



ผลการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา ร่วมกับเทคนิคกลุ่มร่วมมือที่ส่งผลต่อความคิดสร้างสรรค์
ทางวิทยาศาสตร์และความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้น
มัธยมศึกษาปีที่ 5 เมื่อควบคุมทักษะการทำงานเป็นทีม

THE RESULTS OF THE STEM EDUCATION WITH COLLABORATIVE GROUP
TECHNIQUES ON SCIENTIFIC CREATIVITY AND SCIENTIFIC PROBLEM SOLVING OF

ฐิตินันท์ ม่วงจิน

ผลการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาร่วมกับเทคนิคกลุ่มร่วมมือที่ส่งผลต่อความคิดสร้างสรรค์
ทางวิทยาศาสตร์และความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้น
มัธยมศึกษาปีที่ 5 เมื่อควบคุมทักษะการทำงานเป็นทีม



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
การศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการศึกษา ประเมิน และวิจัยการศึกษา
คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
ปีการศึกษา 2564
ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

THE RESULTS OF THE STEM EDUCATION WITH COLLABORATIVE GROUP
TECHNIQUES ON SCIENTIFIC CREATIVITY AND SCIENTIFIC PROBLEM SOLVING OF
GRADE 11 STUDENTS WHEN CONTROLLING TEAMWORK SKILL



TITINAN MUANGJIN

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of MASTER OF EDUCATION
(Educational Measurement, Evaluation, and Research)
Faculty of Education, Srinakharinwirot University

2021

Copyright of Srinakharinwirot University

ปริญญานิพนธ์

เรื่อง

ผลการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา ร่วมกับเทคนิคกลุ่มร่วมมือที่ส่งผลต่อความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์
และความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เมื่อควบคุมทักษะ
การทำงานเป็นทีม

ของ

ฐิตินันท์ ม่วงจีน

ได้รับอนุมัติจากบัณฑิตวิทยาลัยให้นับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการวัด ประเมิน และวิจัยการศึกษา
ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

(รองศาสตราจารย์ นายแพทย์ฉัตรชัย เอกปัญญาสกุล)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

คณะกรรมการสอบปากเปล่าปริญญานิพนธ์

..... ที่ปรึกษาหลัก ประธาน
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อรอุมา เจริญสุข) (รองศาสตราจารย์ ดร.ชัยวิชิต เขียวระนะ)

..... ที่ปรึกษาร่วม กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พนิดา ศกุนตนาค) (รองศาสตราจารย์ ดร.อิทธิพัทธ์ สุวทันพรภูถ)

ชื่อเรื่อง	ผลการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา ร่วมกับเทคนิคกลุ่มร่วมมือที่ส่งผลต่อความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์และความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เมื่อควบคุมทักษะการทำงานเป็นทีม
ผู้วิจัย	ฐิตินันท์ ม่วงจีน
ปริญญา	การศึกษามหาบัณฑิต
ปีการศึกษา	2564
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. อรุณา เจริญสุข
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. พนิดา ศกุนตนาค

การวิจัยครั้งนี้เป็นการศึกษาผลการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา ร่วมกับเทคนิคกลุ่มร่วมมือที่ส่งผลต่อความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์และความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ ตัวอย่างเป็นนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2564 โรงเรียนมัธยมวัดหนองจอก จำนวนทั้งสิ้น 36 คน โดยแบ่งเป็นกลุ่มทดลองที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา ร่วมกับเทคนิคกลุ่มร่วมมือและกลุ่มควบคุมที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) จำนวนกลุ่มละ 18 คน ได้มาจากการเลือกแบบหลายขั้นตอน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ 1) แผนการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา ร่วมกับเทคนิคกลุ่มร่วมมือ จำนวน 6 แผน มีค่าความเหมาะสมของแผนระหว่าง 4.41 - 4.84 2) แผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) จำนวน 6 แผน มีค่าความเหมาะสมของแผนระหว่าง 4.64 - 4.89 3) แบบประเมินทักษะการทำงานเป็นทีมฉบับนักเรียนประเมินตนเอง มีค่าอำนาจจำแนกรายข้อ (r) มีค่าระหว่าง 0.56 - 1.00 ส่วนฉบับผู้สอนประเมินนักเรียนมีค่าอำนาจจำแนก (r) ระหว่าง 0.20 - 0.66 4) แบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ มีค่าอำนาจจำแนก (r) ระหว่าง 0.35 - 0.50 5) แบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ มีค่าอำนาจจำแนก (r) ระหว่าง 0.40 - 0.67 และมีค่าความเชื่อมั่นทั้งฉบับเท่ากับ 0.90, 0.93, 0.77 และ 0.73 ตามลำดับ สถิติที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ สถิติทดสอบค่าที (t-test for dependent samples) และสถิติความแปรปรวนร่วมตัวแปรพหุนาม (Multivariate Analysis of Covariance: MANCOVA) ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนกลุ่มทดลองมีความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์และความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ($t = 19.65$, $df = 17$, $p = 0.00$, $t = 16.82$, $df = 17$, $p = 0.00$) ตามลำดับ และนักเรียนกลุ่มทดลองมีความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์และความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์สูงกว่านักเรียนกลุ่มควบคุม เมื่อควบคุมทักษะการทำงานเป็นทีม ($F = 52.19$, $df = 1$, $p = 0.00$, $F = 25.93$, $df = 1$, $p = 0.00$) ตามลำดับ

