาญ**

คำชี้แจง โปรดพิจารณาและแสดงความคิดเห็นสำหรับเป็นแนวทางในการปรับปรุงแก้ไขแผนการจัดการเรียนรู้ โดยทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องว่างที่ตรงกับความคิดเห็นของท่าน มากที่สุด ซึ่งมีระดับคุณภาพ 5 ระดับ ดังนี้

ให้ 5 หมายถึง ความเหมาะสมในระดับดีมาก

ให้ 4 หมายถึง ความเหมาะสมในระดับดี

ให้ 3 หมายถึง ความเหมาะสมในระดับค่อนข้างดี

ให้ 2 หมายถึง ความเหมาะสมในระดับพอใช้

ให้ 1 หมายถึง ความเหมาะสมในระดับต้องปรับปรุง

ข้อที่	รายการประเมิน	ความเหมาะสม					หมายเหตุ
		5	4	3	2	1	
1.	การบูรณาการวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี						
2.	การออกแบบตามหลักวิศวกรรม ตรงตามที่ระบุปัญหา รวบรวมข้อมูล ออกแบบ และวางแผนการดำเนินงานในการแก้ปัญหา						
3.	ความสำเร็จของงาน						
4.	ดึงดูดความสนใจ/แปลกใหม่						

ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม

.....

.....

.....

.....

.....

ลงชื่อ.....ผู้ประเมิน

(.....)

...../...../.....

เกณฑ์การประเมินชิ้นงานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา

หัวข้อการประเมิน	ระดับคะแนน			คะแนนเต็ม
	3	2	1	
การบูรณาการ วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี	มีการใช้หลักการ ทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และ เทคโนโลยี ในประเด็นที่ สำคัญกับการ พัฒนาชิ้นงาน และมีความเข้าใจ ที่ถูกต้อง พร้อมมี การพิจารณาใน รายละเอียด	การใช้หลักการ ทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และ เทคโนโลยี ในประเด็นที่สำคัญ ของการพัฒนา ชิ้นงาน แต่ยังมี ความเข้าใจที่ คลาดเคลื่อน	ไม่มีร่องรอย (ข้อความในใบงาน หรือ การบรรยาย) ของการใช้หลักการ ทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์และ เทคโนโลยีใน กระบวนการ ออกแบบทาง วิศวกรรม	3
การออกแบบตามหลัก วิศวกรรม ตรงตามทีระบุ ปัญหา รวบรวมข้อมูล ออกแบบ และวางแผน การดำเนินงานในการ แก้ปัญหา	มีการใช้แนวคิด กระบวนการ ออกแบบเชิง วิศวกรรม ตรง ตามทีระบุปัญหา รวบรวมข้อมูล ออกแบบ และ วางแผนการ ดำเนินงานในการ แก้ปัญหาโดย สามารถเลือก วิธีการและ ออกแบบในการ แก้ปัญหาได้ อย่างเหมาะสม นำไปใช้จริงได้	มีการใช้แนวคิด กระบวนการ ออกแบบเชิง วิศวกรรม ตรงตามที ระบุปัญหา รวบรวม ข้อมูล ออกแบบ และวางแผนการ ดำเนินงานในการ แก้ปัญหาโดย สามารถเลือกวิธีการ และออกแบบในการ แก้ปัญหาได้	ไม่มีการใช้แนวคิด กระบวนการ ออกแบบเชิง วิศวกรรม หรือ ไม่สามารถเลือก วิธีการและ ออกแบบในการ แก้ปัญหาได้	3

หัวข้อการประเมิน	ระดับคะแนน			คะแนนเต็ม
	3	2	1	
ความสำเร็จของงาน	สามารถทำงานสำเร็จเป็นไปตามเงื่อนไขและภายในเวลาที่กำหนด	สามารถทำงานสำเร็จแต่ไม่เป็นไปตามเงื่อนไขที่กำหนด	ไม่สามารถทำงานให้สำเร็จ	3
ดึงดูดความสนใจ/ แปลกใหม่	พัฒนาชิ้นงานด้วยความคิดที่แปลกใหม่โดยไม่ซ้ำกับกลุ่มอื่น มีการออกแบบชิ้นงานสวยงามใหญ่ ไม่ซ้ำกับชิ้นงานที่มีอยู่ในชีวิตประจำวัน	พัฒนาชิ้นงานซ้ำกับกลุ่มอื่น โดยมีการออกแบบชิ้นงานที่มีบางส่วนแปลกใหม่	พัฒนาชิ้นงานซ้ำกับกลุ่มอื่น มีการออกแบบชิ้นงานที่ซ้ำกับชิ้นงานที่พบเห็นในชีวิตประจำวัน	3



ใบกิจกรรมที่ 2

เรื่อง เมืองลับแลกับอุปกรณ์มหัศจรรย์

ชื่อกลุ่ม.....

สมาชิกภายในกลุ่ม

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

คำชี้แจง ให้นักเรียนอ่านสถานการณ์ต่อไปนี้ แล้วตอบคำถาม

“โรงเรียนแห่งหนึ่งได้พานักเรียนไปเข้าค่ายพักแรม ณ จังหวัดอุดรธานี ตลอดการเข้าค่าย วิทยากรได้กำชับให้นักเรียนออกนอกพื้นที่ของค่าย ด้วยความสนุกสนานจึงมีนักเรียนกลุ่มหนึ่งแอบออกนอกพื้นที่ทำให้พลัดหลงเข้าไปยังเมืองลับแลหาทางออกไม่เจอ แต่ยังโชคดีที่นักเรียนมีเงินติดตัว 500 บาท และในขณะนั้นเองนักเรียนได้เจอกระดาศปริศนา มีข้อความบอกว่า วิธีที่จะออกจากป่าในเมืองลับแลนี้ได้จะต้องปฏิบัติ ดังนี้

1. ให้เลือกวัสดุ/อุปกรณ์ 3 ชนิดที่มีปริมาณความร้อน รวมกันไม่เกิน 25,000 Cal
2. นำมาออกแบบเป็นเครื่องมือนำทางออกจากเมืองลับแล
3. คงทนแข็งแรง
4. ใช้วัสดุ/อุปกรณ์อย่างประหยัดและคุ้มค่าที่สุด”

ข้อมูลอุปกรณ์					
ที่	อุปกรณ์	มวล (กรัม)	ความร้อนจำเพาะของสาร (แคลอรี/กรัม องศาเซลเซียส)	ราคา	หมายเหตุ
1.	กระดาศลึง = เหล็ก	245	0.11	85	
2.	กระดาศสี = ทองแดง	175	0.09	120	
3.	กระดาศ A4 = ทอง	325	0.03	75	
4.	กระดาศแข็ง = เงิน	95	0.06	90	✓

ข้อมูลอุปกรณ์					
ที่	อุปกรณ์	มวล (กรัม)	ความร้อนจำเพาะของสาร (แคลอรี/กรัม องศา เซลเซียส)	ราคา	หมายเหตุ
5.	ดินน้ำมัน = กลีเซอรอล	30	0.58	250	
6.	ฟิวเจอร์บอร์ด = น้ำแข็ง	70	0.50	100	
7.	ลวด = อะลูมิเนียม	135	0.22	80	
8.	แก้วพลาสติก = แก้ว	195	0.20	150	✓
9.	แผ่นใส = น้ำ	50	1.00	130	
10.	ปากกาเคมี = เอทานอล	68	0.59	160	✓
กำหนดให้ อุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงไปเท่ากัน คือ 275 องศาเซลเซียส					

องค์ประกอบที่ 1 การเข้าใจความท้าทาย (Understand the challenges)

1. ปัญหาที่พบจากสถานการณ์

- นักเรียนไปเข้าค่ายพักแรมแล้วพลัดหลงเข้าไปยังเมืองลับแลหาทางออกไม่เจอ มีเงินติดตัว 500 บาท แล้วเจอกระดาดปริศนา มีข้อความบอกว่า วิธีที่จะออกจากป่าในเมืองลับแลนี้จะต้องปฏิบัติ ดังนี้
1. ให้เลือกวัสดุ/อุปกรณ์ 3 ชนิดที่มีปริมาณความร้อน รวมกันไม่เกิน 25,000 Cal
 2. นำมาออกแบบเป็นเครื่องมือนำทางออกจากเมืองลับแล
 3. คงทนแข็งแรง
 4. ใช้วัสดุ/อุปกรณ์อย่างประหยัดและคุ้มค่าที่สุด

2. ให้นักเรียนระบุ STEM ที่ใช้ในการแก้ปัญหาจากสถานการณ์ดังกล่าว

- พลังงานความร้อน
- ความร้อนจำเพาะของสาร
- สูตรการคำนวณหาปริมาณความร้อน

$$Q = mc\Delta t$$

- การสืบค้นข้อมูลจากอินเทอร์เน็ต
- อุปกรณ์ออกจากเมืองลับแล “แว่นสแกนพื้นที่”

- การออกแบบอุปกรณ์ออกจากเมืองลับแล “แว่นสแกนพื้นที่”

- การคำนวณหาปริมาณความร้อน

องค์ประกอบที่ 2 การสร้างแนวคิด (Generating idea)

3. ระบุวิธีในการแก้ปัญหาให้ได้มากที่สุด และเลือกมา 1 วิธีเพื่อใช้ในการแก้ปัญหาจากสถานการณ์ดังกล่าว

1. ทำรองเท้าที่สามารถเดินในเมืองลับแลได้ไม่เหนียว

2. ทำเข็มทิศที่สามารถดูเวลาดิจิทัลได้

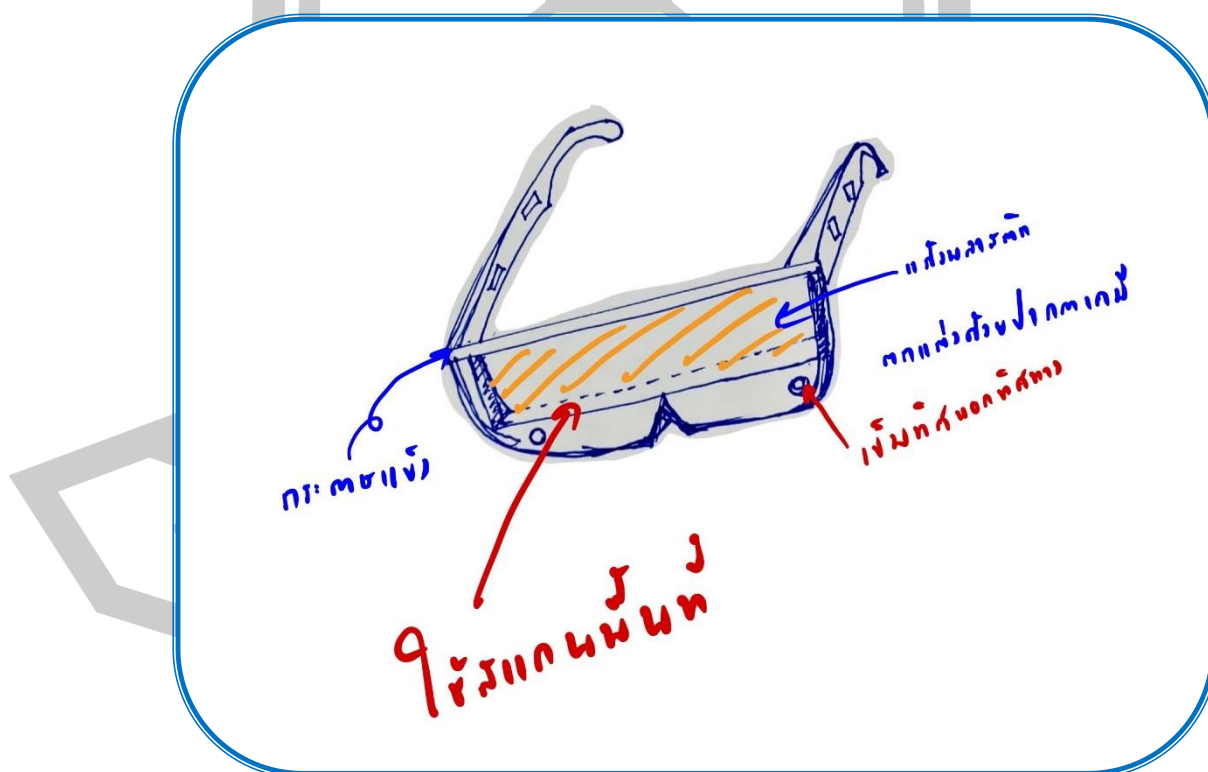
3. ทำไฟฉายที่สามารถบอกทิศทางได้

4. แวนตาสแกนพื้นที่และสามารถบอกทิศทางได้

เลือกวิธีที่ 4 แวนตาสแกนพื้นที่และสามารถบอกทิศทางได้ เนื่องจากในการเดินทางในเมืองลับแลเป็นพื้นที่ต่างจังหวัด นักเรียนไม่ชำนาญพื้นที่ และในการเดินทางออกจากเมืองลับแลควรมีเข็มทิศที่สามารถช่วยบอกทิศในการเดินทางออกจากเมืองลับแลได้

องค์ประกอบที่ 3 การเตรียมปฏิบัติการ (Preparing for action)

4. จากสถานการณ์ ให้นักเรียนออกแบบอุปกรณ์เก็บเครื่องวัดอุณหภูมิ วาดภาพ พร้อมเขียนคำอธิบายวิธีการในการออกแบบให้ชัดเจน



ชื่อชิ้นงาน..... แวนตาสแกนพื้นที่.....

วิธีการในการออกแบบ

1. ศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับวัสดุที่กำหนด

2. เลือกอุปกรณ์ 3 อย่าง ที่จะทำมาออกแบบและสร้างชิ้นงานให้ตรงตามเงื่อนไข ปริมาณความร้อนรวมกันไม่เกิน 25,000 Cal และคำนวณราคาอุปกรณ์ รวมกันไม่เกิน 500 บาท

3. ศึกษาการคำนวณหาปริมาณความร้อน จากสูตร $Q=mc\Delta t$

4. ออกแบบและสร้างชิ้นงานตามที่ได้ออกแบบ

5. หลักการและแนวคิดที่นำมาใช้ในการแก้ปัญหา (การแก้ไข/ปรับปรุง)

1. การสืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับสมบัติของวัสดุ เพื่อนำมาใช้ในการออกแบบและสร้างแผ่นสแกนพื้นที่

2. ศึกษาเกี่ยวกับพลังงานความร้อน คือ พลังงานที่สามารถเคลื่อนที่จากที่หนึ่งไปยังอีกที่หนึ่ง ซึ่งเกิดจากการสั่นหรือการเคลื่อนไหวของโมเลกุลภายในวัตถุ

3. ความร้อนจำเพาะของสาร คือ ปริมาณความร้อนที่พอดี ทำให้วัตถุมีมวล 1 กรัมมีอุณหภูมิเปลี่ยนแปลงไป 1 องศาเซลเซียส หน่วยวัดความร้อนจำเพาะ แคลอรีต่อกรัมต่อองศาเซลเซียส ($\text{cal/g}^{\circ}\text{C}$)

4. การคำนวณสูตรการหาปริมาณความร้อน $Q=mc\Delta t$

องค์ประกอบที่ 4 การวางแผนการปฏิบัติ (Planning your approach)

1) การประเมินงาน (Appraising tasks)

6. กำหนดแนวทางในการประเมินและประเมินผลการแก้ไขปัญหา

1. ตรวจสอบการออกแบบแผ่นสแกนพื้นที่ตรงตามเงื่อนไขทุกประการ

2. ถ้าไม่ตรงตามเงื่อนไข ควรปรับปรุงแผ่นสแกนพื้นที่ให้ตรงตามเงื่อนไขของสถานการณ์ปัญหาที่กำหนด

3. ตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูล เช่น ราคา การคำนวณหาปริมาณความร้อน เป็นต้น

2) การออกแบบกระบวนการ (Design process)

7. การนำไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวัน

1. สามารถนำอุปกรณ์ที่ออกแบบไปสร้างนวัตกรรม เพื่อใช้งานในชีวิตประจำวันได้

2. สามารถนำความรู้เรื่องการคำนวณหาปริมาณความร้อนไปใช้ในชีวิตประจำวันได้ เช่น การเปรียบเทียบเลือกซื้ออุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าได้

8. อธิบายการใช้เครื่องมือในการแก้ไขปัญหในแต่ละขั้นตอน

1. วัสดุที่ใช้ออกแบบและสร้างแผ่นสแกนพื้นที่มีความประหยัด เหมาะสม คงทนแข็งแรง

2. เลือกวัสดุ/อุปกรณ์ 3 ชนิดในการออกแบบและสร้างแผ่นสแกนพื้นที่ ราคารวมกัน ไม่เกิน 500 บาท มีปริมาณความร้อน รวมกันไม่เกิน 25,000 Cal

3. สร้างอุปกรณ์ตรงตามที่ได้ออกแบบ และตรงตามเงื่อนไขทุกประการ

เสริมความรู้

คำชี้แจง : ให้นักเรียนระบุวัสดุที่เลือก พร้อมแสดงวิธีการคำนวณหาปริมาณความร้อน เมื่อสสารได้รับหรือสูญเสียอุณหภูมิ

วัสดุที่เลือก

1. กระดาดแข็ง	ราคา	90 บาท
2. แก้วพลาสติก	ราคา	150 บาท
3. ปากกาเคมี	ราคา	160 บาท

รวมทั้งหมด 400 บาท ยอดเงินคงเหลือ $500 - 400 = 100$ บาท

การคำนวณหาปริมาณความร้อน

1. กระดาดแข็ง

วิธีทำ $Q = mc\Delta t$

$$Q = (95)(0.06)(275)$$

$$Q = 1,567.50 \text{ Cal}$$

2. แก้วพลาสติก

วิธีทำ $Q = mc\Delta t$

$$Q = (195)(0.20)(275)$$

$$Q = 10,725.00 \text{ Cal}$$

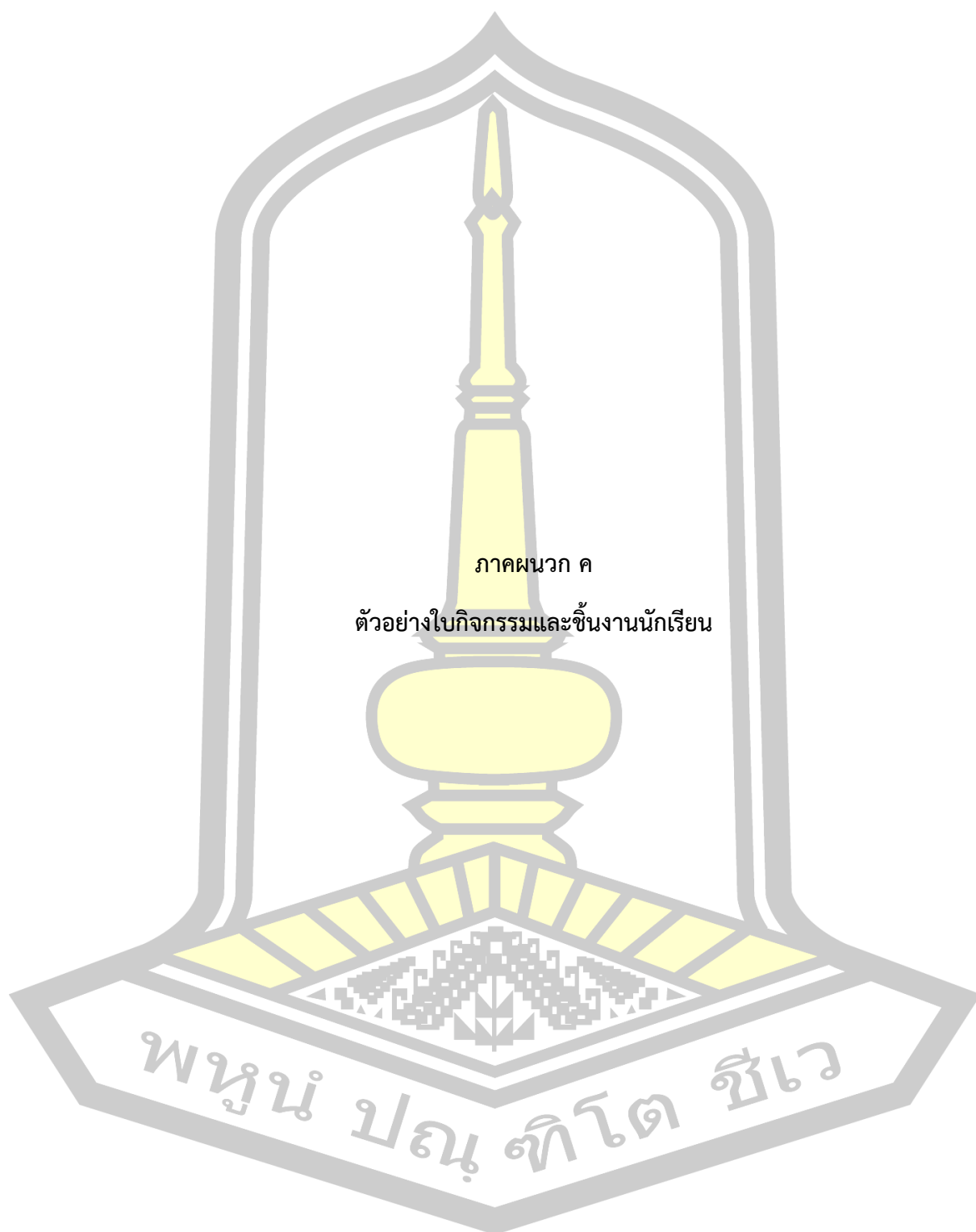
3. ปากกาเคมี

วิธีทำ $Q = mc\Delta t$

$$Q = (68)(0.59)(275)$$

$$Q = 11,033.00 \text{ Cal}$$

รวมทั้งหมด 23,325.50 แคลอรี



ใบกิจกรรมที่ 2
เรื่อง เมืองลับแลกับอุปกรณ์หัตถกรรม

ชื่อกลุ่ม..... 5

- สมาชิกภายในกลุ่ม
1. ชื่อ-สกุล. อ.ช เจตนิพัทธ์ มียะไพพร ชั้น ม.1/12 เลขที่ 5
 2. ชื่อ-สกุล. อ.ช เครินทร์ วาฬทลว ชั้น ม.1/12 เลขที่ 14
 3. ชื่อ-สกุล. อ.ท. วัชรินทร์ ห่มทลว ชั้น ม.1/12 เลขที่ 22
 4. ชื่อ-สกุล. อ.ท. พณณาภา แก่นกล้า ชั้น ม.1/12 เลขที่ 31
 5. ชื่อ-สกุล. อ.ท. วิรัตน์ ทวี เทียมวงษ์ ชั้น ม.1/12 เลขที่ 33
 6. ชื่อ-สกุล..... ชั้น..... เลขที่.....

คำชี้แจง ให้นักเรียนอ่านสถานการณ์ต่อไปนี้ แล้วตอบคำถาม

“โรงเรียนแห่งหนึ่งได้พานักเรียนไปเข้าค่ายพักแรม ณ จังหวัดอุดรธานี ตลอดการเข้าค่าย วิทยากรได้กำชับให้นักเรียนออกนอกพื้นที่ของค่าย ด้วยความซุกซนจึงมีนักเรียนกลุ่มหนึ่งแอบออกนอกพื้นที่ทำให้พลัดหลงเข้าไปยังเมืองลับแลหาทางออกไม่เจอ แต่ยังมีโชคดีนักเรียนมีเงินติดตัว 500 บาท และในขณะนั้นเองนักเรียนได้เจอกระดาศปริศนา มีข้อความบอกว่า วิธีที่จะออกจากป่าในเมืองลับแลนี้จะต้องปฏิบัติ ดังนี้

1. ให้เลือกวัสดุ/อุปกรณ์ 3 ชนิดที่มีปริมาณความร้อน รวมกันไม่เกิน 25,000 Cal
2. นำมาออกแบบเป็นเครื่องมือนำทางออกจากเมืองลับแล
3. คงทนแข็งแรง
4. ใช้วัสดุ/อุปกรณ์อย่างประหยัดและคุ้มค่าที่สุด”

ข้อมูลอุปกรณ์					
ที่	อุปกรณ์	มวล (กรัม)	ความร้อนจำเพาะของสาร (แคลอรี/กรัม องศาเซลเซียส)	ราคา	หมายเหตุ
1.	กระดาศลิ่ง = เหล็ก	245	0.11	85	
2.	กระดาศสี = ทองแดง	175	0.09	120	
3.	กระดาศ A4 = ทอง	325	0.03	75	
4.	กระดาศแข็ง = เงิน	95	0.06	90	

ข้อมูลอุปกรณ์					
ที่	อุปกรณ์	มวล (กรัม)	ความร้อนจำเพาะของสาร (แคลอรี/กรัม องศาเซลเซียส)	ราคา	หมายเหตุ
5.	ดินน้ำมัน = กลีเซอรอล	30	0.58	250	
6.	ฟิวเจอร์บอร์ด = น้ำแข็ง	70	0.50	100	
7.	ลวด = อะลูมิเนียม	135	0.22	80	
8.	แก้วพลาสติก = แก้ว	195	0.20	150	
9.	แผ่นใส = น้ำ	50	1.00	130	
10.	ปากกาเคมี = เอทานอล	68	0.59	160	
กำหนดให้ อุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงไปเท่ากัน คือ 275 องศาเซลเซียส					

องค์ประกอบที่ 1 การเข้าใจความท้าทาย (Understand the challenges)

1. ปัญหาที่พบจากสถานการณ์

นักเรียนพลศึกษาเข้าไปนั่งเครื่องเล่นสไลด์ทางลาดชันไม่แรง มีเงินติดตัว 500 บาท

คิดจากตามข้อปรีศนา

1. ใช้วัสดุ/อุปกรณ์ 3 ชนิดที่มีปริมาณความร้อนรวมกันไม่เกิน 25,000 Cal

2. ทำหลอดแบบใดก็ได้ที่มีด้ามจับยาวออกจากมือลงลิ้นเหล็ก

3. เครื่องเล่นปีนสูง

4. ใช้วัสดุ/อุปกรณ์อย่างประหยัดและคุ้มค่า

2. ให้นักเรียนระบุ STEM ที่ใช้ในการแก้ปัญหาจากสถานการณ์ดังกล่าว

- สัมผัสตัววัสดุ - การคำนวณหาปริมาณความร้อน $Q = mc\Delta t$	- การสั่นกันข้อมูล - การประดิษฐ์เครื่องเล่นน้ำทางออกจากมือลงลิ้นเหล็ก	- การออกแบบเครื่องเล่นน้ำทางออกจากมือลงลิ้นเหล็ก	- การคำนวณ
Science : S	Technology : T	Engineering : E	Mathematics : M

วิธีการในการออกแบบ

1. สืบค้นข้อมูลการสัณฐานวิทยาที่สัณฐานของเวลา ที่ศึกษาและสามารถคิดได้ในการสื่อสารทางในเวลากลางคืน

2. ออกแบบตามเงื่อนไขที่กำหนด

3. ประเมินค่าที่ได้ออกแบบ

5. หลักการและแนวคิดที่นำมาใช้ในการแก้ปัญหา (การแก้ไข/ปรับปรุง)

1. การคำนวณหาปริมาณความร้อน ใช้สูตร $Q = mc\Delta t$ และหาตัววัสดุ

2. สัมบัติของวัสดุ

3. การคำนวณหาปริมาณ การเปลี่ยนแปลง ที่ได้ ที่ต้องการของ ๒๒ สัณฐานวัน

องค์ประกอบที่ 4 การวางแผนการปฏิบัติ (Planning your approach)

1) การประเมินงาน (Appraising tasks)

6. กำหนดแนวทางในการประเมินและประเมินผลการแก้ไขปัญห

การออกแบบและการประดิษฐ์ตัวรถกัน และสร้างตามเงื่อนไข

2) การออกแบบกระบวนการ (Design process)

7. การนำไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวัน

สามารถนำประดิษฐ์หรือสร้างภาพที่สามารถบอกเวลา ที่ศึกษาและมีไฟส่องแสงไฟในเวลากลางคืน

8. อธิบายการใช้เครื่องมือในการแก้ปัญหาในแต่ละขั้นตอน

1. หน้าที่ของเวลา

2. หน้าที่ของทิศทาง

3. หน้าที่ของแสงและสีที่ใช้ในงานในเวลากลางคืน

4. หน้าที่ของวัสดุที่มีความทนทานที่เงื่อนไขที่กำหนด ปริมาณความร้อนไม่เกิน 25,000 cal

และมีความยาวไม่เกิน 5.00 มม.

เสริมความรู้

คำชี้แจง : ให้นักเรียนระบุวัสดุที่เลือก พร้อมแสดงวิธีการคำนวณหาปริมาณความร้อน เมื่อสสารได้รับ หรือสูญเสียอุณหภูมิ

วัสดุที่เลือก

1. กระดาษแข็ง ราคา 45 บาท

2. ดินน้ำมัน ราคา 250 บาท

3. ฟิวเจอร์บอร์ด ราคา 100 บาท

รวมค่าวัสดุ 495 บาท

เงินคงเหลือ $700 - 495 = 205$ บาท

การคำนวณหาปริมาณความร้อน

1. กระดาษแข็ง $Q = mc\Delta t$

$$Q = (245)(0.11)(275)$$

$$Q = 7,211.25 \text{ cal}$$

2. ดินน้ำมัน $Q = mc\Delta t$

$$Q = (30)(0.58)(275)$$

$$Q = 4,785 \text{ cal}$$

3. ฟิวเจอร์บอร์ด $Q = mc\Delta t$

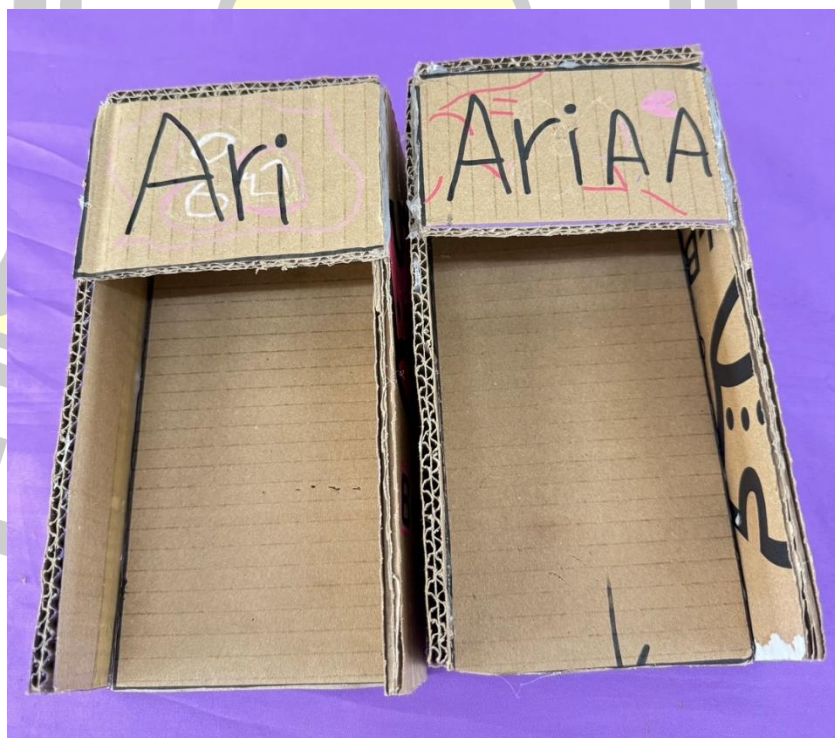
$$Q = (100)(0.50)(275)$$

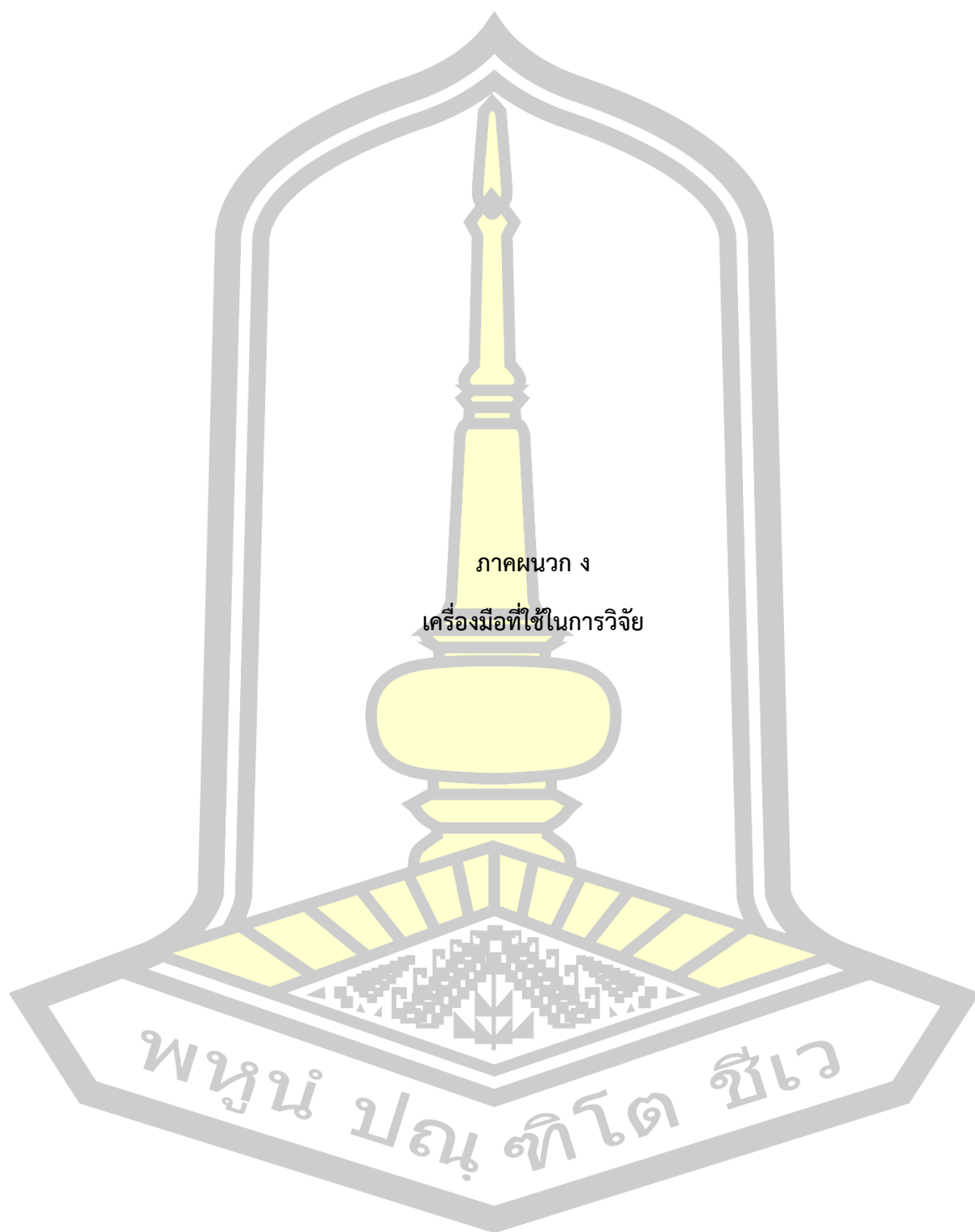
$$Q = 9,625 \text{ cal}$$

รวม 21,821.25 แคลอรี

พูน ปณ ทิโต ชีเว

ตัวอย่างชิ้นงาน





แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์

เรื่อง พลังงานความร้อน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1

คำชี้แจง

1. แบบทดสอบฉบับนี้ใช้ทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ มีทั้งหมด 20 ข้อ เวลา 60 นาที
2. คะแนนเต็ม 20 คะแนน
3. แบบทดสอบฉบับนี้เป็นแบบปรนัยชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก ให้นักเรียนเลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงคำตอบเดียว
4. เมื่อสอบเสร็จแล้ว ส่งกระดาษคำตอบ และแบบทดสอบคืนกรรมการคุมสอบ
5. ห้ามขีดเขียน หรือ ทำสัญลักษณ์ใด ๆ ลงในแบบทดสอบ



6. ข้อความใดกล่าวถูกต้องเมื่อสารได้รับปริมาณความร้อนที่เท่ากัน (*การประยุกต์ใช้*)

- ก. ทองจะมีอุณหภูมิเพิ่มขึ้นมากกว่าสารชนิดอื่น
- ข. แก้วจะมีอุณหภูมิขึ้นน้อยกว่าไอน้ำแต่มากกว่าทอง
- ค. เอทานอลจะมีอุณหภูมิเพิ่มขึ้นมากกว่าสารชนิดอื่น
- ง. ไอน้ำจะมีอุณหภูมิเพิ่มขึ้นมากกว่าแก้วแต่น้อยกว่าเอทานอล

7. ข้อใดต่อไปนี้เป็นเรื่องลำดับความสามารถในการรับความร้อนจากมากไปน้อยได้ถูกต้อง (*การวิเคราะห์*)

- ก. แก้ว ทอง เอทานอล ไอน้ำ
- ข. ทอง แก้ว ไอน้ำ เอทานอล
- ค. เอทานอล ไอน้ำ แก้ว ทอง
- ง. ไอน้ำ เอทานอล ทอง แก้ว

8. ปริมาณความร้อนที่น้ำมวล 200 กรัม(g) สูญเสียไป เมื่ออุณหภูมิลดลงจาก 60 องศาเซลเซียส($^{\circ}\text{C}$) เป็น 20 องศาเซลเซียส($^{\circ}\text{C}$) ตรงกับข้อใด (*ความร้อนจำเพาะของน้ำ มีค่า 1 แคลอรี/กรัม องศาเซลเซียส*) (*การวิเคราะห์*)

- ก. 7,500 Cal
- ข. 8,000 Cal
- ค. 8,500 Cal
- ง. 9,000 Cal

9. เมื่อนำลูกตุ้มเหล็กไปวางบนหัวเหล็กวงกลม ลูกตุ้มเหล็กจะลอดหัวเหล็กวงกลมได้ แต่เมื่อนำลูกตุ้มเหล็กไปเผาไฟให้ร้อนแล้วนำไปวางบนหัวเหล็กวงกลม ลูกตุ้มเหล็ก ไม่สามารถผ่านได้เป็นเพราะสาเหตุใด (*การวิเคราะห์*)

- ก. ความร้อน
- ข. ความหนาแน่น
- ค. ความดัน
- ง. ปริมาตร

10. เมื่อเทน้ำเดือดลงในภาชนะที่ทำจากแก้วหนา เหตุใดแก้วจึงแตกร้าว (*ความเข้าใจ*)

- ก. แรงดันของไอน้ำทำให้ภาชนะแตกร้าว
- ข. เกิดการหดตัวของภาชนะทั้งด้านในและด้านนอก
- ค. เกิดการขยายตัวของภาชนะทั้งด้านในและด้านนอก
- ง. ด้านในของภาชนะขยายตัวขณะที่ด้านนอกไม่เปลี่ยนแปลง

11. เหตุใดลูกปิงปองบู่เมื่อนำไปต้มในน้ำเดือดจึงกลับสู่สภาพเดิม (*ความเข้าใจ*)

- ก. การขยายตัวของของแข็ง
- ข. การขยายตัวของของเหลว
- ค. การขยายตัวของของแข็งและของเหลว
- ง. การขยายตัวของแก๊ส

12. ถ้ามีปลาแช่แข็งอยู่หนึ่งตัว ต้องการทำให้เนื้อปลาอ่อนนิ่มโดยเร็ว ควรปฏิบัติตามข้อใด (*การประยุกต์ใช้*)

- ก. นำมาแช่ในน้ำร้อน
- ข. นำมาเป่าด้วยพัดลม
- ค. นำมาวางไว้ที่อุณหภูมิห้อง
- ง. นำมาแช่ในน้ำที่มีอุณหภูมิต่ำ

13. เพราะเหตุใดขวดที่บรรจุของเหลว เช่น น้ำอัดลม จึงไม่บรรจุจนเต็มปากขวด (*การวิเคราะห์*)

- ก. ขวดจะขยายตัวในวันที่อากาศเย็น
- ข. ขวดจะขยายตัวในวันที่อากาศร้อน
- ค. ของเหลวจะขยายตัวในวันที่อากาศเย็น
- ง. ของเหลวจะขยายตัวในวันที่อากาศร้อน

14. ข้อใดแสดงลักษณะของสารได้ถูกต้อง (*ความเข้าใจ*)

- ก. แก้วจะเปลี่ยนรูปร่างเมื่อใส่น้ำลงไป
- ข. น้ำจะเปลี่ยนปริมาตรเมื่อเทจากแก้วใส่พลาสติก
- ค. หินจะมีรูปร่างเปลี่ยนไปเมื่อหยิบจากพื้นไม้สัก
- ง. อากาศจะเปลี่ยนรูปร่างเมื่อถูกปล่อยออกจากลูกโป่ง

15. เรานิยมติดตั้งเครื่องปรับอากาศไว้บนเพดานหรือส่วนบนของห้องเพราะเหตุใด (*การประยุกต์ใช้*)

- ก. เป็นการประหยัดพื้นที่ในการใช้สอย
- ข. สามารถระบายอากาศร้อนออกจากห้องได้เร็วขึ้น
- ค. ทำให้อากาศที่ออกมาจากเครื่องปรับอากาศเย็นมากขึ้น
- ง. เพื่อให้อากาศร้อนลอยตัวขึ้นและอากาศเย็นลอยต่ำลงมาแทนที่

16. ของแข็งชนิดใดมีลักษณะการเปลี่ยนสถานะต่างจากสารอื่น ๆ (*ความจำ*)

- ก. กำมะถัน
- ข. น้ำตาลกลูโคส
- ค. เทียนไข
- ง. น้ำแข็งแห้ง

17.