คำสำคัญ : ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์, ความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์, สะเต็มศึกษา

Title	THE RESULTS OF THE STEM EDUCATION WITH COLLABORATIVE GROUP TECHNIQUES ON SCIENTIFIC CREATIVITY AND SCIENTIFIC PROBLEM SOLVING OF GRADE 11 STUDENTS WHEN CONTROLLING TEAMWORK SKILL
Author	TITINAN MUANGJIN
Degree	MASTER OF EDUCATION
Academic Year	2021
Thesis Advisor	Assistant Professor Dr. Ornuma Charoensuk
Co Advisor	Assistant Professor Dr. Panida Sakuntanak

This research aims to study the results of the STEM education with collaborative group techniques on scientific creativity and scientific problem-solving. The samples in this research were Mathayom Five students at Mattayom Watnongchok School, studying in the second semester of the 2021 academic year and under the authority of the Secondary Education Service Area, Bangkok Two. A total of 36 participants were divided into an experimental group, with 18 students taught with STEM education using the collaborative group technique, and a control group of 18 students, taught using the 5E method. The instruments used in the research consisted of the following: (1) STEM education with collaborative group techniques using six plans, with an appropriateness between 4.41 and 4.84; (2) the 5E model had six 6 plans with an appropriateness value between 4.64 and 4.89; (3) the Self-Assessment Teamwork Skills Form, which had a power of discrimination (r) between 0.56 and 1.00, while the Teacher's Student Assessment Edition had a power of discrimination (r) between 0.20 and 0.66; (4) a scientific creativity test, with a power of discrimination (r) between 0.35 and 0.50, and (5) a scientific problem-solving test, with a with a power of discrimination (r) between 0.40 and 0.67, and a reliability of 0.90,0.93,0.77,0.73. The results showed that the students in the experimental group had higher scientific creativity and scientific problem-solving at a statistically significant level of .05 ($t = 19.65$, $df = 17$, $p = 0.00$, $t = 16.82$, $df = 17$, $p = 0.00$) respective and the scientific creativity and scientific problem-solving of the experimental group were higher than the control group, especially in terms of controlling teamwork skills. ($F = 52.19$, $df = 1$, $p = 0.00$, $F = 25.93$, $df = 1$, $p = 0.00$) respective.