จากภาพเป็นการเปลี่ยนสถานะแบบใด (*ความเข้าใจ*)

- ก. การแข็งตัว
- ข. การระเหิด
- ค. การควบแน่น
- ง. การกลายเป็นไอ

18. ความร้อนที่ใช้ในการเปลี่ยนสถานะของสารเรียกว่า (*ความเข้าใจ*)

- ก. จุดหลอมเหลว
- ข. ความร้อนแฝงของการกลายเป็นไอ
- ค. ความร้อนแฝง
- ง. จุดเยือกแข็งของน้ำ

19. ข้อใดไม่ใช่ประโยชน์ในการนำหลักการเปลี่ยนสถานะของสารไปใช้ในชีวิตประจำวัน (*การประยุกต์ใช้*)

- ก. การทำเฟอร์นิเจอร์
- ข. การหล่อเทียนพรรษา
- ค. การผลิตน้ำแข็ง
- ง. การกลั่นน้ำมันปิโตรเลียม

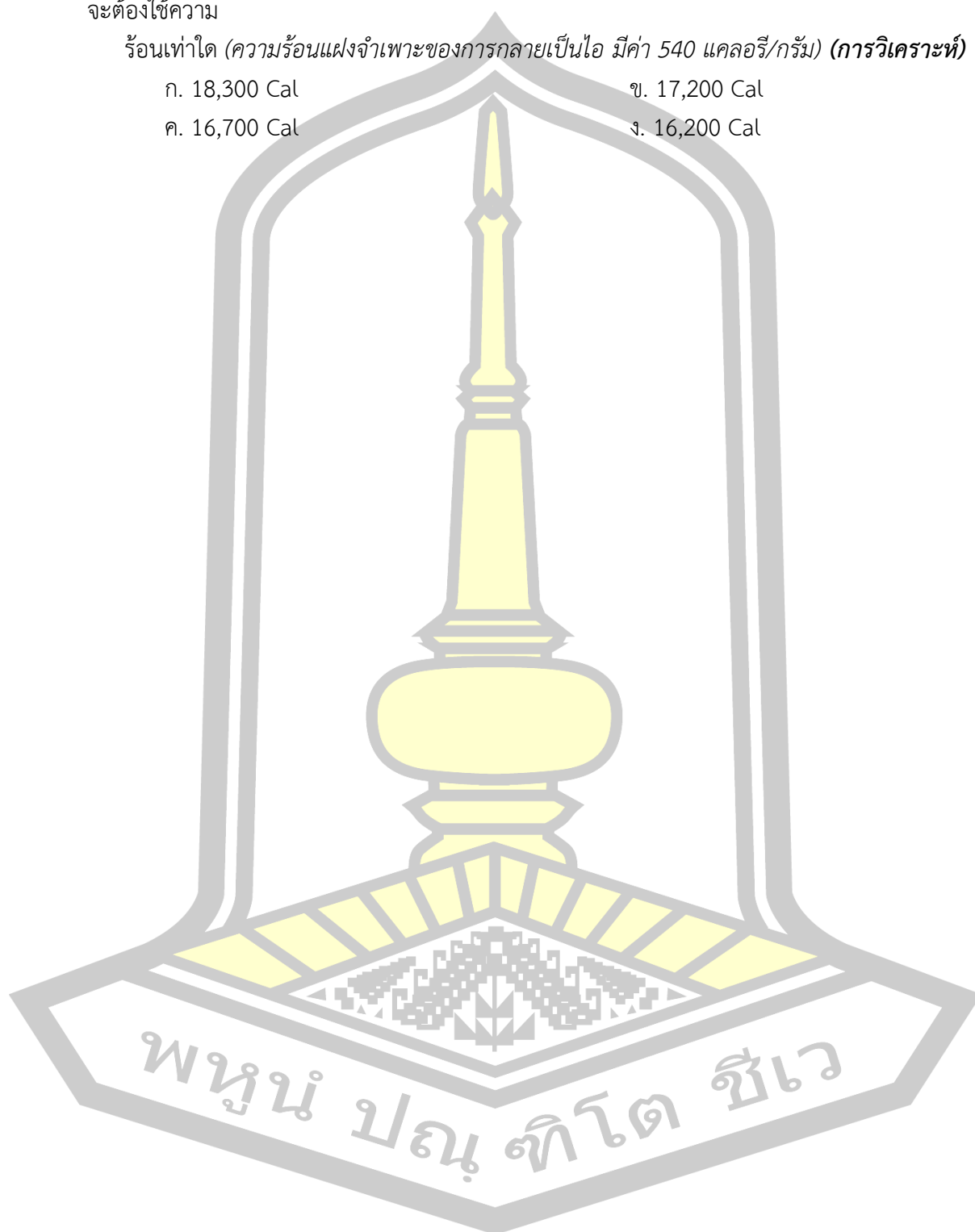
20. เมื่อต้องการให้น้ำมวล 30 กรัม(g) ที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส($^{\circ}\text{C}$) ระเหยจนหมดพอดี จะต้องใช้ความร้อนเท่าใด (ความร้อนแฝงจำเพาะของการกลายเป็นไอ มีค่า 540 แคลอรี/กรัม) (การวิเคราะห์)

ก. 18,300 Cal

ข. 17,200 Cal

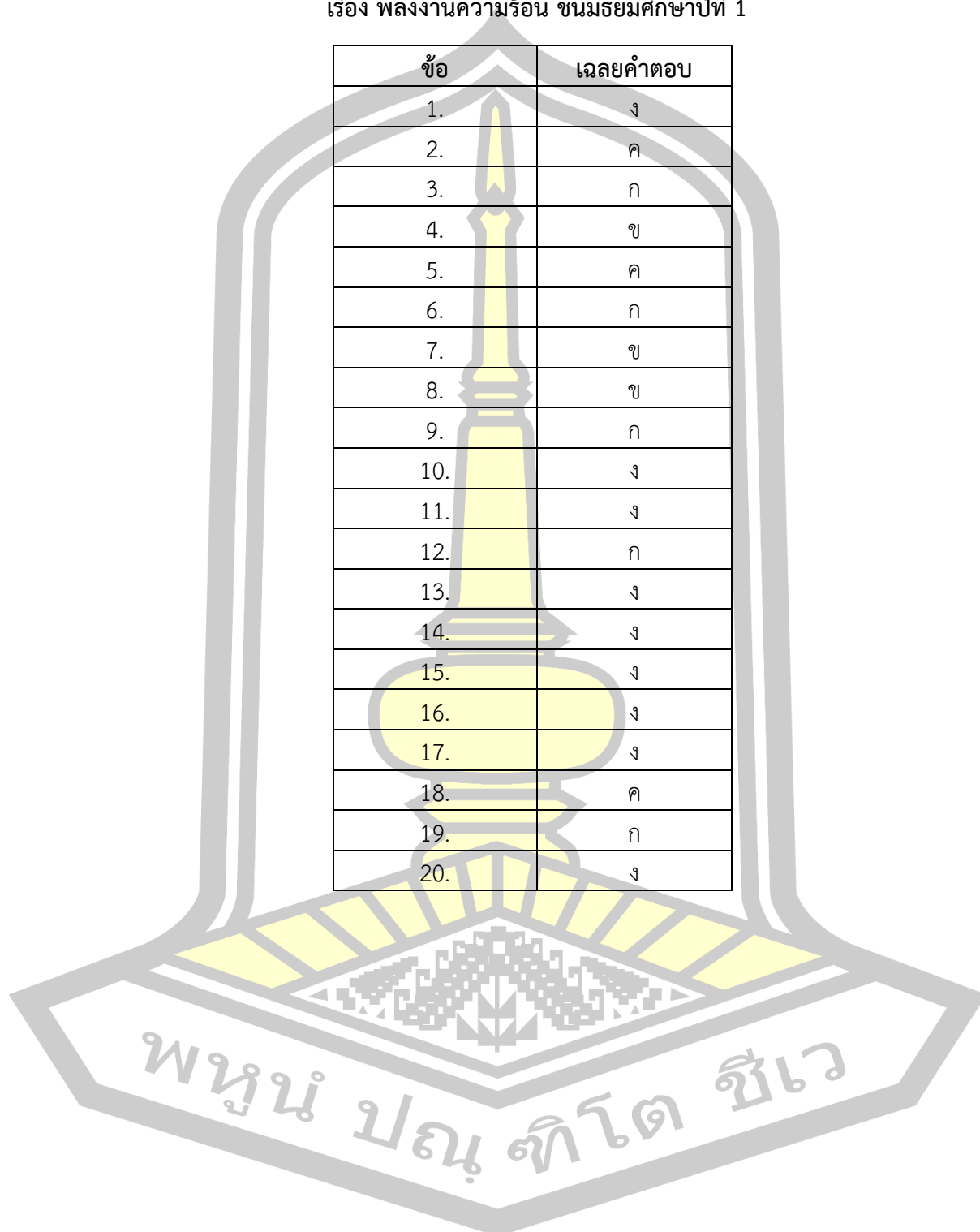
ค. 16,700 Cal

ง. 16,200 Cal



เฉลยแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์
เรื่อง พลังงานความร้อน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1

ข้อ	เฉลยคำตอบ
1.	ง
2.	ค
3.	ก
4.	ข
5.	ค
6.	ก
7.	ข
8.	ข
9.	ก
10.	ง
11.	ง
12.	ก
13.	ง
14.	ง
15.	ง
16.	ง
17.	ง
18.	ค
19.	ก
20.	ง



แบบทดสอบความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1

ชื่อ-สกุล ชั้น เลขที่

คำชี้แจง

1. แบบทดสอบความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ ชุดนี้ประกอบด้วยข้อสอบจำนวน 3 สถานการณ์ สถานการณ์ละ 4 องค์ประกอบหลัก 24 องค์ประกอบย่อย องค์ประกอบย่อยละ 3 คะแนน รวม 72 คะแนน
2. ใช้เวลาในการทำข้อสอบ 1 ชั่วโมง
3. ให้นักเรียนเขียนอย่างตั้งใจ ซึ่งนักเรียนจะได้คะแนนจากการตอบอย่างหลากหลาย ครอบคลุม มีเหตุผลเป็นแนวคิดของตนเอง เพราะคะแนนที่ได้เป็นตัวบอกระดับความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ของนักเรียนเป็นผลดีต่อการแก้ปัญหาในชีวิตประจำวันต่อไป
4. เขียนชื่อ-นามสกุล เลขที่ ห้องเรียน ให้เรียบร้อยในกระดาษคำตอบก่อนลงมือทำข้อสอบ



สถานการณ์ที่ 1

ภาวะเรือนกระจก (Greenhouse effect)

“ภาวะเรือนกระจก คือ ภาวะที่ชั้นบรรยากาศของโลกกระทำตัวเสมือนกระจกที่ยอมให้รังสีคลื่นสั้นผ่านลงมายังผิวโลกได้ แต่จะดูดกลืนรังสีคลื่นยาวช่วงอินฟราเรดที่แผ่ออกจากพื้นผิวโลกเอาไว้ จากนั้นก็จะคายพลังงานความร้อน ให้กระจายอยู่ภายในชั้นบรรยากาศและพื้นผิวโลก จึงเปรียบเสมือนกระจกที่ปกคลุมผิวโลกให้มีภาวะสมดุลทางอุณหภูมิ และเหมาะสมต่อสิ่งมีชีวิตบนผิวโลก แต่ในปัจจุบันมีก๊าซบางชนิดสะสมอยู่ในชั้นบรรยากาศมากเกินไปจนสมดุลซึ่งก๊าซเหล่านี้สามารถดูดกลืนรังสีคลื่นยาวช่วงอินฟราเรดและคายพลังงานความร้อนได้ดี พื้นผิวโลกและชั้นบรรยากาศ จึงมีอุณหภูมิสูงขึ้นส่งผลกระทบต่อสภาพภูมิอากาศของโลก และสิ่งมีชีวิตบนผิวโลกอย่างมากมาย

ก๊าซเรือนกระจกนอกจากจะส่งผลกระทบต่ออุณหภูมิของพื้นผิวโลกโดยตรงแล้ว มันยังส่งผลกระทบโดยทางอ้อมด้วย กล่าวคือมันจะทำปฏิกิริยาเคมีกับก๊าซอื่น ๆ และเกิดเป็นก๊าซเรือนกระจกชนิดใหม่ขึ้นมา หรือก๊าซเรือนกระจกบางชนิดอาจรวมตัวกับโอโซน ทำให้โอโซนในชั้นบรรยากาศลดน้อยลง ส่งผลให้รังสีคลื่นสั้นที่ส่องผ่านชั้นโอโซนลงมายังพื้นผิวโลกได้มากขึ้น รวมทั้งปล่อยให้รังสีที่ทำอันตรายต่อมนุษย์ และสิ่งมีชีวิตส่องผ่านลงมาทำอันตรายกับสิ่งมีชีวิตบนโลกได้ด้วย

ก๊าซเรือนกระจก

1. ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในชั้นบรรยากาศเกิดจากธรรมชาติ และเกิดจากฝีมือมนุษย์ เช่น การเผาไหม้เชื้อเพลิง เกิดจากโรงงานอุตสาหกรรมต่างๆ และการตัดไม้ทำลายป่าเพื่อใช้เป็นที่อยู่อาศัยหรือการเกษตรกรรม
2. ก๊าซมีเทน (CH_4) แหล่งกำเนิดของก๊าซมีเทนมีอยู่มากมายทั้งในธรรมชาติ และที่เกิดจากฝีมือมนุษย์ เช่น จากแหล่งนาข้าว จากการย่อยสลายซากสิ่งมีชีวิต จากการเผาไหม้เชื้อเพลิงประเภทถ่านหิน น้ำมัน และก๊าซธรรมชาติ
3. ก๊าซไนตรัสออกไซด์ (N_2O) แหล่งกำเนิดก๊าซไนตรัสออกไซด์คืออุตสาหกรรมที่ใช้กรดไนตริกในขบวนการผลิต ตัวอย่างเช่น อุตสาหกรรมผลิตเส้นใยไนลอน อุตสาหกรรมเคมี หรืออุตสาหกรรมพลาสติกบางชนิด เป็นต้น
4. ก๊าซที่มีสารประกอบคลอโรฟลูออโรคาร์บอน (CFCs) ก๊าซที่มีสารประกอบพวกคลอโรฟลูออโรคาร์บอนมีแหล่งกำเนิดจากโรงงานอุตสาหกรรม และอุปกรณ์เครื่องใช้ในชีวิตประจำวันต่าง ๆ ”

แหล่งข้อมูล : <https://shorturl.asia/lrc24>

องค์ประกอบที่ 1 การเข้าใจความท้าทาย (Understand the challenges)

1. จากสถานการณ์ อะไรเป็นสาเหตุของปัญหา และกำหนดขอบเขตของปัญหาให้ชัดเจน

2. จากสถานการณ์มีข้อมูลอะไรบ้างที่นำไปสู่การแก้ปัญหา

องค์ประกอบที่ 2 การสร้างแนวคิด (Generating idea)

1. นักเรียนจะมีแนวทางในการแก้ปัญหา โดยสร้างทางเลือกหรือมีวิธีการแก้ปัญหาที่แปลกใหม่หลากหลายอย่างไรบ้าง จากนั้นเลือกใช้แนวทางในการแก้ปัญหาใดที่เหมาะสมที่สุด พร้อมแสดงเหตุผล

พหุบัน ปณ จิตโต ชีเว

องค์ประกอบที่ 3 การเตรียมปฏิบัติการ (Preparing for action)

1. ให้นักเรียนออกแบบและวางแผนการแก้ปัญหาที่เลือกอย่างเป็นลำดับขั้นตอน

2. ให้นักเรียนสรุปหลักการ แนวคิด ที่นำมาใช้ในการแก้ปัญหา

องค์ประกอบที่ 4 การวางแผนการปฏิบัติ (Planning your approach)

- 1) การประเมินงาน (Appraising tasks)

1. ให้นักเรียนกำหนดแนวทางในการประเมินและประเมินผลการแก้ไขปัญหอย่างเหมาะสม

สถานการณ์ที่ 2

ฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 2.5 ไมครอน (PM 2.5) ในอาคารและสถานศึกษา

“มลพิษทางอากาศนับเป็นปัญหาสิ่งแวดล้อมอันดับต้น ๆ ของประเทศ โดยเฉพาะปัญหาฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 2.5 ไมครอน (PM2.5) ที่ส่งผลกระทบต่อสุขภาพโดยเฉพาะผลกระทบต่อระบบทางเดินหายใจส่วนล่าง ปอดและถุงลมปอด ซึ่งเป็นอวัยวะในการแลกเปลี่ยนก๊าซออกซิเจนและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในกระแสเลือด ซึ่งการรับสัมผัส PM2.5 ในระยะยาวอาจนำไปสู่สาเหตุการเกิดมะเร็งปอดได้ นอกจากนี้ ยังส่งผลกระทบต่อสภาพความเป็นอยู่และรูปแบบการใช้ชีวิตของประชาชนผู้รับสัมผัสอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ ขณะเดียวกัน ข้อมูลของสำนักอนามัยสิ่งแวดล้อม กรมอนามัย อ้างอิงข้อมูลจากองค์การอนามัยโลก (2549) ยังได้รายงานระดับอันตรายของฝุ่นละอองขนาดเล็กที่มีขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน และ 10 ไมครอน (PM10) ที่ส่งผลต่อการเพิ่มอัตราการเสียชีวิตในระยะสั้นลง 1.2 – 5.0% โดยประมาณ

ปัญหาฝุ่นละออง PM2.5 มิใช่เพียงเป็นปัญหาสิ่งแวดล้อมที่พบในพื้นที่กลางแจ้งภายนอกอาคารเท่านั้น หากแต่พื้นที่ในอาคารยังตรวจพบฝุ่นละออง PM2.5 จากการถ่ายเทของอากาศจากภายนอกเข้ามาสู่ภายในอาคารผ่านช่องประตู หน้าต่าง หรือการเปิดเข้า-ออกของประตู ทั้งนี้จากการศึกษาของ Ji และ Zhao (2015) พบความสัมพันธ์โดยตรงระหว่างความเข้มข้นของ PM2.5 ภายนอกและภายในอาคาร กล่าวคือ หากสภาพแวดล้อมของภายนอกอาคารนั้น ๆ มีค่าความเข้มข้นของ PM2.5 สูงจะส่งผลให้ระดับ PM2.5 ที่ตรวจพบในพื้นที่อาคารมีค่าสูงไปด้วย และส่งผลกระทบต่อผู้อาศัย หรือบุคลากรที่ทำงานหรือใช้ชีวิตประจำวันอยู่ในพื้นที่อาคารดังกล่าว บุคคลเหล่านี้จึงเป็นกลุ่มเสี่ยงที่อาจได้รับผลกระทบจาก PM2.5 อย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้

สำหรับปัญหาฝุ่นละออง PM2.5 ในพื้นที่อาคารของสถานศึกษาเป็นประเด็นที่เริ่มได้รับความสนใจในการศึกษาวิจัย อาทิ Rovelli และคณะ (2014) ได้วิจัยเกี่ยวกับคุณภาพอากาศภายในห้องเรียน พบอนุภาค PM2.5 ขนาดเล็กภายในห้องเรียนที่มีความสัมพันธ์กับการปนเปื้อนของ PM2.5 ภายนอกอาคาร ส่งผลให้นักศึกษาและบุคลากรในสถานศึกษาเป็นกลุ่มคนที่ได้รับผลกระทบจาก PM2.5 เนื่องจากต้องใช้เวลาในสถานศึกษาทั้งภายนอกอาคารและภายในอาคารประมาณ 8 ชั่วโมงต่อวัน นักศึกษาของสถาบันศึกษาของประเทศไทยโดยปกติแล้วต้องมีการเปลี่ยนห้องเรียน เปลี่ยนอาคารเรียนในการเรียนแต่ละสาขาวิชาของตน การเดินทางระหว่างการเปลี่ยนชั้นเรียนระหว่างอาคารจึงเป็นเรื่องที่เลี่ยงไม่ได้ ยิ่งไปกว่านั้น บุคลากรในสถานศึกษา เช่น อาจารย์ เจ้าหน้าที่ธุรการ งานเอกสารต่าง ๆ ที่ต้องใช้ชีวิตอยู่ในห้องทำงาน หากห้องทำงานไม่มีประสิทธิภาพในการควบคุม PM2.5 เท่ากับว่าบุคลากรทางการศึกษาเหล่านี้ได้มีความเสี่ยงต่อการรับสัมผัส PM2.5 ”