Keyword : Scientific Creativity, Scientific Problem Ability, STEM Education

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญาานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จสมบูรณ์ได้ด้วยความกรุณาจากผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. อรุณา เจริญสุข อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญาานิพนธ์ และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. พนิดา ศกุนตนาค อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญาานิพนธ์ร่วม ที่ได้สละเวลาอันมีค่าในการให้คำปรึกษา แนะนำ ช่วยเหลือ ดูแล และให้กำลังใจเป็นอย่างดี ตลอดจนตรวจสอบแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ จนทำให้ปริญญาานิพนธ์ฉบับนี้มีความสมบูรณ์และมีคุณค่าเป็นอย่างยิ่ง ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งและประทับใจในความกรุณาของอาจารย์เป็นอย่างยิ่ง จึงขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอกราบขอบพระคุณคณะกรรมการสอบปากเปล่าปริญญาานิพนธ์ รองศาสตราจารย์ ดร.ชัยวิชิต เขียวชนะ และรองศาสตราจารย์ ดร.อิทธิพัทธ์ สุวทันพรกุล ที่ได้ให้ความกรุณาเสียสละเวลาอันมีค่าในการให้คำแนะนำปรึกษา เสนอข้อคิดเห็นที่มีประโยชน์และมีคุณค่าเป็นอย่างยิ่งต่อการปรับปรุง แก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ อันเป็นประโยชน์ต่อการทำปริญญาานิพนธ์จนทำให้เป็นงานวิจัยที่มีคุณภาพ ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งในความเมตตากรุณาและขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอกราบขอบพระคุณคณาจารย์ในภาควิชาการวัดผลและวิจัยการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒทุกท่านที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้อันทรงคุณค่าให้แก่ผู้วิจัย จนสามารถนำความรู้ที่ได้รับไปประยุกต์ใช้ในการศึกษาวิจัยเพื่อพัฒนาสังคมและประเทศชาติต่อไป ผู้วิจัยจึงขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.มนตา ตุลย์เมธากาญ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. โชคชัย พุทธิรักษา นายชูเกียรติ ชัยชนะดารา ครูเชี่ยวชาญ นายสมิตร สอนสุข ครูชำนาญการพิเศษ และนายอดิศักดิ์ ยงยุทธ ครูชำนาญการพิเศษ ที่ได้กรุณาเป็นผู้เชี่ยวชาญให้คำแนะนำในการตรวจสอบคุณภาพและแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ของเครื่องมือวิจัยในการทำปริญญาานิพนธ์อย่างดียิ่ง

ขอกราบขอบพระคุณ ดร. ประสันดา โสมอินทร์ และว่าที่ ร.ต. ณัฐพล อิมใจ ที่ได้สละเวลาอันมีค่าในการให้คำปรึกษา แนะนำ ช่วยเหลือ ดูแล และให้กำลังใจเป็นอย่างดี ขอขอบคุณเพื่อน ๆ พี่ ๆ นิสิตสาขาวิชาการวัดประเมิน และวิจัยการศึกษา ทุกคนที่เป็นที่ปรึกษาและให้กำลังใจแก่ผู้วิจัยมาโดยตลอด ขอขอบคุณคณะครูและนักเรียนโรงเรียนมัธยมวัดหนองจอก กรุงเทพมหานคร ที่ให้ความร่วมมือในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้และเก็บข้อมูลวิจัยครั้งนี้ให้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

สุดท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณบิดามารดา และสมาชิกในครอบครัวทุกท่านที่ให้การสนับสนุนด้านการศึกษาและคอยเป็นกำลังใจ ห่วงใยกับผู้วิจัยจนประสบความสำเร็จในครั้งนี้ คุณค่าและประโยชน์ใด ๆ อันเกิดขึ้นจากปริญญาานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้วิจัยขอมอบเป็นเครื่องบูชาพระคุณของบิดามารดา ครูอาจารย์ ตลอดจนผู้มีพระคุณทุกท่านที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ให้แก่ผู้วิจัย

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ	ช
สารบัญตาราง.....	ฎ
สารบัญรูปภาพ	ฏ
บทที่ 1 บทนำ.....	1
ภูมิหลัง	1
คำถามของการวิจัย.....	6
ความมุ่งหมายของการวิจัย	7
ความสำคัญของการวิจัย	7
ขอบเขตการวิจัย	7
นิยามศัพท์เฉพาะ.....	8
กรอบแนวคิดในการวิจัย	12
สมมติฐานการวิจัย.....	13
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	14
1. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา.....	15
1.1 ความหมายของสะเต็มศึกษา	15
1.2 กระบวนการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา	17
1.3 ข้อดีและข้อจำกัดของการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา.....	20
1.4 แนวทางการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาในการเรียนการสอน	20