แหล่งข้อมูล : <https://shorturl.asia/T5DvK>

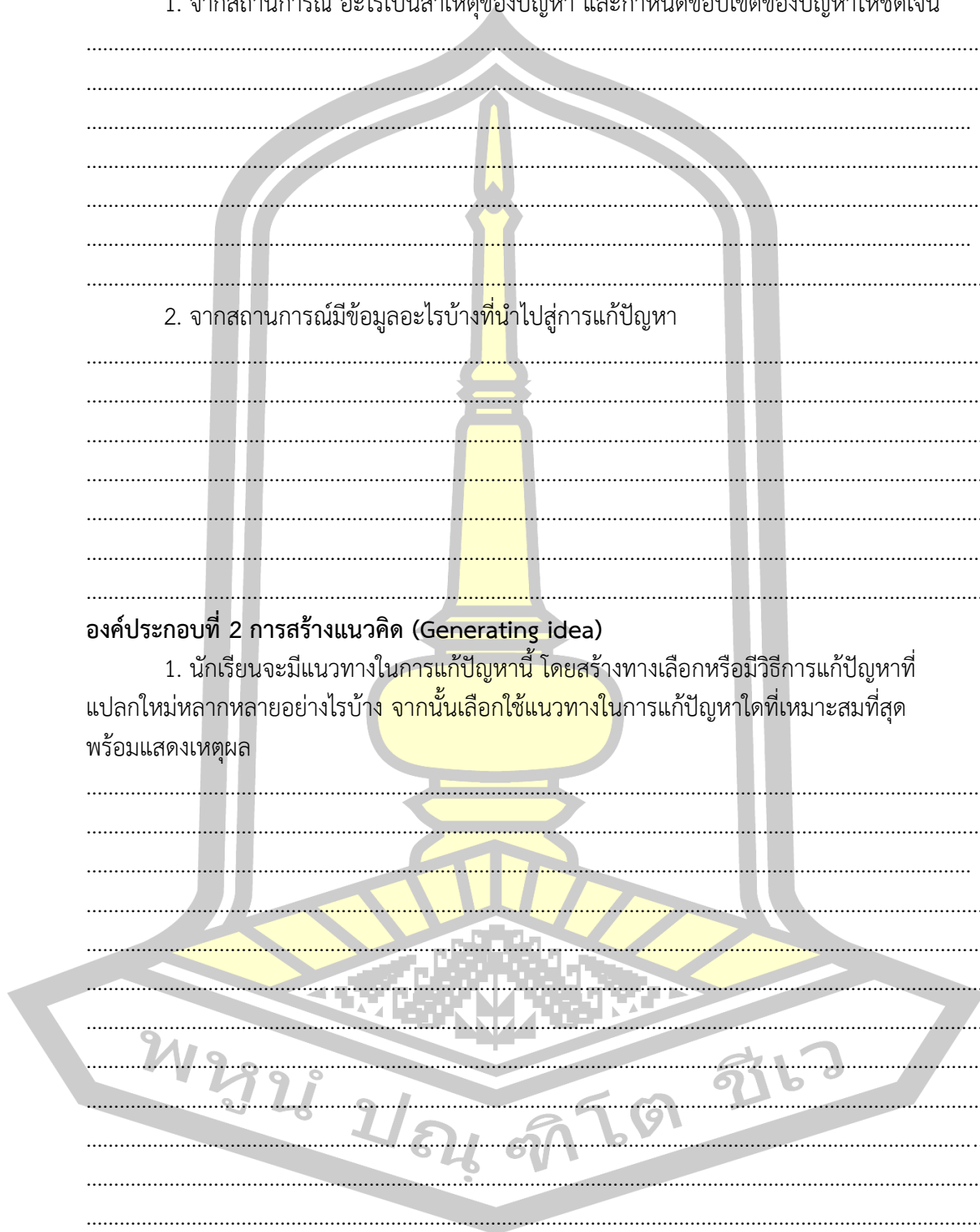
องค์ประกอบที่ 1 การเข้าใจความท้าทาย (Understand the challenges)

1. จากสถานการณ์ อะไรเป็นสาเหตุของปัญหา และกำหนดขอบเขตของปัญหาให้ชัดเจน

2. จากสถานการณ์มีข้อมูลอะไรบ้างที่นำไปสู่การแก้ปัญหา

องค์ประกอบที่ 2 การสร้างแนวคิด (Generating idea)

1. นักเรียนจะมีแนวทางในการแก้ปัญหา โดยสร้างทางเลือกหรือมีวิธีการแก้ปัญหาที่แปลกใหม่หลากหลายอย่างไรบ้าง จากนั้นเลือกใช้แนวทางในการแก้ปัญหาใดที่เหมาะสมที่สุด พร้อมแสดงเหตุผล



องค์ประกอบที่ 3 การเตรียมปฏิบัติการ (Preparing for action)

1. ให้นักเรียนออกแบบและวางแผนการแก้ปัญหาที่เลือกอย่างเป็นลำดับขั้นตอน

2. ให้นักเรียนสรุปหลักการ แนวคิด ที่นำมาใช้ในการแก้ปัญหา

องค์ประกอบที่ 4 การวางแผนการปฏิบัติ (Planning your approach)

- 1) การประเมินงาน (Appraising tasks)

1. ให้นักเรียนกำหนดแนวทางในการประเมินและประเมินผลการแก้ไขปัญหอย่างเหมาะสม

พจนานุกรมศัพท์โตชีวะ

2) การออกแบบกระบวนการ (Design process)

1. นักเรียนสามารถนำไปใช้ในการแก้ปัญหาในสถานการณ์อื่นอย่างไร (ยกตัวอย่างวิธีการแก้ปัญหา)



2. นักเรียนอธิบายการใช้เครื่องมือในการแก้ไขปัญหาในแต่ละขั้นตอนได้อย่างเหมาะสม สอดคล้องกับสถานการณ์ปัญหาที่แท้จริง



พูน ปณ จิโต ชีเว

สถานการณ์ที่ 3

บุหรี่ไฟฟ้า (ELECTRIC CIGARETTE)

“บุหรี่ไฟฟ้าเป็นอุปกรณ์สูบบุหรี่ชนิดหนึ่ง ซึ่งใช้กลไกไฟฟ้าทำให้เกิดความร้อนและไอน้ำที่ประกอบไปด้วยสารเคมีต่าง ๆ โดยไม่มีควันจากกระบวนการเผาไหม้เหมือนบุหรี่ปกติทั่วไป ประกอบด้วยส่วนประกอบหลัก 3 ส่วน คือ แบตเตอรี่ ตัวทำให้เกิดไอและความร้อน (Atomizer) และ น้ำยา ถ้ากล่าวถึงเฉพาะส่วนของน้ำยาที่จะถูกทำให้เป็นไอและเข้าสู่ร่างกายของผู้สูบ จะประกอบด้วยสารประกอบหลัก ๆ คือ

1. นิโคติน
2. โพรโพลีนไกลคอล
3. กลีเซอริน เป็นสารเพิ่มความชื้นที่จะผสมผสานกับสารโพรโพลีนไกลคอล
4. สารแต่งกลิ่นและรส เป็นสารเคมีที่ใช้กับอาหารทั่ว ๆ ไป

สารเคมีชนิดต่าง ๆ ที่พบในน้ำยาสามารถก่อให้เกิดอันตรายต่อร่างกายได้ เช่น

1. นิโคติน เมื่อเข้าสู่ร่างกายจะไปกระตุ้นระบบประสาทส่วนกลาง เพิ่มความดันโลหิต เพิ่มอัตราการเต้นของหัวใจและการหายใจ เพิ่มความเสี่ยงของการเกิดมะเร็งปอด โรคเกี่ยวกับทางเดินหายใจ มะเร็งช่องปาก หลอดอาหาร และตับอ่อน นอกจากนี้นิโคตินยังกระตุ้นให้มีการหลั่งฮอร์โมนคอร์ติซอลเพิ่มขึ้น ซึ่งสารนี้ทำให้น้ำตาลในเลือดเพิ่มขึ้น เป็นสาเหตุของการเป็นโรคเบาหวาน นิโคตินกระตุ้นให้จำนวนเซลล์ผนังหลอดเลือดเพิ่มขึ้น ทำให้เส้นเลือดตีบ เพิ่มความเสี่ยงโรคหัวใจ และหลอดเลือดสมอง สำหรับหญิงตั้งครรภ์นิโคตินส่งผลต่อการพัฒนาของสมองทารกในครรภ์ การได้รับสารนิโคตินในระดับที่สูง (60 mg. ในผู้ใหญ่ และ 6 mg ในเด็กเล็ก) เสี่ยงต่อการเสียชีวิต
2. โพรโพลีนไกลคอล และสาร Glycerol/Glycerin เมื่อสัมผัสหรือสูดดมเข้าไปอาจทำให้เกิดการระคายเคืองที่ผิวหนัง ดวงตา และปอดได้ โดยเฉพาะในผู้ที่เป็โรคปอดเรื้อรัง โรคหอบหืด และโรคถุงลมโป่งพอง

นอกจากนี้ยังพบสารประกอบอีกมากมายในไอของบุหรี่ไฟฟ้าที่มีข้อมูลว่าเป็นอันตรายต่อร่างกาย เช่น โลหะหนัก สารหนู สารกลุ่ม Formaldehyde และกลุ่ม Benzene เป็นต้น จากการวิจัยยังพบว่า การสูบบุหรี่ไฟฟ้าเพิ่มความเสี่ยงในการเกิดโรคต่าง ๆ เพิ่มขึ้น เช่น โรคหัวใจ ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของ DNA ในเซลล์ปอด หัวใจ และกระเพาะปัสสาวะ ซึ่งเพิ่มความเสี่ยงในการเกิดมะเร็ง

ขณะนี้บุหรี่ไฟฟ้าถือเป็นสินค้าต้องห้าม บุคคลที่มีบุหรี่ยไฟฟ้าไว้ในครอบครอง ถือว่ามีความผิดทั้งผู้นำเข้า ผู้ขาย และผู้ใช้ เมื่อเจ้าหน้าที่พบเห็นความผิดซึ่งหน้าสามารถเข้าจับกุมได้ กรณีเป็นผู้นำเข้ามีโทษจำคุกไม่เกิน 10 ปี หรือปรับเป็นเงิน 5 เท่าของสินค้าที่นำเข้า หรือทั้งจำทั้งปรับ กรณีจำหน่ายจำคุกไม่เกิน 5 ปี หรือปรับไม่เกิน 5 แสนบาท หรือทั้งจำทั้งปรับ ส่วนกรณีผู้สูบหรือมีบุหรี่ยไฟฟ้าไว้ในครอบครอง ถือว่ามีความผิดในฐานะครอบครองสิ่งที้นำเข้ามาโดยผิดกฎหมาย ต้องระวางโทษจำคุกไม่เกิน 5 ปี หรือปรับเป็นเงิน 4 เท่าราคาของซึ่งรวมค่าอากรเข้าด้วยแล้ว หรือทั้งจำทั้งปรับ”

องค์ประกอบที่ 1 การเข้าใจความท้าทาย (Understand the challenges)

1. จากสถานการณ์ อะไรเป็นสาเหตุของปัญหา และกำหนดขอบเขตของปัญหาให้ชัดเจน

2. จากสถานการณ์มีข้อมูลอะไรบ้างที่นำไปสู่การแก้ปัญหา

องค์ประกอบที่ 2 การสร้างแนวคิด (Generating idea)

1. นักเรียนจะมีแนวทางในการแก้ปัญหา โดยสร้างทางเลือกหรือมีวิธีการแก้ปัญหาที่แปลกใหม่หลากหลายอย่างไรบ้าง จากนั้นเลือกใช้แนวทางในการแก้ปัญหาใดที่เหมาะสมที่สุด พร้อมแสดงเหตุผล

พูน บณฺ์ จิตโต ชีเว

องค์ประกอบที่ 3 การเตรียมปฏิบัติการ (Preparing for action)

1. ให้นักเรียนออกแบบและวางแผนการแก้ปัญหาที่เลือกอย่างเป็นลำดับขั้นตอน

2. ให้นักเรียนสรุปหลักการ แนวคิด ที่นำมาใช้ในการแก้ปัญหา

องค์ประกอบที่ 4 การวางแผนการปฏิบัติ (Planning your approach)

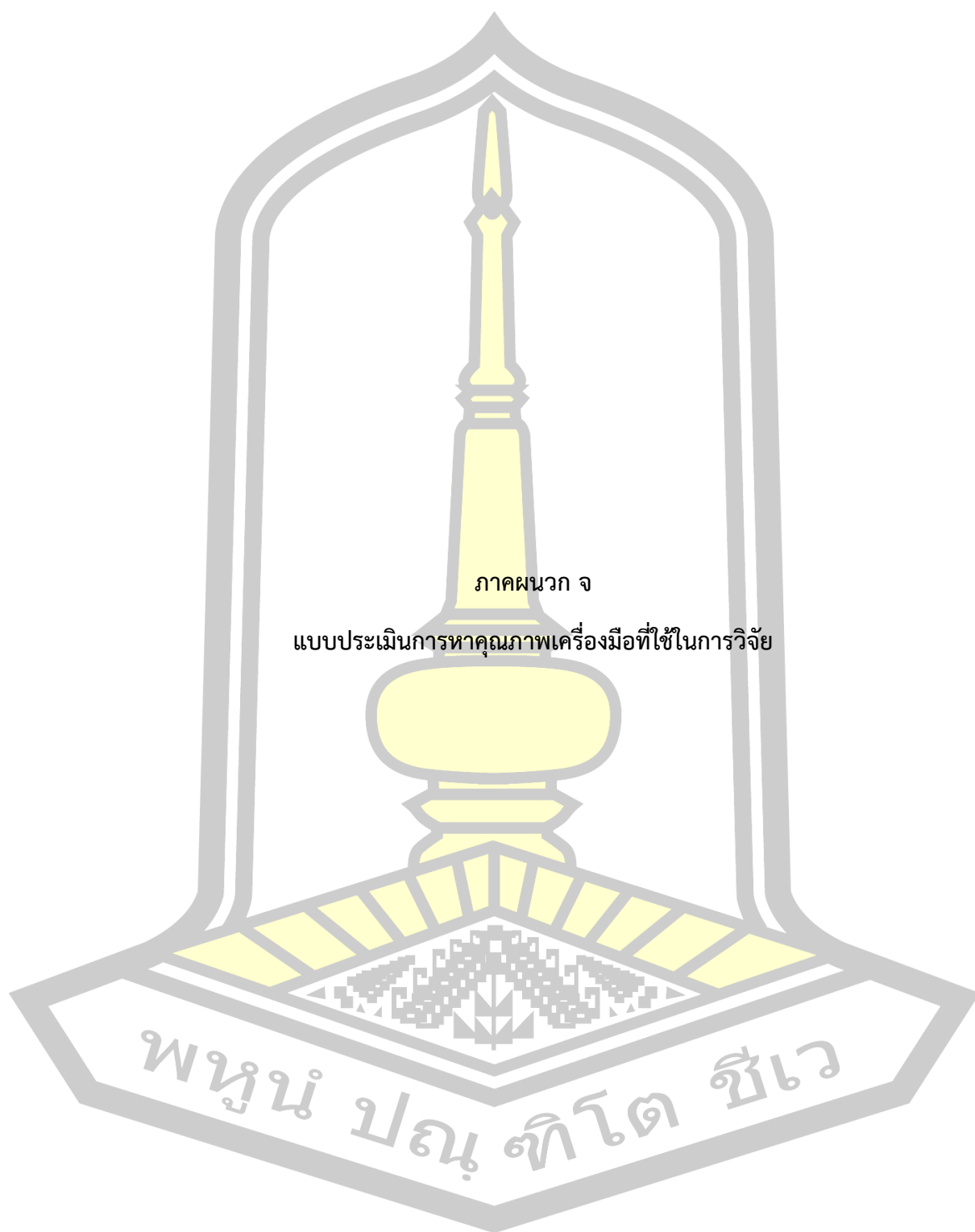
- 1) การประเมินงาน (Appraising tasks)

1. ให้นักเรียนกำหนดแนวทางในการประเมินและประเมินผลการแก้ไขปัญหอย่างเหมาะสม

เกณฑ์การประเมินความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ตามพฤติกรรมตัวชี้วัด

ประเด็นการประเมิน	เกณฑ์การประเมิน		
	3 คะแนน	2 คะแนน	1 คะแนน
องค์ประกอบที่ 1 การเข้าใจความท้าทาย (Understand the challenges)			
1. ระบุปัญหาจากสถานการณ์ที่กำหนด	ระบุประเด็นปัญหาในการแก้ไขปัญหามีหลากหลายและถูกต้องทุกประเด็น	ระบุประเด็นปัญหาในการแก้ไขปัญหามีหลากหลาย หรือถูกต้องบางประเด็น	ระบุประเด็นไม่ถูกต้องหรือไม่ระบุ
2. ระบุข้อมูลที่เกี่ยวข้องในการแก้ไขปัญห	ระบุข้อมูลที่เกี่ยวข้องได้อย่างครอบคลุมและมีแนวทางในการแก้ไขปัญหามีหลากหลายทางเลือกได้ถูกต้องครบถ้วน	ระบุข้อมูลที่เกี่ยวข้องยังไม่ครอบคลุมและมีแนวทางในการแก้ไขปัญหามีถูกต้องแต่ยังไม่หลากหลายและยังไม่ครบถ้วน	ระบุข้อมูลไม่ถูกต้องหรือไม่ระบุข้อมูล
องค์ประกอบที่ 2 การสร้างแนวคิด (Generating idea)			
1. นักเรียนสามารถระบุวิธีการในการแก้ไขปัญหามีหลากหลายจากแหล่งข้อมูลที่มีความหลากหลายและเลือกแนวทางที่มีความเหมาะสม สมเหตุสมผล และเป็นไปได้	บอกแนวทางในการแก้ไขปัญหามีตั้งแต่ 3 แนวทางขึ้นไป และเลือกวิธีการแก้ไขปัญหามีเหมาะสม มีเหตุผล ชัดเจนและมีความเป็นไปได้	บอกแนวทางในการแก้ไขปัญหามี 2 แนวทาง และเลือกวิธีการแก้ไขปัญหามีไม่เหมาะสม	บอกแนวทางในการแก้ไขปัญหามีเพียง 1 แนวทาง หรือ ไม่บอกแนวทางในการแก้ไขปัญห
องค์ประกอบที่ 3 การเตรียมปฏิบัติการ (Preparing for action)			
1. นักเรียนสามารถออกแบบและวางแผนการแก้ปัญหาที่เลือกอย่างเป็นลำดับขั้นตอน	วางแผนและกำหนดขั้นตอนในการแก้ไขปัญห โดยแสดงรายละเอียดในการ แก้ไขปัญหาได้อย่างชัดเจน	วางแผนและกำหนดขั้นตอนในการแก้ไขปัญห โดยแสดงรายละเอียดในการ แก้ไขปัญหามีได้ยังไม่ชัดเจน	วางแผนกำหนดขั้นตอนในการแก้ไขปัญหามีได้ยังไม่เป็นลำดับขั้นตอนหรือไม่ สามารถวางแผน กำหนดขั้นตอนในการ แก้ไขปัญหได้

ประเด็นการประเมิน	เกณฑ์การประเมิน		
	3 คะแนน	2 คะแนน	1 คะแนน
2. นักเรียนสรุปหลักการและแนวคิดที่นำมาใช้ในการแก้ปัญหา	สรุปหลักการและแนวคิดที่นำมาใช้ในการแก้ไขปัญหามีได้ถูกต้อง ชัดเจน และครบถ้วน	สรุปหลักการและแนวคิดที่นำมาใช้ในการแก้ไขปัญหามีได้ถูกต้องบางประเด็น แต่ยังไม่ครบถ้วน	สรุปหลักการและแนวคิดยังไม่ถูกต้องหรือไม่สรุป
องค์ประกอบที่ 4 การวางแผนการปฏิบัติ (Planning your approach)			
1) การประเมินงาน (Appraising tasks)			
1. นักเรียนกำหนดแนวทางในการประเมินและประเมินผลการแก้ไขปัญหามีได้อย่างเหมาะสม	อธิบายผลการดำเนินงานในการแก้ไขปัญหามีละเอียดถูกต้องสมบูรณ์ และมีข้อเสนอแนะเพิ่มเติมในการดำเนินงาน	อธิบายผลการดำเนินงานในการแก้ไขปัญหามีได้ละเอียดถูกต้องสมบูรณ์ แต่ไม่มีข้อเสนอแนะเพิ่มเติมในการดำเนินงาน	อธิบายผลการดำเนินงานในการแก้ไขปัญหามีได้ยังไม่ละเอียดครบถ้วน ไม่มีข้อเสนอแนะเพิ่มเติมในการดำเนินงาน
2) การออกแบบกระบวนการ (Design process)			
1. การนำไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวัน	ระบุการนำไปใช้ในการแก้ไขปัญหามีในสถานการณ์อื่น ๆ ในชีวิตประจำวันได้ถูกต้อง และมากกว่า 3 ตัวอย่าง	ระบุการนำไปใช้ในการแก้ไขปัญหามีในสถานการณ์อื่น ๆ ในชีวิตประจำวันได้ถูกต้อง 2 ตัวอย่าง	ระบุการนำไปใช้ในการแก้ไขปัญหามีในสถานการณ์อื่น ๆ ในชีวิตประจำวันได้ถูกต้อง 1 ตัวอย่าง หรือไม่สามารถระบุสถานการณ์ที่จะนำไปใช้ได้
2. นักเรียนสามารถใช้เครื่องมือในการแก้ไขปัญหามีในแต่ละขั้นตอนได้อย่างเหมาะสมสอดคล้องกับสถานการณ์ปัญหาที่แท้จริง	อธิบายการใช้เครื่องมือในการแก้ไขปัญหามีในแต่ละขั้นตอนได้อย่างเหมาะสมสอดคล้องกับสถานการณ์ปัญหาที่แท้จริง	อธิบายการใช้เครื่องมือในการแก้ไขปัญหามีในแต่ละขั้นตอนไม่สอดคล้องกับสถานการณ์ปัญหา	ไม่สามารถอธิบายการใช้เครื่องมือในการแก้ไขปัญหามีในแต่ละขั้นตอนได้



แบบประเมินแผนการจัดการเรียนรู้ที่.....

แผนการจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมตามแนวคิดสะเต็มศึกษา

ที่ส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์

เรื่อง พลังงานความร้อน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1

สำหรับผู้เชี่ยวชาญ

คำชี้แจง โปรดพิจารณาและแสดงความคิดเห็นสำหรับเป็นแนวทางในการปรับปรุงแก้ไขแผนการจัดการเรียนรู้ โดยทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องว่างที่ตรงกับความคิดเห็นของท่านมากที่สุด ซึ่งมีระดับคุณภาพ 5 ระดับ ดังนี้

ให้ 5 หมายถึง ความเหมาะสมในระดับดีมาก

ให้ 4 หมายถึง ความเหมาะสมในระดับดี

ให้ 3 หมายถึง ความเหมาะสมในระดับค่อนข้างดี

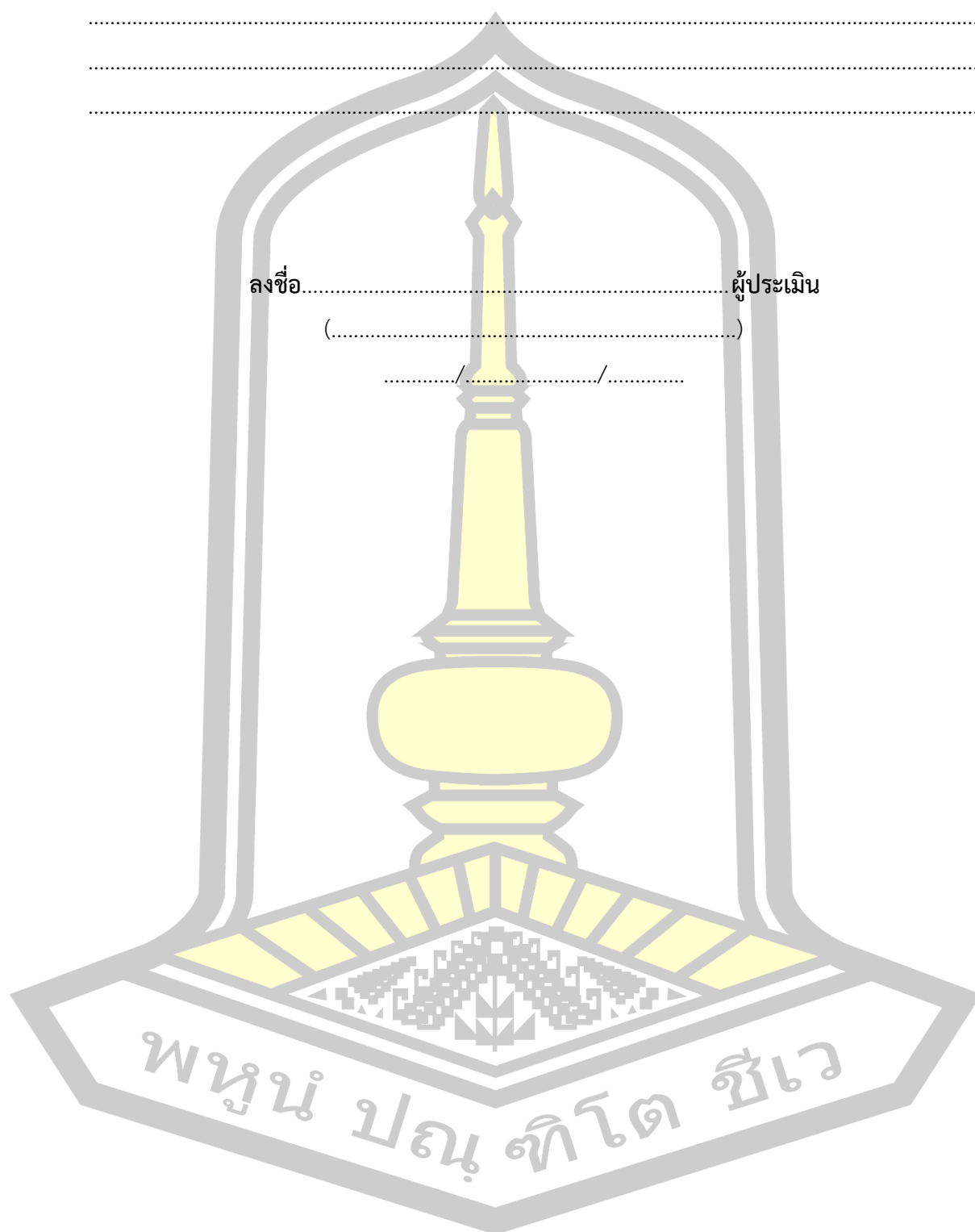
ให้ 2 หมายถึง ความเหมาะสมในระดับพอใช้

ให้ 1 หมายถึง ความเหมาะสมในระดับต้องปรับปรุง

ข้อที่	รายการประเมิน	ความเหมาะสม				
		5	4	3	2	1
1. มาตรฐาน/ตัวชี้วัด						
1.1	สอดคล้องกับหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน 2551 ฉบับปรับปรุง 2560					
1.2	สอดคล้องกับหลักสูตรสถานศึกษา					
1.3	สอดคล้องกับโครงสร้างรายวิชา					
2. สาระสำคัญ						
2.1	แสดงความคิดรวบยอดของเนื้อหาได้ครอบคลุม					
2.2	สอดคล้องกับกิจกรรมการเรียนรู้					
2.3	มีความชัดเจนเข้าใจง่าย					
3. จุดประสงค์การเรียนรู้						
3.1	มีความสอดคล้องกับมาตรฐาน/ตัวชี้วัด					
3.2	สอดคล้องกับเนื้อหาและกิจกรรมการเรียนรู้การสอน					
3.3	ระบุพฤติกรรมที่ต้องการวัดได้ชัดเจน					

ข้อที่	รายการประเมิน	ความเหมาะสม				
		5	4	3	2	1
4. สารการเรียนรู้						
4.1	สอดคล้องกับมาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัด					
4.2	สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้					
4.3	สอดคล้องกับเนื้อหาสาระการเรียนรู้					
5. กระบวนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้						
5.1	สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้					
5.2	สอดคล้องกับเนื้อหา					
5.3	น่าสนใจและเหมาะสมกับวัยของผู้เรียน					
5.4	เหมาะสมกับเวลาที่สอน					
5.5	ผู้เรียนมีส่วนร่วมในกิจกรรม					
5.6	กิจกรรมเป็นไปตามลำดับขั้นตอนที่ส่งเสริมการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์					
5.7	เน้นให้ผู้เรียนได้แสวงหาความรู้ มีส่วนร่วมในการกิจกรรมและแสดงแนวคิดอย่างอิสระ					
6. สื่อและแหล่งเรียนรู้						
6.1	สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้					
6.2	สอดคล้องกับเนื้อหาและวัยของผู้เรียน					
6.3	ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการใช้สื่อการเรียนการสอน					
6.4	เหมาะสมกับกิจกรรมการเรียนการสอน					
7. การวัดและประเมินผล						
7.1	สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้					
7.2	ใช้เครื่องมือวัดได้เหมาะสมกับเนื้อหา					
7.3	วัดและประเมินผลได้ครอบคลุมพฤติกรรมด้านพุทธิพิสัย ทักษะพิสัย และจิตพิสัย					
7.4	มีการวัดผลตามสภาพจริง					

ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม



แบบประเมินความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ของนักเรียน
ตามแนวคิดของเทรฟฟิงเกอร์
สำหรับผู้เชี่ยวชาญ

คำชี้แจง โปรดพิจารณาและแสดงความคิดเห็นสำหรับเป็นแนวทางในการปรับปรุงแก้ไขแผนการจัดการเรียนรู้ โดยทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องว่างที่ตรงกับความคิดเห็นของท่าน มากที่สุด ซึ่งมีระดับคุณภาพ 5 ระดับ ดังนี้

ให้ 5 หมายถึง ความเหมาะสมในระดับดีมาก

ให้ 4 หมายถึง ความเหมาะสมในระดับดี

ให้ 3 หมายถึง ความเหมาะสมในระดับค่อนข้างดี

ให้ 2 หมายถึง ความเหมาะสมในระดับพอใช้

ให้ 1 หมายถึง ความเหมาะสมในระดับต้องปรับปรุง

ข้อที่	รายการประเมิน	ความเหมาะสม					หมายเหตุ
		5	4	3	2	1	
องค์ประกอบที่ 1 การเข้าใจความท้าทาย (Understand the challenges)							
1.	นักเรียนสามารถระบุปัญหาจากสถานการณ์ที่กำหนดได้อย่างชัดเจน						
2.	นักเรียนระบุข้อมูลที่เกี่ยวข้องและแนวทางในการแก้ไขปัญหา						
องค์ประกอบที่ 2 การสร้างแนวคิด (Generating idea)							
1.	นักเรียนสามารถระบุวิธีการในการแก้ไขปัญหาที่หลากหลายจากแหล่งข้อมูลที่มีความหลากหลาย และเลือกแนวทางที่มีความเหมาะสม สมเหตุสมผล และเป็นไปได้						
องค์ประกอบที่ 3 การเตรียมปฏิบัติการ (Preparing for action)							
1.	นักเรียนสามารถออกแบบและวางแผนการแก้ปัญหาที่เลือกอย่างเป็นลำดับขั้นตอน						
2.	นักเรียนสรุปหลักการและแนวคิดที่นำมาใช้ในการแก้ปัญหา						
องค์ประกอบที่ 4 การวางแผนการปฏิบัติ (Planning your approach)							
1) การประเมินงาน (Appraising tasks)							
1.	นักเรียนกำหนดแนวทางในการประเมินและประเมินผลการแก้ไขปัญหาได้อย่างเหมาะสม						
2) การออกแบบกระบวนการ (Design process)							
1.	นักเรียนนำไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวัน						

ข้อที่	รายการประเมิน	ความเหมาะสม					หมายเหตุ
		5	4	3	2	1	
2.	นักเรียนสามารถใช้เครื่องมือในการแก้ไขปัญหาในแต่ละขั้นตอนได้อย่างเหมาะสมสอดคล้องกับสถานการณ์ปัญหาที่แท้จริง						

ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม

.....

.....

.....

.....

ลงชื่อ.....ผู้ประเมิน

(.....)

...../...../.....



เกณฑ์การประเมินความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ตามพฤติกรรมตัวชี้วัด

ประเด็นการประเมิน	เกณฑ์การประเมิน		
	3 คะแนน	2 คะแนน	1 คะแนน
องค์ประกอบที่ 1 การเข้าใจความท้าทาย (Understand the challenges)			
1. ระบุปัญหาจากสถานการณ์ที่กำหนด	ระบุประเด็นปัญหาในการแก้ไขปัญหามีหลากหลายและถูกต้องทุกประเด็น	ระบุประเด็นปัญหาในการแก้ไขปัญหามีหลากหลาย หรือถูกต้องบางประเด็น	ระบุประเด็นไม่ถูกต้องหรือไม่ระบุ
2. ระบุข้อมูลที่เกี่ยวข้องในการแก้ไขปัญห	ระบุข้อมูลที่เกี่ยวข้องได้อย่างครอบคลุมและมีแนวทางในการแก้ไขปัญหามีหลากหลายทางเลือกได้ถูกต้องครบถ้วน	ระบุข้อมูลที่เกี่ยวข้องยังไม่ครอบคลุมและมีแนวทางในการแก้ไขปัญหามีถูกต้องแต่ยังไม่หลากหลายและยังไม่ครบถ้วน	ระบุข้อมูลไม่ถูกต้องหรือไม่ระบุข้อมูล
องค์ประกอบที่ 2 การสร้างแนวคิด (Generating idea)			
1. นักเรียนสามารถระบุวิธีการในการแก้ไขปัญหามีหลากหลายจากแหล่งข้อมูลที่มีความหลากหลายและเลือกแนวทางที่มีความเหมาะสม สมเหตุสมผล และเป็นไปได้	บอกแนวทางในการแก้ไขปัญหามีตั้งแต่ 3 แนวทางขึ้นไป และเลือกวิธีการแก้ไขปัญหามีเหมาะสม มีเหตุผล ชัดเจนและมีความเป็นไปได้	บอกแนวทางในการแก้ไขปัญหามี 2 แนวทาง และเลือกวิธีการแก้ไขปัญหามีไม่เหมาะสม	บอกแนวทางในการแก้ไขปัญหามีเพียง 1 แนวทาง หรือ ไม่บอกแนวทางในการแก้ไขปัญห
องค์ประกอบที่ 3 การเตรียมปฏิบัติการ (Preparing for action)			
1. นักเรียนสามารถออกแบบและวางแผนการแก้ปัญหาที่เลือกอย่างเป็นลำดับขั้นตอน	วางแผนและกำหนดขั้นตอนในการแก้ไขปัญห โดยแสดงรายละเอียดในการ แก้ไขปัญหาได้อย่างชัดเจน	วางแผนและกำหนดขั้นตอนในการแก้ไขปัญห โดยแสดงรายละเอียดในการ แก้ไขปัญหามีได้ยังไม่ชัดเจน	วางแผนกำหนดขั้นตอนในการแก้ไขปัญหามีได้ยังไม่เป็นลำดับขั้นตอนหรือไม่ สามารถวางแผน กำหนดขั้นตอนในการ แก้ไขปัญหได้

ประเด็นการประเมิน	เกณฑ์การประเมิน		
	3 คะแนน	2 คะแนน	1 คะแนน
2. นักเรียนสรุปหลักการและแนวคิดที่นำมาใช้ในการแก้ปัญหา	สรุปหลักการและแนวคิดที่นำมาใช้ในการแก้ไขปัญหามีได้ถูกต้อง ชัดเจน และครบถ้วน	สรุปหลักการและแนวคิดที่นำมาใช้ในการแก้ไขปัญหามีได้ถูกต้องบางประเด็น แต่ยังไม่ครบถ้วน	สรุปหลักการและแนวคิดยังไม่ถูกต้องหรือไม่สรุป
องค์ประกอบที่ 4 การวางแผนการปฏิบัติ (Planning your approach)			
1) การประเมินงาน (Appraising tasks)			
1. นักเรียนกำหนดแนวทางในการประเมินและประเมินผลการแก้ไขปัญหามีได้อย่างเหมาะสม	อธิบายผลการดำเนินงานในการแก้ไขปัญหามีละเอียดถูกต้องสมบูรณ์ และมีข้อเสนอแนะเพิ่มเติมในการดำเนินงาน	อธิบายผลการดำเนินงานในการแก้ไขปัญหามีได้ละเอียดถูกต้องสมบูรณ์ แต่ไม่มีข้อเสนอแนะเพิ่มเติมในการดำเนินงาน	อธิบายผลการดำเนินงานในการแก้ไขปัญหามีได้ยังไม่ละเอียดครบถ้วน ไม่มีข้อเสนอแนะเพิ่มเติมในการดำเนินงาน
2) การออกแบบกระบวนการ (Design process)			
1. การนำไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวัน	ระบุการนำไปใช้ในการแก้ไขปัญหามีสถานการณ์อื่น ๆ ในชีวิตประจำวันได้ถูกต้อง และมากกว่า 3 ตัวอย่าง	ระบุการนำไปใช้ในการแก้ไขปัญหามีสถานการณ์อื่น ๆ ในชีวิตประจำวันได้ถูกต้อง 2 ตัวอย่าง	ระบุการนำไปใช้ในการแก้ไขปัญหามีสถานการณ์อื่น ๆ ในชีวิตประจำวันได้ถูกต้อง 1 ตัวอย่าง หรือไม่สามารถระบุสถานการณ์ที่จะนำไปใช้ได้
2. นักเรียนสามารถใช้เครื่องมือในการแก้ไขปัญหามีในแต่ละขั้นตอนได้อย่างเหมาะสมสอดคล้องกับสถานการณ์ปัญหาที่แท้จริง	อธิบายการใช้เครื่องมือในการแก้ไขปัญหามีแต่ละขั้นตอนได้อย่างเหมาะสมสอดคล้องกับสถานการณ์ปัญหาที่แท้จริง	อธิบายการใช้เครื่องมือในการแก้ไขปัญหามีแต่ละขั้นตอนไม่สอดคล้องกับสถานการณ์ปัญหา	ไม่สามารถอธิบายการใช้เครื่องมือในการแก้ไขปัญหามีแต่ละขั้นตอนได้

**แบบประเมินชิ้นงานตามแนวคิดสะเต็มศึกษาของนักเรียน
สำหรับผู้เชี่ยวชาญ**

คำชี้แจง โปรดพิจารณาและแสดงความคิดเห็นสำหรับเป็นแนวทางในการปรับปรุงแก้ไขแผนการจัดการเรียนรู้ โดยทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องว่างที่ตรงกับความคิดเห็นของท่าน มากที่สุด ซึ่งมีระดับคุณภาพ 5 ระดับ ดังนี้

ให้ 5 หมายถึง ความเหมาะสมในระดับดีมาก

ให้ 4 หมายถึง ความเหมาะสมในระดับดี

ให้ 3 หมายถึง ความเหมาะสมในระดับค่อนข้างดี

ให้ 2 หมายถึง ความเหมาะสมในระดับพอใช้

ให้ 1 หมายถึง ความเหมาะสมในระดับต้องปรับปรุง

ข้อที่	รายการประเมิน	ความเหมาะสม					หมายเหตุ
		5	4	3	2	1	
1.	การบูรณาการวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี						
2.	การออกแบบตามหลักวิศวกรรม ตรงตามที่ระบุปัญหา รวบรวมข้อมูล ออกแบบ และวางแผนการดำเนินงานในการแก้ปัญหา						
3.	ความสำเร็จของงาน						
4.	ดึงดูดความสนใจ/แปลกใหม่						

ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม

.....

.....

.....

.....

.....

ลงชื่อ.....ผู้ประเมิน

(.....)

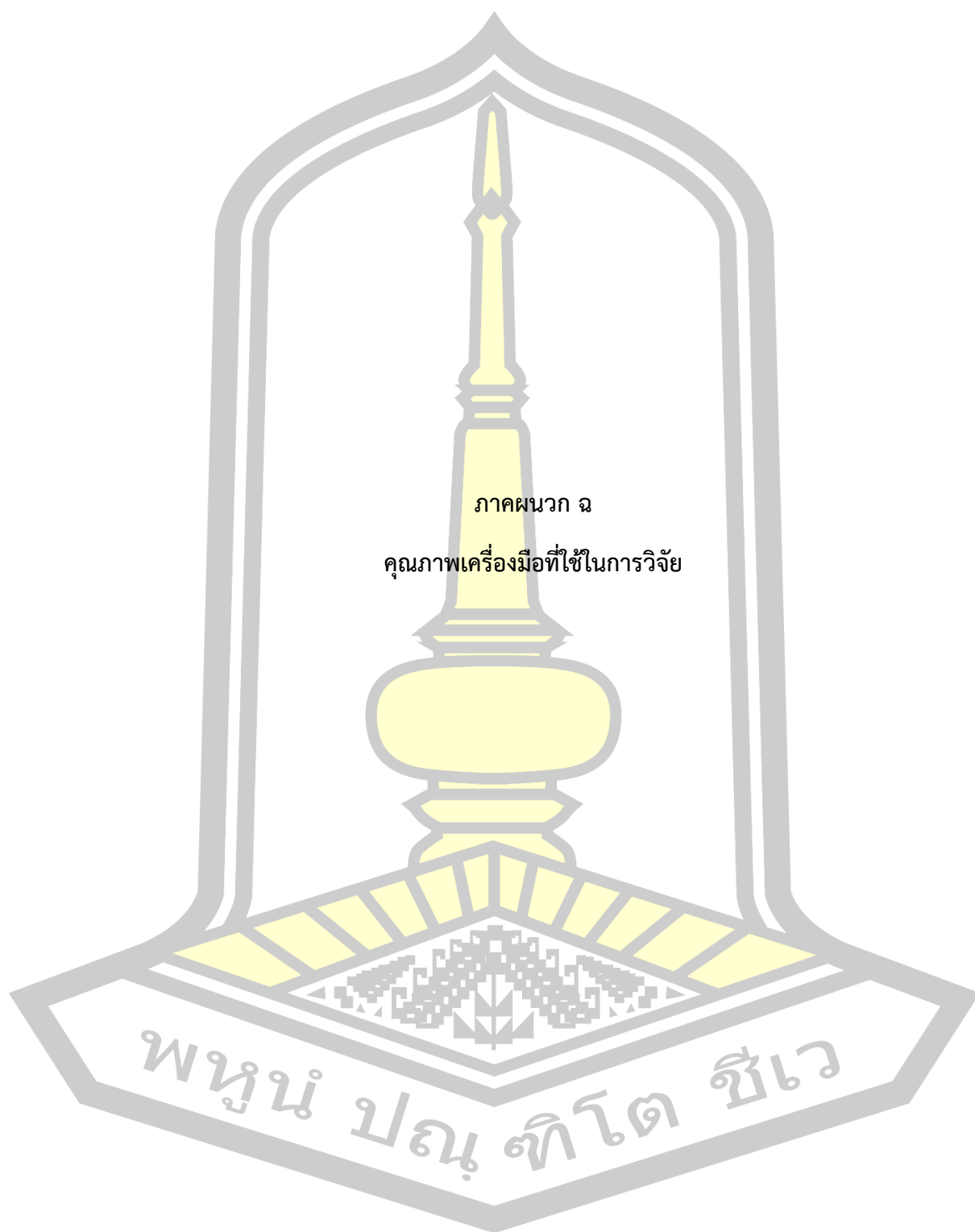
...../...../.....