1.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา.....	21
2. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือ	24
2.1 ความหมายของการจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือ.....	24
2.2 องค์ประกอบของการจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือ	25
2.3 เทคนิคการจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือ.....	26
2.4 ความหมายของเทคนิคกลุ่มร่วมมือ	27
2.5 กระบวนการสอนของเทคนิคกลุ่มร่วมมือ.....	27
2.6 ประโยชน์ของการจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือ	28
2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือ	29
3. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาร่วมกับเทคนิคร่วมมือ ...	30
3.1 ทฤษฎีที่สนับสนุนการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา	30
3.2 งานวิจัยที่เกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาร่วมกับการจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือ	32
4. การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E)	35
4.1 ความหมายการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E)	35
4.2 ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E)	36
4.3 ข้อดีและข้อจำกัดของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E).....	39
4.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E).....	39
5. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวกับทักษะการทำงานเป็นทีม	40
5.1 ความหมายของการทำงานเป็นทีม	40
5.2 องค์ประกอบของการทำงานเป็นทีม.....	41
5.3 ความสำคัญของการทำงานเป็นทีม.....	42
5.4 แนวทางการวัดและประเมินผลทักษะการทำงานเป็นทีม	43

5.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับทักษะการทำงานเป็นทีม	43
6. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์	45
6.1 ความหมายของความคิดสร้างสรรค์.....	45
6.2 ความหมายของความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์.....	47
6.3 องค์ประกอบของความคิดสร้างสรรค์.....	48
6.4 ความสำคัญของความคิดสร้างสรรค์.....	50
6.5 กระบวนการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์	50
6.6 การวัดและประเมินความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์.....	53
6.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์	55
7. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์	56
7.1 ความหมายของความสามารถในการแก้ปัญหา	56
7.2 ความหมายความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์	57
7.3 กระบวนการของความสามารถในการแก้ปัญหา	58
7.4 ความสำคัญของความสามารถในการแก้ปัญหา	61
7.5 การวัดและประเมินผลความสามารถในการแก้ปัญหา.....	61
7.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์	64
บทที่ 3 วิธีการดำเนินการวิจัย.....	68
1. การกำหนดประชากรและตัวอย่าง	68
2. เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัย.....	70
3. การกำหนดระยะเวลาในการวิจัย	71
4. แบบแผนการทดลอง	71
5. การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย	72
6. การดำเนินการทดลอง	85

7. การจัดทำข้อมูลและการวิเคราะห์ข้อมูล	86
บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล	89
สัญลักษณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล	89
การนำเสนอผลการวิเคราะห์	89
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล	90
บทที่ 5 สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ	102
สรุปผลการวิจัย	103
อภิปรายผล	103
ข้อเสนอแนะ	106
บรรณานุกรม	108
ภาคผนวก	124
ภาคผนวก ก รายงานผู้เชี่ยวชาญในการตรวจเครื่องมือ	125
ภาคผนวก ข เอกสารรับรองจริยธรรมในมนุษย์	127
ภาคผนวก ค ผลการตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือวิจัย	129
ภาคผนวก ง ตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้	137
ภาคผนวก จ เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย	149
ภาคผนวก ฉ ผลการเก็บรวบรวมข้อมูล	162
ประวัติผู้เขียน	167

สารบัญตาราง

	หน้า
ตาราง 1 การสังเคราะห์ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E)	37
ตาราง 2 การสังเคราะห์องค์ประกอบของความคิดสร้างสรรค์	49
ตาราง 3 การสังเคราะห์กระบวนการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์.....	52
ตาราง 4 การสังเคราะห์กระบวนการของความสามารถในการแก้ปัญหา	60
ตาราง 5 แบบแผนการทดลอง	71
ตาราง 6 แสดงการเปรียบเทียบการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาร่วมกับเทคนิคกลุ่มร่วมมือกับ การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E).....	75
ตาราง 7 โครงสร้างของแบบประเมินทักษะการทำงานเป็นทีม	77
ตาราง 8 เกณฑ์การให้คะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์.....	83
ตาราง 9 ผลการวิเคราะห์สถิติบรรยายของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา ร่วมกับเทคนิคกลุ่มร่วมมือ (n=18)	91
ตาราง 10 ผลการวิเคราะห์สถิติบรรยายของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหา ความรู้ (5E) (n=18)	92
ตาราง 11 ผลการวิเคราะห์ความเท่าเทียมทักษะการทำงานเป็นทีมก่อนเรียนของนักเรียนกลุ่ม ทดลองและนักเรียนกลุ่มควบคุม	93
ตาราง 12 ผลการวิเคราะห์ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์และความสามารถในการ แก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มทดลองระหว่างก่อนและหลังเรียน	94
ตาราง 13 ผลการทดสอบข้อตกลงเบื้องต้นและการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมของตัวแปร พหุ นามของนักเรียนในกลุ่มทดลองและนักเรียนกลุ่มควบคุม	97
ตาราง 14 ผลการวิเคราะห์ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่ม ควบคุม เมื่อควบคุมอิทธิพลทักษะการทำงานเป็นทีม	98

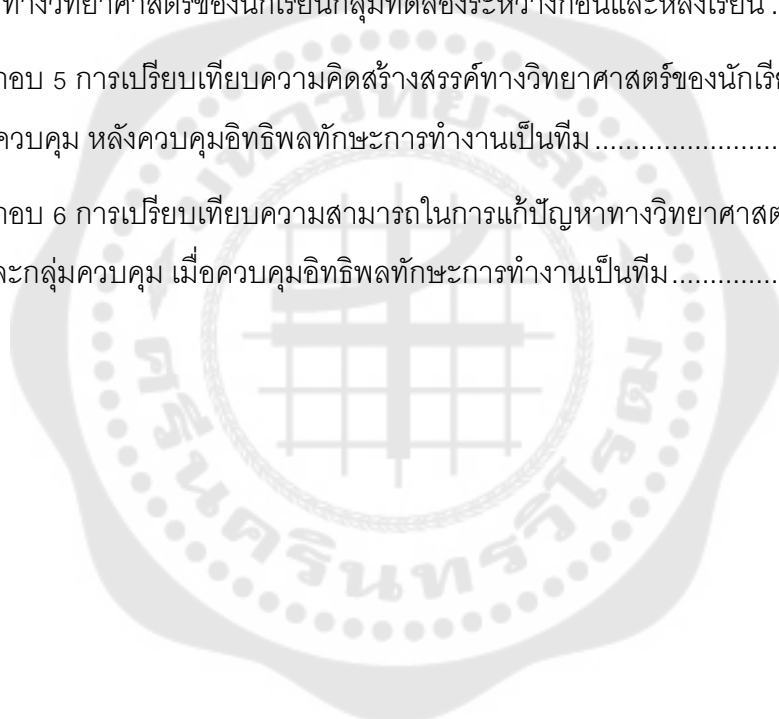
ตาราง 15 ผลการวิเคราะห์ความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม เมื่อควบคุมอิทธิพลที่ก่การทำงานเป็นทีม	100
ตาราง 16 ค่าประเมินความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาร่วมกับเทคนิคกลุ่มร่วมมือ.....	130
ตาราง 17 ค่าประเมินความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E)...	130
ตาราง 18 ค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับนิยามศัพท์ (Index of item-object congruence : IOC) ของแบบประเมินทักษะการทำงานเป็นทีมฉบับนักเรียนประเมินตนเอง ...	131
ตาราง 19 ค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบประเมินทักษะการทำงานเป็นทีมฉบับนักเรียนประเมินตนเอง	132
ตาราง 20 ค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับนิยามศัพท์ (Index of item-object congruence : IOC) ของแบบประเมินทักษะการทำงานเป็นทีมฉบับผู้สอนประเมินนักเรียน	133
ตาราง 21 ค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบประเมินทักษะการทำงานเป็นทีมฉบับผู้สอนประเมินนักเรียน	134
ตาราง 22 ค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับนิยามศัพท์ (Index of item-object congruence : IOC) ของแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์.....	135
ตาราง 23 ค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์	135
ตาราง 24 ค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับนิยามศัพท์ (Index of item-object congruence : IOC) ของแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์	136
ตาราง 25 ค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์...	136
ตาราง 26 คะแนนความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์และความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ก่อนและหลังเรียนของนักเรียนกลุ่มทดลองที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาร่วมกับเทคนิคกลุ่มร่วมมือ	163
ตาราง 27 คะแนนความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์และความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์คะแนนก่อนและหลังเรียนของนักเรียนกลุ่มควบคุมที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบ สืบเสาะหาความรู้ (5E)	164