เกณฑ์การประเมินชิ้นงานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา

หัวข้อการประเมิน	ระดับคะแนน			คะแนนเต็ม
	3	2	1	
การบูรณาการ วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี	มีการใช้หลักการ ทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และ เทคโนโลยี ในประเด็นที่ สำคัญกับการ พัฒนาชิ้นงาน และมีความเข้าใจ ที่ถูกต้อง พร้อมมี การพิจารณาใน รายละเอียด	การใช้หลักการ ทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และ เทคโนโลยี ในประเด็นที่สำคัญ ของการพัฒนา ชิ้นงาน แต่ยังมี ความเข้าใจที่ คลาดเคลื่อน	ไม่มีร่องรอย (ข้อความในใบงาน หรือ การบรรยาย) ของการใช้หลักการ ทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์และ เทคโนโลยีใน กระบวนการ ออกแบบทาง วิศวกรรม	3
การออกแบบตามหลัก วิศวกรรม ตรงตามทีระบุ ปัญหา รวบรวมข้อมูล ออกแบบ และวางแผน การดำเนินงานในการ แก้ปัญหา	มีการใช้แนวคิด กระบวนการ ออกแบบเชิง วิศวกรรม ตรง ตามทีระบุปัญหา รวบรวมข้อมูล ออกแบบ และ วางแผนการ ดำเนินงานในการ แก้ปัญหาโดย สามารถเลือก วิธีการและ ออกแบบในการ แก้ปัญหาได้ อย่างเหมาะสม นำไปใช้จริงได้	มีการใช้แนวคิด กระบวนการ ออกแบบเชิง วิศวกรรม ตรงตามที ระบุปัญหา รวบรวม ข้อมูล ออกแบบ และวางแผนการ ดำเนินงานในการ แก้ปัญหาโดย สามารถเลือกวิธีการ และออกแบบในการ แก้ปัญหาได้	ไม่มีการใช้แนวคิด กระบวนการ ออกแบบเชิง วิศวกรรม หรือ ไม่สามารถเลือก วิธีการและ ออกแบบในการ แก้ปัญหาได้	3

หัวข้อการประเมิน	ระดับคะแนน			คะแนนเต็ม
	3	2	1	
ความสำเร็จของงาน	สามารถทำงานสำเร็จเป็นไปตามเงื่อนไขและภายในเวลาที่กำหนด	สามารถทำงานสำเร็จแต่ไม่เป็นไปตามเงื่อนไขที่กำหนด	ไม่สามารถทำงานให้สำเร็จ	3
ดึงดูดความสนใจ/ แปลกใหม่	พัฒนาชิ้นงานด้วยความคิดที่แปลกใหม่โดยไม่ซ้ำกับกลุ่มอื่น มีการออกแบบชิ้นงานสวยงามใหญ่ ไม่ซ้ำกับชิ้นงานที่มีอยู่ในชีวิตประจำวัน	พัฒนาชิ้นงานซ้ำกับกลุ่มอื่น โดยมีการออกแบบชิ้นงานที่มีบางส่วนแปลกใหม่	พัฒนาชิ้นงานซ้ำกับกลุ่มอื่น มีการออกแบบชิ้นงานที่ซ้ำกับชิ้นงานที่พบเห็นในชีวิตประจำวัน	3





ภาคผนวก ฉ

คุณภาพเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

พูนัน ปณ จิตโต ชีวะ

ตารางที่ 25 ผลการประเมินความเหมาะสมกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยกระบวนการออกแบบ
เชิงวิศวกรรมตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง พลังงานความร้อนของนักเรียน
ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 แผนที่ 1- แผนที่ 8 โดยผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน

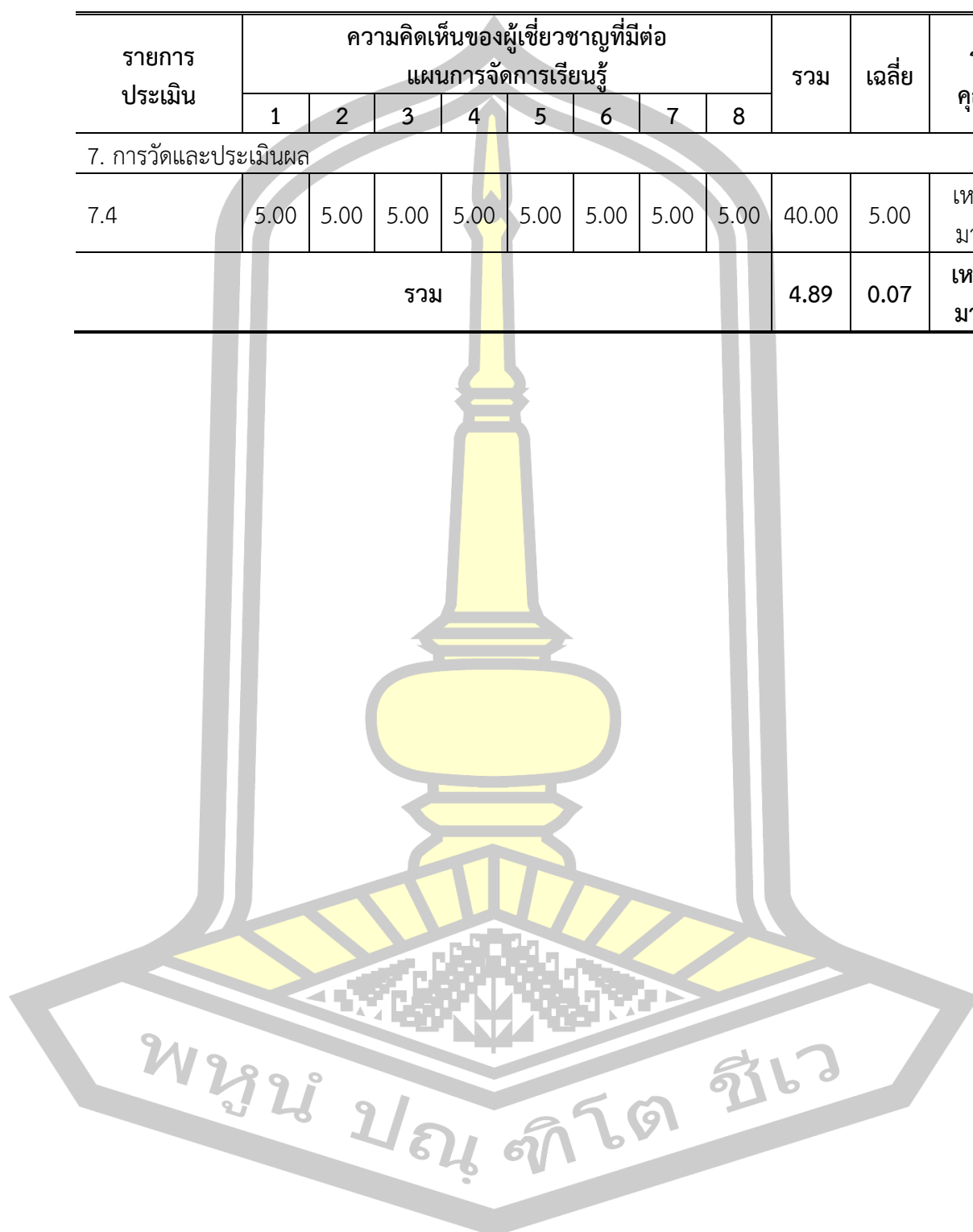
รายการประเมิน	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญที่มีต่อ แผนการจัดการเรียนรู้								รวม	เฉลี่ย	ระดับคุณภาพ
	1	2	3	4	5	6	7	8			
1. มาตรฐาน/ตัวชี้วัด											
1.1	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	40.00	5.00	เหมาะสมมากที่สุด
1.2	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	40.00	5.00	เหมาะสมมากที่สุด
1.3	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	40.00	5.00	เหมาะสมมากที่สุด
2. สาระสำคัญ											
2.1	4.67	4.33	4.33	4.33	4.33	4.33	4.33	4.33	34.99	4.37	เหมาะสมมาก
2.2	4.67	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	39.67	4.95	เหมาะสมมากที่สุด
2.3	4.67	4.67	4.67	4.67	4.67	4.33	4.67	4.67	37.00	4.62	เหมาะสมมากที่สุด
3. จุดประสงค์การเรียนรู้											
3.1	4.67	4.67	4.67	4.67	4.67	4.67	4.67	4.67	37.33	4.67	เหมาะสมมากที่สุด
3.2	5.00	4.67	4.67	4.67	4.67	4.67	4.67	4.67	37.66	4.70	เหมาะสมมากที่สุด
3.3	4.67	4.67	4.67	4.33	4.67	4.67	4.67	4.67	37.00	4.62	เหมาะสมมากที่สุด
4. สาระการเรียนรู้											
4.1	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	40.00	5.000	เหมาะสมมากที่สุด
4.2	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	40.00	5.000	เหมาะสมมากที่สุด
4.3	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	40.00	5.000	เหมาะสมมากที่สุด

ตารางที่ 25 (ต่อ)

รายการ ประเมิน	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญที่มีต่อ แผนการจัดการเรียนรู้								รวม	เฉลี่ย	ระดับ คุณภาพ
	1	2	3	4	5	6	7	8			
5. กระบวนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้											
5.1	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	40.00	5.00	เหมาะสมมากที่สุด
5.2	5.00	5.00	5.00	4.33	5.00	5.00	5.00	4.67	39.00	4.87	เหมาะสมมากที่สุด
5.3	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	4.67	5.00	4.67	39.33	4.91	เหมาะสมมากที่สุด
5.4	4.33	4.33	4.33	4.33	4.33	4.33	4.33	4.33	34.66	4.33	เหมาะสมมาก
5.5	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	40.00	5.00	เหมาะสมมากที่สุด
5.6	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	40.00	5.00	เหมาะสมมากที่สุด
5.7	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	40.00	5.00	เหมาะสมมากที่สุด
6. สื่อและแหล่งเรียนรู้											
6.1	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	40.00	5.00	เหมาะสมมากที่สุด
6.2	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	40.00	5.00	เหมาะสมมากที่สุด
6.3	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	40	5.00	เหมาะสมมากที่สุด
6.4	5.00	5.00	4.67	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	39.67	4.95	เหมาะสมมากที่สุด
7. การวัดและประเมินผล											
7.1	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	40.00	5.00	เหมาะสมมากที่สุด
7.2	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	40.00	5.00	เหมาะสมมากที่สุด
7.3	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	40.00	5.00	เหมาะสมมากที่สุด

ตารางที่ 25 (ต่อ)

รายการประเมิน	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญที่มีต่อ แผนการจัดการเรียนรู้								รวม	เฉลี่ย	ระดับคุณภาพ
	1	2	3	4	5	6	7	8			
7. การวัดและประเมินผล											
7.4	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	40.00	5.00	เหมาะสมมากที่สุด
รวม									4.89	0.07	เหมาะสมมากที่สุด

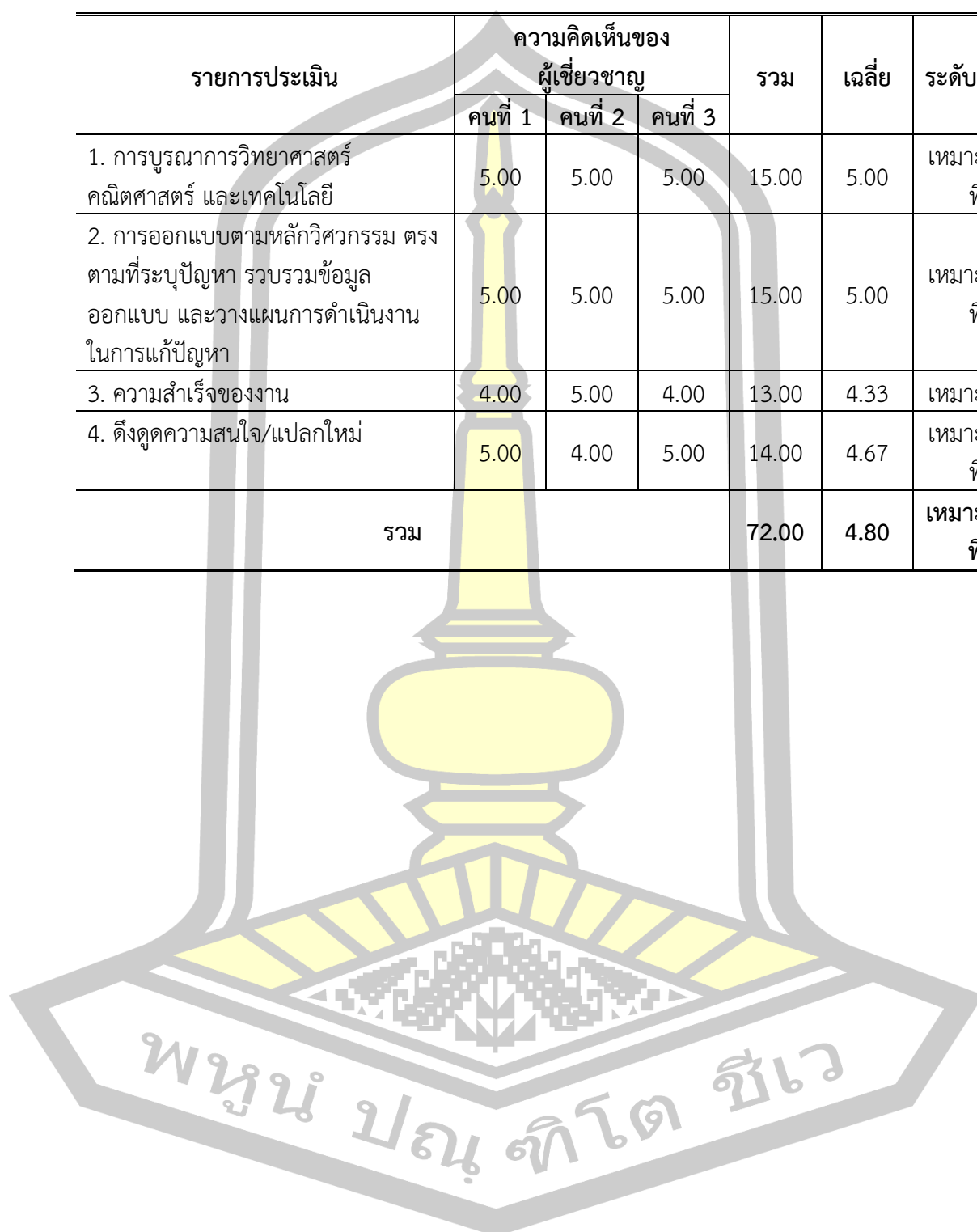


ตารางที่ 26 ผลการประเมินความเหมาะสมแบบประเมินความสามารถในการแก้ปัญหา
เชิงสร้างสรรค์ของนักเรียนตามแนวคิดของเทรฟิงเกอร์

รายการประเมิน	ความคิดเห็นของ ผู้เชี่ยวชาญ			รวม	เฉลี่ย	ระดับคุณภาพ
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3			
องค์ประกอบที่ 1 การเข้าใจความท้าทาย						
1. นักเรียนสามารถระบุปัญหาจากสถานการณ์ที่กำหนดได้อย่างชัดเจน	4.00	5.00	4.00	13.00	4.33	เหมาะสมมาก
2. นักเรียนระบุข้อมูลที่เกี่ยวข้องและแนวทางในการแก้ไขปัญหา	4.00	5.00	5.00	14.00	4.67	เหมาะสมมากที่สุด
องค์ประกอบที่ 2 การสร้างแนวคิด						
1. นักเรียนสามารถระบุวิธีการในการแก้ไขปัญหาที่หลากหลายจากแหล่งข้อมูลที่มีความหลากหลายและเลือกแนวทางที่มีความเหมาะสมเหตุผลสมผลและเป็นไปได้	4.00	4.00	5.00	13.00	4.33	เหมาะสมมาก
องค์ประกอบที่ 3 การเตรียมปฏิบัติการ						
1. นักเรียนสามารถออกแบบและวางแผนการแก้ปัญหาที่เลือกอย่างเป็นลำดับขั้นตอน	4.00	5.00	4.00	13.00	4.33	เหมาะสมมาก
2. นักเรียนสรุปหลักการและแนวคิดที่นำมาใช้ในการแก้ปัญหา	4.00	5.00	4.00	13.00	4.33	เหมาะสมมาก
องค์ประกอบที่ 4 การวางแผนการปฏิบัติ						
1) การประเมินงาน						
1. นักเรียนกำหนดแนวทางในการประเมินและประเมินผลการแก้ไขปัญหาได้อย่างเหมาะสม	4.00	4.00	5.00	13.00	4.33	เหมาะสมมาก
2) การออกแบบกระบวนการ						
1. นักเรียนนำไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวัน	4.00	5.00	5.00	14.00	4.67	เหมาะสมมากที่สุด
2. นักเรียนสามารถใช้เครื่องมือในการแก้ไขปัญหาในแต่ละขั้นตอนได้อย่างเหมาะสมสอดคล้องกับสถานการณ์ปัญหาที่แท้จริง	4.00	4.00	5.00	13.00	4.33	เหมาะสมมาก
รวม				106.00	4.417	เหมาะสมมาก

ตารางที่ 27 ผลการประเมินความเหมาะสมแบบประเมินชิ้นงานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา

รายการประเมิน	ความคิดเห็นของ ผู้เชี่ยวชาญ			รวม	เฉลี่ย	ระดับคุณภาพ
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3			
1. การบูรณาการวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี	5.00	5.00	5.00	15.00	5.00	เหมาะสมมากที่สุด
2. การออกแบบตามหลักวิศวกรรม ตรงตามที่ระบุปัญหา รวบรวมข้อมูล ออกแบบ และวางแผนการดำเนินงาน ในการแก้ปัญหา	5.00	5.00	5.00	15.00	5.00	เหมาะสมมากที่สุด
3. ความสำเร็จของงาน	4.00	5.00	4.00	13.00	4.33	เหมาะสมมาก
4. ดึงดูดความสนใจ/แปลกใหม่	5.00	4.00	5.00	14.00	4.67	เหมาะสมมากที่สุด
รวม				72.00	4.80	เหมาะสมมากที่สุด



ตารางที่ 28 ค่าดัชนีความสอดคล้อง(IOC)ระหว่างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
กับจุดประสงค์การเรียนรู้ เรื่อง พลังงานความร้อน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1

จุดประสงค์ การเรียนรู้	ข้อสอบ ข้อที่	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ			คะแนน รวม	IOC	แปลผล
		คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3			
1-2	1	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
	2	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
	3	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
	4	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
	5	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
3-4	6	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
	7	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
	8	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
	9	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
	10	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
	11	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
	12	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
	13	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
	14	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
	15	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
5	16	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
	17	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
	18	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
	19	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
	20	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
	21	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
	22	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
	23	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
	24	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
6	25	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
	26	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
	27	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
	28	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
	29	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้

ตารางที่ 28 (ต่อ)

จุดประสงค์ การเรียนรู้	ข้อสอบ ข้อที่	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ			คะแนน รวม	IOC	แปลผล
		คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3			
6	30	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
	31	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
	32	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
	33	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
	34	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
	35	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
	36	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
	37	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
	38	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
	39	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
	40	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้

ตารางที่ 29 ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ระหว่างแบบทดสอบวัดความสามารถ
ในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์กับจุดประสงค์การเรียนรู้

ข้อสอบ ข้อที่	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ			คะแนนรวม	IOC	แปลผล
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3			
สถานการณ์						
1	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
2	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
3	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
4	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
5	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
6	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
7	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้

ตารางที่ 30 ผลการวิเคราะห์ค่าความยาก ค่าอำนาจจำแนก รายข้อ และค่าความเชื่อมั่นของ
แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ข้อ	ค่าความยาก (P)	ค่าอำนาจจำแนก (B)	หมายเหตุ
1	0.58	0.24	
2	0.56	0.57	*
3	0.58	0.24	
4	0.61	0.48	*
5	0.48	0.62	*
6	0.53	0.43	*
7	0.46	0.19	
8	0.64	0.43	*
9	0.38	0.24	
10	0.43	0.33	*
11	0.48	0.33	*
12	0.28	0.43	
13	0.41	0.29	
14	0.48	0.33	*
15	0.51	0.00	
16	0.51	0.38	*
17	0.56	0.29	*
18	0.48	0.43	*
19	0.51	0.29	
20	0.58	0.52	*
21	0.53	0.52	*
22	0.46	0.29	
23	0.61	0.38	*
24	0.33	0.14	
25	0.56	0.10	
26	0.48	0.14	
27	0.48	0.24	
28	0.30	0.38	*
29	0.64	0.14	
30	0.56	0.19	
31	0.41	0.38	*

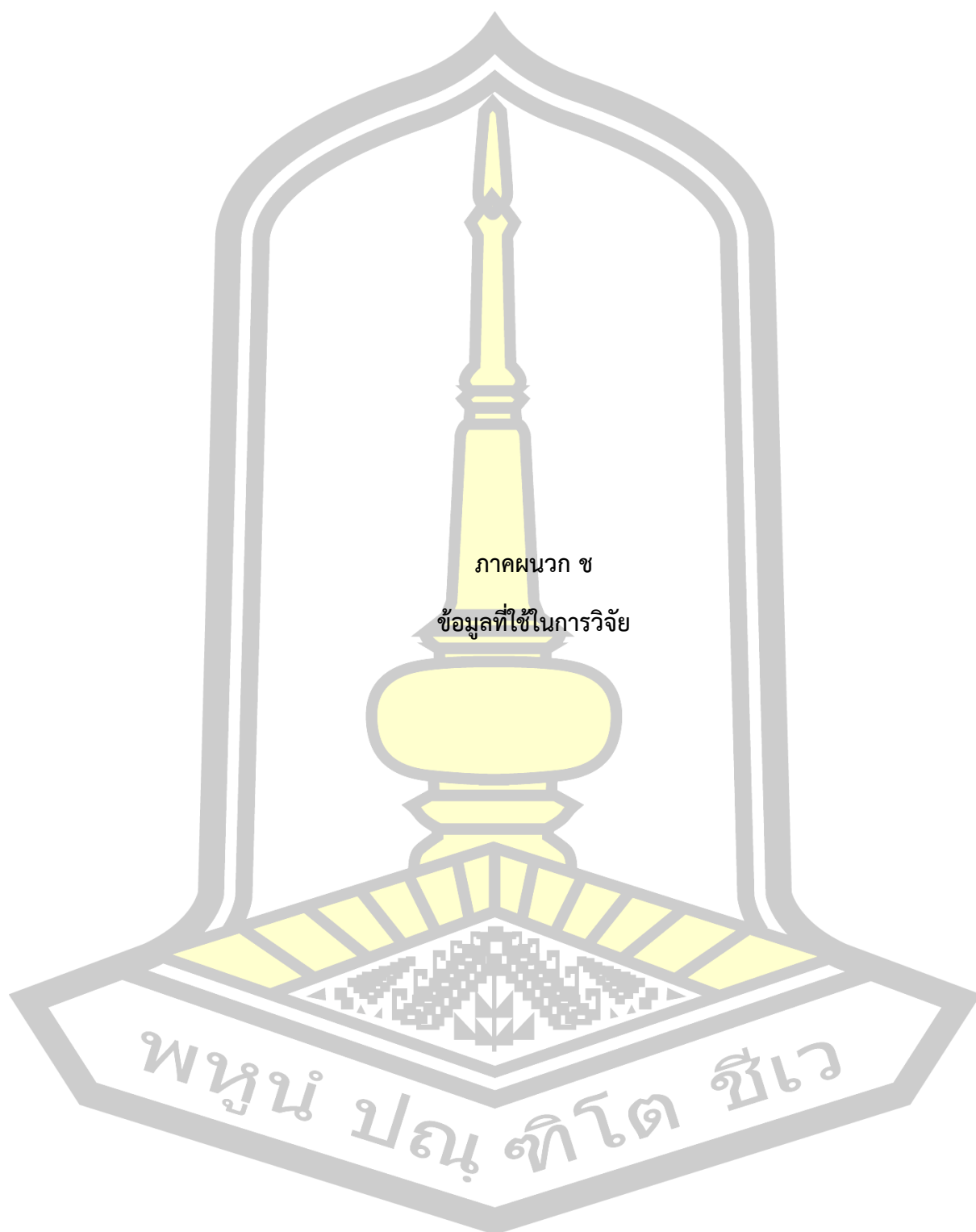
ตาราง 30 (ต่อ)

ข้อ	ค่าความยาก (P)	ค่าอำนาจจำแนก (B)	หมายเหตุ
32	0.69	0.43	*
33	0.89	0.90	
34	0.48	0.43	*
35	0.38	-0.14	
36	0.46	0.00	
37	0.56	0.48	*
38	0.51	0.19	
39	0.51	0.38	*
40	0.53	0.24	
ค่าความเชื่อมั่นทั้งฉบับ (r_{α}) เท่ากับ 0.85			

ตารางที่ 31 ผลการวิเคราะห์ค่าอำนาจจำแนก รายข้อ และค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ
วัดความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์

ข้อที่	ค่าอำนาจจำแนก (D)	หมายเหตุ
1	0.60	*
2	0.28	
3	0.80	*
4	0.18	
5	0.40	
6	0.36	
7	0.68	*
ค่าความเชื่อมั่นทั้งฉบับ (α) เท่ากับ 0.82		

พูน ปณ จิต ชีเว



ตารางที่ 32 คะแนนประสิทธิภาพของกระบวนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ (E_1) ของนักเรียนกลุ่ม
ตัวอย่างชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยกระบวนการ
ออกแบบเชิงวิศวกรรมตามแนวคิดสะเต็มศึกษา

เลขที่	ประสิทธิภาพของกระบวนการ (E_1)									
	แผนที่ 1		แผนที่ 2			แผนที่ 3		แผนที่ 4		
	ใบกิจกรรม วัดด้านความรู้ (K)	ใบกิจกรรม วัดด้านทักษะ (P)	ใบกิจกรรม วัดด้านความรู้ (K)	ใบกิจกรรม วัดด้านทักษะ (P)	ชิ้นงาน	ใบกิจกรรม วัดด้านความรู้ (K)	ใบกิจกรรม วัดด้านทักษะ (P)	ใบกิจกรรม วัดด้านความรู้ (K)	ใบกิจกรรม วัดด้านทักษะ (P)	ชิ้นงาน
คะแนน	9	24	9	24	12	9	24	9	24	12
1	8	20	9	21	10	7	19	7	20	8
2	7	21	7	19	10	7	19	9	19	8
3	7	21	8	20	9	9	20	8	19	9
4	7	19	7	19	10	7	19	8	22	9
5	9	21	7	19	9	8	21	7	21	11
6	8	19	7	20	11	8	19	7	21	9
7	7	20	7	19	10	7	19	9	19	8
8	8	20	8	20	9	9	19	7	22	10
9	7	21	8	20	9	9	20	8	19	9
10	8	20	9	21	10	7	19	7	20	8
11	7	19	7	19	10	7	19	8	22	9
12	8	20	8	20	9	9	19	7	22	10
13	8	20	9	21	10	7	19	7	20	8
14	8	19	7	20	11	8	19	7	21	9
15	8	19	7	20	11	8	19	7	21	9
16	9	21	7	19	9	8	21	7	21	11
17	8	19	7	20	11	8	19	7	21	9
18	7	21	7	19	10	7	19	9	19	8
19	7	21	8	20	9	9	20	8	19	9
20	8	19	7	20	11	8	19	7	21	9
21	9	21	7	19	9	8	21	7	21	11
22	7	21	7	19	10	7	19	9	19	8
23	8	20	8	20	9	9	19	7	22	10

ตารางที่ 32 (ต่อ)

เลขที่	ประสิทธิภาพของกระบวนการ (E_1)									
	แผนที่ 1		แผนที่ 2			แผนที่ 3		แผนที่ 4		
	ใบกิจกรรม วัดด้านความรู้ (K)	ใบกิจกรรม วัดด้านทักษะ (P)	ใบกิจกรรม วัดด้านความรู้ (K)	ใบกิจกรรม วัดด้านทักษะ (P)	ชิ้นงาน	ใบกิจกรรม วัดด้านความรู้ (K)	ใบกิจกรรม วัดด้านทักษะ (P)	ใบกิจกรรม วัดด้านความรู้ (K)	ใบกิจกรรม วัดด้านทักษะ (P)	ชิ้นงาน
คะแนน	9	24	9	24	12	9	24	9	24	12
24	7	21	8	20	9	9	20	8	19	9
25	8	20	8	20	9	9	19	7	22	10
26	8	19	7	20	11	8	19	7	21	9
27	7	19	7	19	10	7	19	8	22	9
28	7	21	7	19	10	7	19	9	19	8
29	8	20	9	21	10	7	19	7	20	8
30	9	21	7	19	9	8	21	7	21	11
31	7	19	7	19	10	7	19	8	22	9
32	7	21	7	19	10	7	19	9	19	8
33	8	20	8	20	9	9	19	7	22	10
34	8	20	9	21	10	7	19	7	20	8
35	7	21	8	20	9	9	20	8	19	9
36	7	21	8	20	9	9	20	8	19	9
37	9	21	7	19	9	8	21	7	21	11
38	9	20	8	20	9	9	19	7	22	10
39	7	19	7	19	10	7	19	8	22	9

พูน ปณ ทัโต ชเว

ตารางที่ 32 (ต่อ)

เลขที่	ประสิทธิภาพของกระบวนการ (E ₁)									
	แผนที่ 5		แผนที่ 6			แผนที่ 7		แผนที่ 8		
	ใบกิจกรรม วัดด้านความรู้ (K)	ใบกิจกรรม วัดด้านทักษะ (P)	ใบกิจกรรม วัดด้านความรู้ (K)	ใบกิจกรรม วัดด้านทักษะ (P)	ชิ้นงาน	ใบกิจกรรม วัดด้านความรู้ (K)	ใบกิจกรรม วัดด้านทักษะ (P)	ใบกิจกรรม วัดด้านความรู้ (K)	ใบกิจกรรม วัดด้านทักษะ (P)	ชิ้นงาน
คะแนน	9	24	9	24	12	9	24	9	24	12
1	8	21	8	19	9	9	20	8	21	11
2	7	19	7	19	9	7	19	8	21	11
3	7	18	7	20	10	7	19	7	19	9
4	7	19	7	19	9	7	20	8	21	9
5	8	19	8	21	11	8	21	7	19	10
6	7	18	8	20	10	7	19	7	20	10
7	7	19	7	19	9	7	19	8	21	11
8	8	21	9	21	8	8	21	8	21	11
9	7	18	7	20	10	7	19	7	19	9
10	8	21	8	19	9	9	20	8	21	11
11	7	19	7	19	9	7	20	8	21	9
12	8	21	9	21	8	8	21	8	21	11
13	8	21	8	19	9	9	20	8	21	11
14	7	18	8	20	10	7	19	7	20	10
15	7	18	8	20	10	7	19	7	20	10
16	8	19	8	21	11	8	21	7	19	10
17	7	18	8	20	10	7	19	7	20	10
18	7	19	7	19	9	7	19	8	21	11
19	7	18	7	20	10	7	19	7	19	9
20	7	18	8	20	10	7	19	7	20	10
21	8	19	8	21	11	8	21	7	19	10
22	7	19	7	19	9	7	19	8	21	11
23	8	21	9	21	8	8	21	8	21	11
24	7	18	7	20	10	7	19	7	19	9
25	8	20	9	21	8	8	21	8	21	11
26	7	18	8	20	10	7	19	7	20	10

ตารางที่ 32 (ต่อ)

เลขที่	ประสิทธิภาพของกระบวนการ (E ₁)									
	แผนที่ 5		แผนที่ 6			แผนที่ 7		แผนที่ 8		
	ใบกิจกรรม วัดด้านความรู้ (K)	ใบกิจกรรม วัดด้านทักษะ (P)	ใบกิจกรรม วัดด้านความรู้ (K)	ใบกิจกรรม วัดด้านทักษะ (P)	ชิ้นงาน	ใบกิจกรรม วัดด้านความรู้ (K)	ใบกิจกรรม วัดด้านทักษะ (P)	ใบกิจกรรม วัดด้านความรู้ (K)	ใบกิจกรรม วัดด้านทักษะ (P)	ชิ้นงาน
คะแนน	9	24	9	24	12	9	24	9	24	12
27	7	19	7	19	9	7	20	8	21	9
28	7	19	7	19	9	7	19	8	21	11
29	8	21	8	19	9	9	20	8	21	11
30	8	19	8	21	11	8	21	7	19	10
31	7	19	7	19	9	7	20	8	21	9
32	7	19	7	19	9	7	19	8	21	11
33	8	20	9	21	8	8	21	8	21	11
34	8	21	8	19	9	9	20	8	21	11
35	7	18	7	20	10	7	19	7	19	9
36	7	18	7	20	10	7	19	7	19	9
37	8	19	8	21	11	8	21	7	19	10
38	8	20	9	21	8	8	21	8	21	11
39	7	19	7	19	9	7	20	8	21	9
รวม								3218.95		
$\bar{X}$								82.53		
S.D.								2.02		
ร้อยละ								82.53		

ตารางที่ 33 คะแนนประสิทธิภาพของกระบวนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ (E_1) ของนักเรียนกลุ่มตัวอย่างชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมตามแนวคิดสะเต็มศึกษา คะแนนใบกิจกรรมวัดความรู้ (K) ใบกิจกรรมวัดความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ (P) และชิ้นงาน กำหนดสัดส่วนคะแนน 30 : 40 : 30 ของคะแนนเต็ม

เลขที่	ประสิทธิภาพของกระบวนการ (E_1)				สัดส่วนคะแนนของกระบวนการ (E_1)			
	ใบกิจกรรม วัดด้านความรู้ (K)	ใบกิจกรรม วัดด้านทักษะ (P)	ชิ้นงาน	ผลรวม	ใบกิจกรรม วัดด้านความรู้ (K)	ใบกิจกรรม วัดด้านทักษะ (P)	ชิ้นงาน	ผลรวม
คะแนน	72	192	48	312	30%	40%	30%	100%
1	64	161	38	263	26.66	33.54	23.75	83.95
2	59	156	38	253	24.58	32.50	23.75	80.83
3	60	156	37	253	25.00	32.50	23.12	80.62
4	58	158	37	253	24.16	32.91	23.12	80.20
5	62	162	41	265	25.83	33.75	25.62	85.20
6	59	156	40	255	24.58	32.50	25.00	82.08
7	59	155	38	252	24.58	32.29	23.75	80.62
8	65	165	38	268	27.08	34.37	23.75	85.20
9	60	156	37	253	25.00	32.50	23.12	80.62
10	64	161	38	263	26.66	33.54	23.75	83.95
11	58	158	37	253	24.16	32.91	23.12	80.20
12	65	165	38	268	27.08	34.37	23.75	85.20
13	64	161	38	263	26.66	33.54	23.75	83.95
14	59	156	40	255	24.58	32.50	25.00	82.08
15	59	156	40	255	24.58	32.50	25.00	82.08
16	62	162	41	265	25.83	33.75	25.62	85.20
17	59	156	40	255	24.58	32.50	25.00	82.08
18	59	156	38	253	24.58	32.50	23.75	80.83
19	60	156	37	253	25.00	32.50	23.12	80.62
20	59	156	40	255	24.58	32.50	25.00	82.08
21	62	162	41	265	25.83	33.75	25.62	85.20
22	59	156	38	253	24.58	32.50	23.75	80.83

ตารางที่ 33 (ต่อ)

เลขที่	ประสิทธิภาพของกระบวนการ (E ₁)				สัดส่วนคะแนนของกระบวนการ (E ₁)			
	ใบกิจกรรม วัดด้านความรู้ (K)	ใบกิจกรรม วัดด้านทักษะ (P)	ชิ้นงาน	ผลรวม	ใบกิจกรรม วัดด้านความรู้ (K)	ใบกิจกรรม วัดด้านทักษะ (P)	ชิ้นงาน	ผลรวม
คะแนน	72	192	48	312	30%	40%	30%	100%
23	65	165	38	268	27.08	34.37	23.75	85.20
24	60	156	37	253	25.00	32.50	23.12	80.62
25	65	164	38	267	27.08	34.16	23.75	85.00
26	59	156	40	255	24.58	32.50	25.00	82.08
27	58	158	37	253	24.16	32.91	23.12	80.20
28	59	156	38	253	24.58	32.50	23.75	80.83
29	64	161	38	263	26.66	33.54	23.75	83.95
30	62	162	41	265	25.83	33.75	25.62	85.20
31	58	158	37	253	24.16	32.91	23.12	80.20
32	59	156	38	253	24.58	32.50	23.75	80.83
33	65	164	38	267	27.08	34.16	23.75	85.00
34	64	161	38	263	26.66	33.54	23.75	83.95
35	60	156	37	253	25.00	32.50	23.12	80.62
36	60	156	37	253	25.00	32.50	23.12	80.62
37	62	162	41	265	25.83	33.75	25.62	85.20
38	66	164	38	268	27.50	34.16	23.75	85.41
39	58	158	37	253	24.16	32.91	23.12	80.208
รวม	10076.00				3218.95			
$\bar{X}$	258.35				82.53			
S.D.	6.10				2.02			
ร้อยละ	82.80				82.53			

ตารางที่ 34 คะแนนประสิทธิภาพของผลลัพธ์ (E₂) ของนักเรียนกลุ่มตัวอย่างชั้นมัธยมศึกษา
ปีที่ 1 ที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม
ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ และ
แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน กำหนดสัดส่วนคะแนน 50 : 50
ของคะแนนเต็ม

เลขที่	ประสิทธิภาพของผลลัพธ์ (E ₂)			สัดส่วนคะแนนของผลลัพธ์(E ₂)		
	การแก้ปัญหา เชิงสร้างสรรค์	วัดผลสัมฤทธิ์	ผลรวมคะแนน	การแก้ปัญหา เชิงสร้างสรรค์	วัดผลสัมฤทธิ์	ผลรวมคะแนน
คะแนน	72	20	92	50%	50%	100%
1	56	17	73	38.88	42.50	81.38
2	55	15	70	38.19	37.50	75.69
3	55	18	73	38.19	45.00	83.19
4	54	15	69	37.50	37.50	75.00
5	54	16	70	37.50	40.00	77.50
6	54	16	70	37.50	40.00	77.50
7	56	15	71	38.88	37.50	76.38
8	56	17	73	38.88	42.50	81.38
9	55	15	70	38.19	37.50	75.69
10	57	15	72	39.58	37.50	77.08
11	57	17	74	39.58	42.50	82.08
12	54	15	69	37.50	37.50	75.00
13	57	16	73	39.58	40.00	79.58
14	56	17	73	38.88	42.50	81.38
15	54	16	70	37.50	40.00	77.50
16	55	15	70	38.19	37.50	75.69
17	56	17	73	38.88	42.50	81.38
18	56	16	72	38.88	40.00	78.88
19	59	18	77	40.97	45.00	85.97
20	59	16	75	40.97	40.00	80.97
21	55	17	72	38.19	42.50	80.69
22	58	17	75	40.27	42.50	82.77
23	59	16	75	40.97	40.00	80.97

ตารางที่ 34 (ต่อ)

เลขที่	ประสิทธิภาพของผลลัพธ์ (E ₂)			สัดส่วนคะแนนของผลลัพธ์(E ₂)		
	การแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์	วัดผลสัมฤทธิ์	ผลรวมคะแนน	การแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์	วัดผลสัมฤทธิ์	ผลรวมคะแนน
คะแนน	72	20	92	50%	50%	100%
24	61	15	76	42.36	37.50	79.86
25	57	17	74	39.58	42.50	82.08
26	63	16	79	43.75	40.00	83.75
27	53	16	69	36.80	40.00	76.80
28	59	15	74	40.97	37.50	78.47
29	57	16	73	39.58	40.00	79.58
30	57	17	74	39.58	42.50	82.08
31	59	16	75	40.97	40.00	80.97
32	59	18	77	40.97	45.00	85.97
33	59	16	75	40.97	40.00	80.97
34	57	15	72	39.58	37.50	77.08
35	60	16	76	41.66	40.00	81.66
36	57	17	74	39.58	42.50	82.08
37	57	16	73	39.58	40.00	79.58
38	60	19	79	41.66	47.50	89.16
39	56	16	72	38.88	40.00	78.88
รวม	2851.00			3122.77		
$\bar{X}$	73.10			80.07		
S.D.	2.60			3.20		
ร้อยละ	79.45			80.07		

ตารางที่ 35 คะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์และคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนกลุ่มตัวอย่างชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมตามแนวคิดสะเต็มศึกษาก่อนเรียนและหลังเรียน

เลขที่	คะแนนทดสอบก่อนเรียน		คะแนนทดสอบหลังเรียน	
	การแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์	วัดผลสัมฤทธิ์	การแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์	วัดผลสัมฤทธิ์
คะแนน	72 คะแนน	20 คะแนน	72 คะแนน	20 คะแนน
1	45	8	56	17
2	28	6	55	15
3	37	6	55	18
4	31	6	54	15
5	37	7	54	16
6	31	6	54	16
7	36	5	56	15
8	35	7	56	17
9	37	7	55	15
10	36	4	57	15
11	46	7	57	17
12	40	5	54	15
13	35	11	57	16
14	36	8	56	17
15	36	8	54	16
16	35	4	55	15
17	37	7	56	17
18	39	9	56	16
19	42	10	59	18
20	45	7	59	16
21	40	8	55	17
22	44	11	58	17
23	41	7	59	16

ตารางที่ 35 (ต่อ)

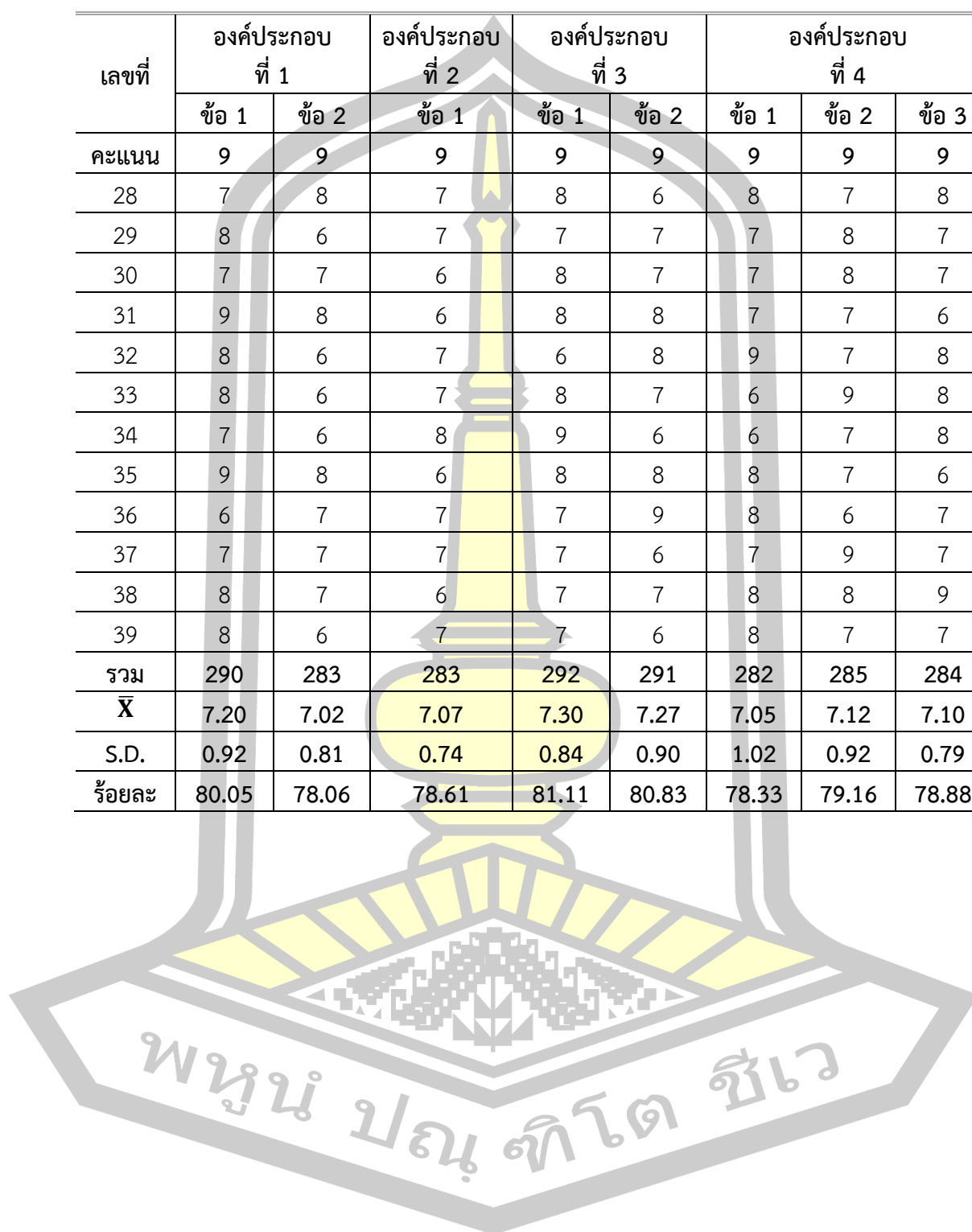
เลขที่	คะแนนทดสอบก่อนเรียน		คะแนนทดสอบหลังเรียน	
	การแก้ปัญหา เชิงสร้างสรรค์	วัดผลสัมฤทธิ์	การแก้ปัญหา เชิงสร้างสรรค์	วัดผลสัมฤทธิ์
คะแนน	72 คะแนน	20 คะแนน	72 คะแนน	20 คะแนน
24	40	6	61	15
25	38	9	57	17
26	40	9	63	16
27	35	10	53	16
28	43	11	59	15
29	35	7	57	16
30	38	7	57	17
31	41	9	59	16
32	40	9	59	18
33	41	11	59	16
34	42	11	57	15
35	42	8	60	16
36	45	12	57	17
37	42	9	57	16
38	48	9	60	19
39	41	8	56	16
รวม	1520	309	2218	633
$\bar{X}$	38.97	7.92	56.87	16.23
S.D.	4.34	2.01	2.21	1.01
ร้อยละ	54.13	39.61	78.98	81.15

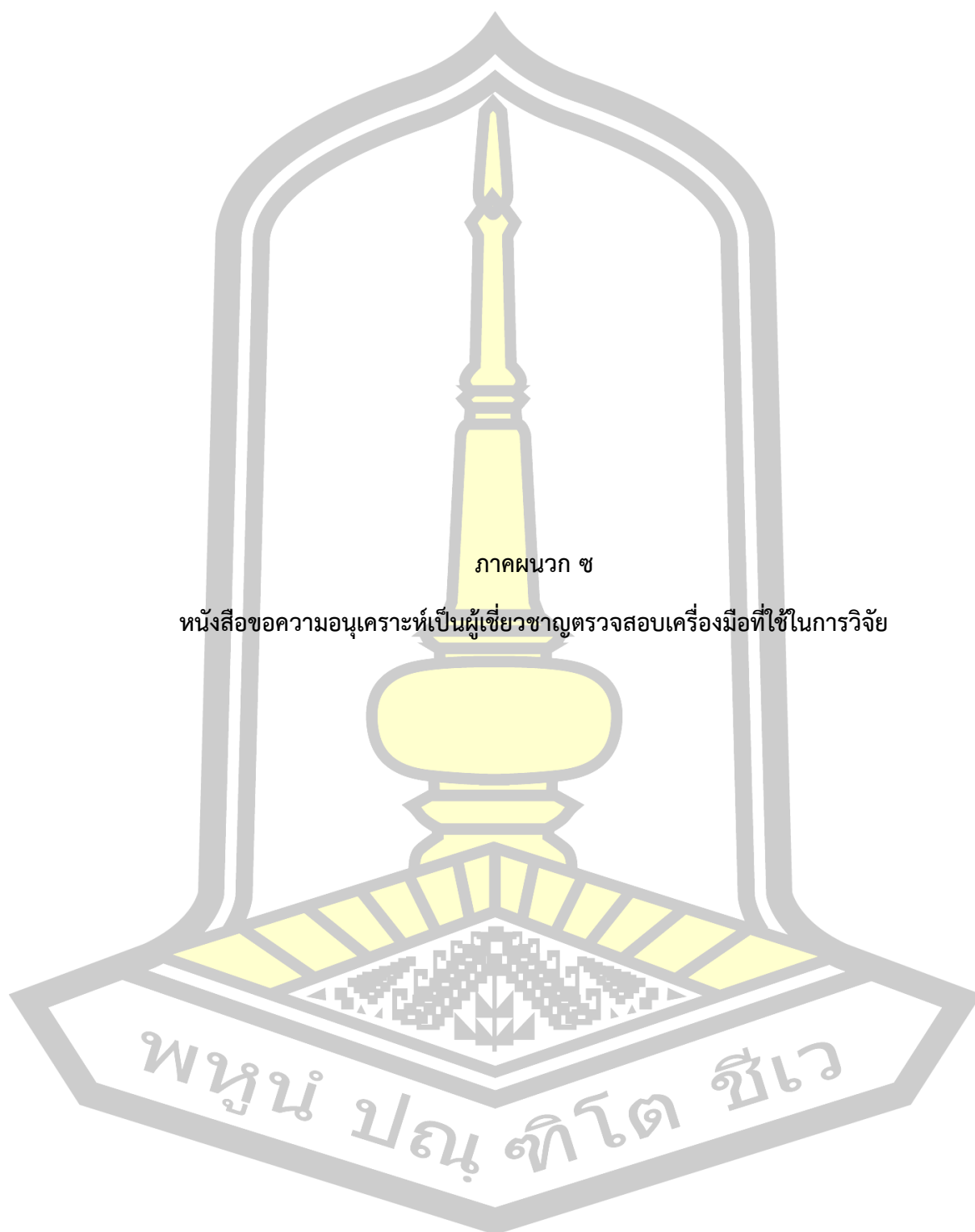
ตารางที่ 36 คะแนนแบบทดสอบความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ของนักเรียนกลุ่ม
ตัวอย่างชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยกระบวนการ
ออกแบบเชิงวิศวกรรมตามแนวคิดสะเต็มศึกษาหลังเรียนในแต่ละด้าน

เลขที่	องค์ประกอบ ที่ 1		องค์ประกอบ ที่ 2		องค์ประกอบ ที่ 3		องค์ประกอบ ที่ 4	
	ข้อ 1	ข้อ 2	ข้อ 1	ข้อ 1	ข้อ 2	ข้อ 1	ข้อ 2	ข้อ 3
คะแนน	9	9	9	9	9	9	9	9
1	7	6	7	6	8	8	7	7
2	6	8	6	6	9	6	7	7
3	7	7	7	7	8	5	7	7
4	7	6	8	8	6	7	6	6
5	7	6	7	8	6	6	7	7
6	7	6	7	8	7	6	6	7
7	7	7	8	7	6	8	7	6
8	6	7	7	7	7	7	8	7
9	7	8	7	6	6	7	8	6
10	7	7	8	7	8	6	8	6
11	7	7	8	6	8	7	7	7
12	7	7	6	7	7	7	6	7
13	6	6	7	9	8	6	7	8
14	7	7	8	7	8	6	6	7
15	7	8	7	6	8	7	5	6
16	7	7	7	7	6	7	8	6
17	6	7	7	7	6	9	6	8
18	6	7	7	7	8	7	7	7
19	9	9	7	7	8	6	6	7
20	8	8	6	8	8	6	7	8
21	9	6	7	7	7	6	6	7
22	6	8	9	7	7	7	8	6
23	7	8	7	8	8	7	6	8
24	9	7	8	6	7	9	7	8
25	7	8	6	9	8	6	7	6
26	7	7	8	8	7	9	9	8
27	6	7	6	7	7	6	7	7

ตารางที่ 36 (ต่อ)

เลขที่	องค์ประกอบ ที่ 1		องค์ประกอบ ที่ 2		องค์ประกอบ ที่ 3		องค์ประกอบ ที่ 4	
	ข้อ 1	ข้อ 2	ข้อ 1	ข้อ 1	ข้อ 2	ข้อ 1	ข้อ 2	ข้อ 3
คะแนน	9	9	9	9	9	9	9	9
28	7	8	7	8	6	8	7	8
29	8	6	7	7	7	7	8	7
30	7	7	6	8	7	7	8	7
31	9	8	6	8	8	7	7	6
32	8	6	7	6	8	9	7	8
33	8	6	7	8	7	6	9	8
34	7	6	8	9	6	6	7	8
35	9	8	6	8	8	8	7	6
36	6	7	7	7	9	8	6	7
37	7	7	7	7	6	7	9	7
38	8	7	6	7	7	8	8	9
39	8	6	7	7	6	8	7	7
รวม	290	283	283	292	291	282	285	284
$\bar{X}$	7.20	7.02	7.07	7.30	7.27	7.05	7.12	7.10
S.D.	0.92	0.81	0.74	0.84	0.90	1.02	0.92	0.79
ร้อยละ	80.05	78.06	78.61	81.11	80.83	78.33	79.16	78.88





ภาคผนวก ซ

หนังสือขอความอนุเคราะห์เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

พูน ปรณ จิตโต ชีวะ



ที่ อว 0605.5(2)/ว97

คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
อำเภอเมือง จังหวัดมหาสารคาม 44000

7 มกราคม 2568

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือ**เรียน** รองศาสตราจารย์ ดร.ปาริชาติ ประเสริฐสังข์

ด้วย นางสาวรัตนภรณ์ หินอ่อน นิสิตระดับปริญญาโท สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม กำลังศึกษาและทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง "การพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมตามแนวคิดสะเต็มศึกษาที่ส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ เรื่อง พลังงานความร้อน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1" ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร กศ.ม หลักสูตรและการสอน โดยมี ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จิตติรดา พลเยี่ยม เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลักในครั้งนี้

เพื่อให้การจัดทำวิทยานิพนธ์เป็นไปด้วยความเรียบร้อย และบรรลุตามวัตถุประสงค์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรอบรู้ ความสามารถ และมีประสบการณ์ในเรื่องนี้เป็นอย่างดี จึงใคร่ขอความอนุเคราะห์จากท่านผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย เพื่อนิสิตจะนำข้อมูลที่ได้ไปดำเนินการในขั้นตอนต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม หวังเป็นอย่างยิ่งว่า คงได้รับความกรุณาจากท่านด้วย และขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์ ดร.ทรงศักดิ์ ภูสีอ่อน)

รองคณบดี ปฏิบัติราชการแทน

คณบดีคณะศึกษาศาสตร์

งานวิชาการและบัณฑิตศึกษา คณะศึกษาศาสตร์

โทรศัพท์ 0-4371-9800 ต่อ 6216



ที่ อว 0605.5(2)/ว97

คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
อำเภอเมือง จังหวัดมหาสารคาม 44000

7 มกราคม 2568

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือ

เรียน อาจารย์ ดร. ธัญญาพร ก่องขันธุ์

ด้วย นางสาวรัตนกรณ์ หินอ่อน นิสิตระดับปริญญาโท สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม กำลังศึกษาและทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง "การพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมตามแนวคิดสะเต็มศึกษาที่ส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ เรื่อง พลังงานความร้อน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1" ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร กศ.ม หลักสูตรและการสอน โดยมี ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จิตติรดา พลเยี่ยม เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลักในครั้งนี้

เพื่อให้การจัดทำวิทยานิพนธ์เป็นไปด้วยความเรียบร้อย และบรรลุตามวัตถุประสงค์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรอบรู้ ความสามารถ และมีประสบการณ์ในเรื่องนี้เป็นอย่างดี จึงใคร่ขอความอนุเคราะห์จากท่านผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย เพื่อนิสิตจะนำข้อมูลที่ได้ไปดำเนินการในขั้นตอนต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม หวังเป็นอย่างยิ่งว่า คงได้รับความกรุณาจากท่านด้วย และขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์ ดร.ทองศักดิ์ ภูสีอ่อน)

รองคณบดี ปฏิบัติราชการแทน
คณบดีคณะศึกษาศาสตร์

งานวิชาการและบัณฑิตศึกษา คณะศึกษาศาสตร์
โทรศัพท์ 0-4371-9800 ต่อ 6216



ที่ อว 0605.5(2)/ว97

คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
อำเภอเมือง จังหวัดมหาสารคาม 44000

7 มกราคม 2568

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือ**เรียน** นายพิพัฒน์พงศ์ พลเยี่ยม

ด้วย นางสาวรัตนภรณ์ หินอ่อน นิสิตระดับปริญญาโท สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม กำลังศึกษาและทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง "การพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมตามแนวคิดสะเต็มศึกษาที่ส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ เรื่อง พลังงานความร้อน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1" ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร กศ.ม หลักสูตรและการสอน โดยมี ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ฐิติวรดา พลเยี่ยม เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลักในครั้งนี้

เพื่อให้การจัดทำวิทยานิพนธ์เป็นไปด้วยความเรียบร้อย และบรรลุตามวัตถุประสงค์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรอบรู้ ความสามารถ และมีประสบการณ์ในเรื่องนี้เป็นอย่างดี จึงใคร่ขอความอนุเคราะห์จากท่านผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย เพื่อนิสิตจะนำข้อมูลที่ได้ไปดำเนินการในขั้นตอนต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม หวังเป็นอย่างยิ่งว่า คงได้รับความกรุณาจากท่านด้วย และขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์ ดร.ทรงศักดิ์ ภูสีอ่อน)

รองคณบดี ปฏิบัติราชการแทน
คณบดีคณะศึกษาศาสตร์งานวิชาการและบัณฑิตศึกษา คณะศึกษาศาสตร์
โทรศัพท์ 0-4371-9800 ต่อ 6216



ที่ อว 0605.5(2)/ว97

คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
อำเภอเมือง จังหวัดมหาสารคาม 44000

7 มกราคม 2568

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือ

เรียน นายพรหม ผูกดวง

ด้วย นางสาวรัตนารณ์ หินอ่อน นิสิตระดับปริญญาโท สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม กำลังศึกษาและทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง "การพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมตามแนวคิดสะเต็มศึกษาที่ส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ เรื่อง พลังงานความร้อน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1" ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร กศ.ม หลักสูตรและการสอน โดยมี ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ฐิติวรดา พลเยี่ยม เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลักในครั้งนี

เพื่อให้การจัดทำวิทยานิพนธ์เป็นไปด้วยความเรียบร้อย และบรรลุตามวัตถุประสงค์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรอบรู้ ความสามารถ และมีประสบการณ์ในเรื่องนี้เป็นอย่างดี จึงใคร่ขอความอนุเคราะห์จากท่านผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย เพื่อนิสิตจะนำข้อมูลที่ได้ไปดำเนินการในขั้นตอนต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม หวังเป็นอย่างยิ่งว่า คงได้รับความกรุณาจากท่านด้วย และขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์ ดร.ทรงศักดิ์ ภูสีอ่อน)

รองคณบดี ปฏิบัติราชการแทน

คณบดีคณะศึกษาศาสตร์

งานวิชาการและบัณฑิตศึกษา คณะศึกษาศาสตร์
โทรศัพท์ 0-4371-9800 ต่อ 6216



ที่ อว 0605.5(2)/ 98

คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
อำเภอเมือง จังหวัดมหาสารคาม 44000

7 มกราคม 2568

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์ทดลองใช้เครื่องมือเพื่อการทำวิทยานิพนธ์

เรียน ผู้อำนวยการโรงเรียนประสาทวิทยาคาร

ด้วย นางสาวรัตนภรณ์ หินอ่อน นิสิตระดับปริญญาโท สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม กำลังศึกษาและทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง "การพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมตามแนวคิดสะเต็มศึกษาที่ส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ เรื่อง พลังงานความร้อน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1" ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร กศ.ม หลักสูตรและการสอน โดยมี ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จิตติรดา พลเยี่ยม เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลักในครั้งนี

เพื่อให้การจัดทำวิทยานิพนธ์เป็นไปด้วยความเรียบร้อย และบรรลุตามวัตถุประสงค์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม จึงใคร่ขอความอนุเคราะห์จากท่านได้อนุญาตให้ นางสาวรัตนภรณ์ หินอ่อน ทดลองใช้เครื่องมือวิจัย เพื่อนิสิตจะนำข้อมูลที่ได้ไปดำเนินการในขั้นตอนต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม หวังเป็นอย่างยิ่งว่า คงได้รับความกรุณาจากท่านด้วย และขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์ ดร.ทรงศักดิ์ ภูสีอ่อน)

รองคณบดี ปฏิบัติราชการแทน

คณบดีคณะศึกษาศาสตร์

งานวิชาการและบัณฑิตศึกษา คณะศึกษาศาสตร์
โทรศัพท์ 0-4371-9800 ต่อ 6216



ที่ อว 0605.5(2)/99

คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
อำเภอเมือง จังหวัดมหาสารคาม 44000

7 มกราคม 2568

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์เก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อการทำวิทยานิพนธ์

เรียน ผู้อำนวยการโรงเรียนประสาทวิทยาคาร

ด้วย นางสาวรัตนภรณ์ หินอ่อน นิสิตระดับปริญญาโท สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม กำลังศึกษาและทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง "การพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมตามแนวคิดสะเต็มศึกษาที่ส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ เรื่อง พลังงานความร้อน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1" ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร กศ.ม หลักสูตรและการสอน โดยมี ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จิตติรดา พลเยี่ยม เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลักในครั้งนี

เพื่อให้การจัดทำวิทยานิพนธ์เป็นไปด้วยความเรียบร้อย และบรรลุตามวัตถุประสงค์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม จึงใคร่ขอความอนุเคราะห์จากท่านได้อนุญาตให้ นางสาวรัตนภรณ์ หินอ่อน เก็บรวบรวมข้อมูลสำหรับการทำวิทยานิพนธ์ในครั้งนี เพื่อนิสิตจะนำข้อมูลที่ได้ไปดำเนินการในขั้นตอนต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม หวังเป็นอย่างยิ่งว่า คงได้รับความกรุณาจากท่านด้วย และขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์ ดร.ทรงศักดิ์ ภูสีอ่อน)

รองคณบดี ปฏิบัติราชการแทน

คณบดีคณะศึกษาศาสตร์

งานวิชาการและบัณฑิตศึกษา คณะศึกษาศาสตร์
โทรศัพท์ 0-4371-9800 ต่อ 6216

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ นางสาวรัตนารณ์ หินอ่อน
วันเกิด วันที่ 25 มกราคม พ.ศ.2537
สถานที่เกิด อำเภอรัตนบุรี จังหวัดสุรินทร์
สถานที่อยู่ปัจจุบัน บ้านเลขที่ 98 หมู่ 2 อำเภอรัตนบุรี จังหวัดสุรินทร์ รหัสไปรษณีย์ 32130
ตำแหน่งหน้าที่การงาน ครู
สถานที่ทำงานปัจจุบัน โรงเรียนประสาทวิทยาคาร อำเภอปราสาท จังหวัดสุรินทร์ รหัสไปรษณีย์ 32140
ประวัติการศึกษา พ.ศ. 2561 ครุศาสตรบัณฑิต (ค.บ.)
สาขาวิทยาศาสตร์ทั่วไป
มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา
พ.ศ. 2568 การศึกษามหาบัณฑิต (กศ.ม.)
สาขาหลักสูตรและการสอน
มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

พูน ปณ จิโต ชีเว