ตาราง 28 คะแนนทักษะการทำงานเป็นทีมก่อนเรียนของนักเรียนกลุ่มทดลองที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาร่วมกับเทคนิคกลุ่มร่วมมือ	165
ตาราง 29 คะแนนทักษะการทำงานเป็นทีมก่อนเรียนของนักเรียนกลุ่มควบคุมที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E).....	166



สารบัญรูปภาพ

	หน้า
ภาพประกอบ 1 กรอบแนวคิดที่ใช้ในการวิจัย	13
ภาพประกอบ 2 กระบวนการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา	18
ภาพประกอบ 3 ขั้นตอนการเลือกตัวอย่าง	70
ภาพประกอบ 4 การเปรียบเทียบความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์และความสามารถ ในการ แก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มทดลองระหว่างก่อนและหลังเรียน	95
ภาพประกอบ 5 การเปรียบเทียบความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน กลุ่มทดลอง และกลุ่มควบคุม หลังควบคุมอิทธิพลทักษะการทำงานเป็นทีม	99
ภาพประกอบ 6 การเปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน กลุ่ม ทดลองและกลุ่มควบคุม เมื่อควบคุมอิทธิพลทักษะการทำงานเป็นทีม	100



บทที่ 1

บทนำ

ภูมิหลัง

ศตวรรษที่ 21 เป็นยุคแห่งเทคโนโลยีสารสนเทศที่มีการสื่อสารอย่างรวดเร็ว มีการแข่งขันสูงทั้งในด้านการศึกษา อาชีพ และเศรษฐกิจ จึงต้องเตรียมคนรุ่นใหม่ให้มีทักษะที่จำเป็นพร้อมดำรงชีวิตในสังคมที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว (สุพรรณิ ชาญประเสริฐ, 2557, น. 10) ซึ่งทักษะศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม เป็นตัวกำหนดความพร้อมของนักเรียนในการเข้าสู่โลกการทำงานปัจจุบันที่มีความซับซ้อนมาก (สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน, 2563, น. 7) และก่อให้เกิดปัญหาใหม่ ๆ ที่ซับซ้อนมากขึ้นตามไปด้วย หากแก้ปัญหาด้วยทัศนคติ การคิดแบบเดิม อาจจะไม่สามารถแก้ปัญหาเหล่านั้นได้ (เดชา เดชะวัฒน์ไพศาล, 2557, น. 86) นอกจากนี้หากนำความรู้ด้านวิทยาศาสตร์มาผสมผสานจะช่วยให้มนุษย์ได้พัฒนาวิธีคิด ทั้งความคิดเป็นเหตุเป็นผล คิดสร้างสรรค์ คิดวิเคราะห์ วิจัย มีทักษะสำคัญในการค้นคว้าหาความรู้ มีความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบ (กระทรวงศึกษาธิการ, 2551, น. 75) ดังนั้นจึงต้องมีความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์และความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์เพื่อให้มนุษย์สามารถรับมือและหาทางออกให้กับปัญหาใหม่ ๆ ที่เกิดขึ้นทั้งในปัจจุบันและอนาคตได้

ความคิดสร้างสรรค์เป็นความสามารถทางสมองที่คิดหลากหลาย นำไปสู่การคิดค้นพบสิ่งแปลกใหม่ด้วยการคิดดัดแปลง ปรับปรุงผสมผสานระหว่างทฤษฎีกับจินตนาการ ทำให้เกิดผลผลิตที่มีประโยชน์ต่อสังคม (ก.พ., 2559, ออนไลน์) ซึ่งมีอยู่ในตัวมนุษย์ทุกคนต่างกันที่พื้นฐานเดิม แต่สามารถพัฒนาได้ (ประทุม อัตชู, 2535, น. 12) บุคคลที่มีความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ จะมีความสามารถในการจดจำปัญหา การผลิตความคิดแปลกใหม่ การจัดระเบียบความคิด รวมไปถึงการประเมินผล Piltz & Sund (1974, p. 4) อีกทั้งความคิดสร้างสรรค์ยังช่วยให้มนุษย์ปรับตัวในสถานการณ์ต่าง ๆ สร้างแนวคิดหรือผลงานแปลกใหม่ไปประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหา (สิริลักษณ์ นิธิธรรมกุล, 2554, น. 18; สุวิทย์ มูลคำ, 2547, น. 26-27); ประพันธ์ศิริ สุเสารัจ, 2556, น. 210) นอกจากนี้ความสามารถในการแก้ปัญหาเป็นอีกความสามารถหนึ่งที่สำคัญต่อการพัฒนาคุณภาพชีวิตของมนุษย์ เนื่องจากบุคคลที่จะอยู่รอดในสังคมปัจจุบันได้ต้องเป็นผู้มีประสิทธิภาพ รู้จักคิด รู้จักแก้ปัญหา รู้วิธีการแก้ปัญหา (พนัส หันนาคินทร์, 2521, น. 34) จึงต้องใช้ความสามารถในการแก้ปัญหาในการแยกแยะ วิเคราะห์ข้อมูล ประกอบกับการใช้เหตุผลและทักษะในการตัดสินใจ (Guilford, 1967, p. 7; Cardellini, 2006, p. 131-132) นำไปสู่การแก้ปัญหาอย่างมีประสิทธิภาพ

(สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา, 2550, น. 4) โดยแต่ละบุคคลมีความสามารถในการแก้ปัญหาต่างกันขึ้นอยู่กับสติปัญญา ความรู้ อารมณ์ ประสบการณ์ ตลอดจนการได้รับการจูงใจ Stanish & Eberle. (1996, p.9) (อ้างถึงในประพันธ์ศิริ สุเสารัจ, 2556, น. 157) ซึ่งการแก้ปัญหาอาจไม่เป็นไปตามขั้นตอนการจัดการเรียนสอนจึงเป็นส่วนหนึ่งที่จะช่วยพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหานักเรียนให้ดีขึ้น (กระทรวงศึกษาธิการ, 2533, น. 5 - 8) ทั้งนี้กระทรวงศึกษาของไทยมุ่งพัฒนานักเรียนให้มีคุณภาพตามมาตรฐานการเรียนรู้ ซึ่งเมื่อพัฒนานักเรียนให้บรรลุมาตรฐานการเรียนรู้ที่กำหนดจะช่วยให้เด็กเกิดสมรรถนะสำคัญ อันมีความสามารถในการคิดสร้างสรรค์และความสามารถในการแก้ปัญหาดังกล่าวไว้ในหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (กระทรวงศึกษา, 2561, น. 6)

เมื่อพิจารณาผลการทดสอบทางการศึกษาระดับชาติด้านขั้นพื้นฐาน (O-NET) ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ปีการศึกษา 2562 ระดับประเทศพบว่าคะแนนเฉลี่ยรายวิชาวิทยาศาสตร์ของโรงเรียนสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา มีค่าเท่ากับ 29.45 ซึ่งใกล้เคียงกับคะแนนเฉลี่ยระดับประเทศที่มีค่าเท่ากับ 29.20 (สถาบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ, 2563, น. 1-3) ส่วนสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 2 พบว่าจำนวนนักเรียนที่ได้คะแนนร้อยละ 50 ขึ้นไปมี 1,634 คนจากผู้เข้าสอบจำนวน 16,343 คน (สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเขต 2, 2563, น. 49) ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 9.99 ในขณะที่ผลการประเมินสมรรถนะของนักเรียนเกี่ยวกับการใช้ความรู้และทักษะในชีวิตจริงจากโปรแกรมประเมินสมรรถนะนักเรียนมาตรฐานสากล (PISA) พบว่า ผลการประเมินด้านวิทยาศาสตร์ มีคะแนนเท่ากับ 426 เมื่อนำมาวิเคราะห์แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงคะแนนตั้งแต่ปี ค.ศ. 2,000 จนถึงปัจจุบัน พบว่าผลการประเมินด้านวิทยาศาสตร์ของไทยไม่เปลี่ยนแปลงและมีค่าเฉลี่ยต่ำกว่าค่าเฉลี่ยของ OECD (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2562, น. 2) ซึ่งความคิดสร้างสรรค์และความสามารถในการแก้ปัญหาเป็นส่วนหนึ่งของคะแนนในด้านรายวิชาวิทยาศาสตร์ ทำให้ผลการทดสอบดังกล่าวสะท้อนถึงความคิดสร้างสรรค์และความสามารถในการแก้ปัญหานักเรียนที่ยังมีไม่เพียงพอ ซึ่งการจัดการเรียนรู้ที่ยึดนักเรียนเป็นความสำคัญ (กระทรวงศึกษา, 2545, น. 13) มุ่งเน้นให้นักเรียนมีทักษะกระบวนการคิด รู้จักวิเคราะห์และพัฒนาศักยภาพของตนเองอย่างเต็มที่ (กระทรวงศึกษา, 2545, น. 14) อย่างการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาที่จะช่วยส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์และความสามารถในการแก้ปัญหาได้ (สนธิ พลชัยยา, 2557, น. 7)

การจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา เป็นแนวทางการจัดการศึกษาที่ให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้และสามารถบูรณาการความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี กระบวนการทางวิศวกรรม

และคณิตศาสตร์ มาเชื่อมโยงและแก้ปัญหา (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2557, น. 13) มีเป้าหมายสำคัญคือนำนักเรียนไปสู่การคิดแก้ปัญหาและการสร้างสรรค์นวัตกรรมใหม่ ๆ และยังช่วยให้นักเรียนเกิดการคิดขั้นสูง (Higher-ordered thinking) ซึ่งเป็นทักษะที่จำเป็นในศตวรรษที่ 21 (สนธิ พลชัยยา, 2557, น. 7) อันได้แก่ การคิดแก้ปัญหา (problem solving) การคิดสร้างสรรค์ (creative thinking) และการคิดอย่างมีวิจารณญาณ (critical thinking) ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิจัยของ สุนทร ภูริปริชาเลิศ (2563, น. 108) ที่พบว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา มีความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์และความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์สูงกว่าก่อนเรียนและสูงกว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติที่ระดับนัยสำคัญ .05 เช่นเดียวกับงานวิจัยของ ศาณิตา ต่ายเมืองและคณะ (2563, น. 31) ซึ่งพบว่า ค่าเฉลี่ยความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิชาวิทยาศาสตร์ โดยการประยุกต์ใช้แนวคิดสะเต็มศึกษาอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และค่าเฉลี่ยความคิดสร้างสรรค์หลังเรียนของนักเรียนที่รับชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิชาวิทยาศาสตร์ โดยการประยุกต์ใช้แนวคิดสะเต็มศึกษาสูงกว่าหลังเรียนของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ($t = 2.840$) นอกจากนี้ยังมี ดนุพล สืบสำราญ (2563, น. 226) ที่พบว่า นักศึกษาที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา (STEM Education) มีความสามารถในการแก้ปัญหาทางการเรียนวิชาชีววิทยาหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และงานวิจัยของ ปาลิตา สุขสำราญ (2560, น. 160-164) ซึ่งพบว่า มีความสามารถในการแก้ปัญหาหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และยังคงกล่าวอธิบายไว้ว่า ผู้สอนพร้อมด้วยนักเรียนมีความคิดเห็นว่าการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เป็นการเปิดโอกาสให้นักเรียนได้แสดงออกทางความคิดและการปฏิบัติ นักเรียนเรียนรู้อย่างกระตือรือร้นและมีความสุข เป็นการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ยึดนักเรียนเป็นสำคัญ ส่งผลให้นักเรียนสามารถแก้ปัญหาได้อย่างสร้างสรรค์และก่อให้เกิดนวัตกรรมสิ่งประดิษฐ์ใหม่

ฉะนั้นจากที่กล่าวมาสรุปได้ว่า การจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาเป็นการจัดการเรียนรู้ที่สามารถพัฒนาความคิดสร้างสรรค์และความสามารถในการแก้ปัญหาในรายวิชาวิทยาศาสตร์ได้ ซึ่งผู้สอนควรจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาแบบเน้นให้นักเรียนทำงานร่วมกันเป็นกลุ่ม มีการแลกเปลี่ยนเรียนรู้และให้ข้อมูลย้อนกลับแก่นักเรียน เพื่อตรวจสอบความรู้ความเข้าใจของนักเรียน (จรัส อินทลาภาพรและคณะ, 2558, น. 65) ซึ่งอย่างไรก็ตามการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษายังมีส่วนที่ควรพัฒนา (กมลฉัตร กล่อมอิม, 2562, น. 19) เนื่องจากขณะที่นักเรียนทำงานร่วมกันเป็นกลุ่มในกระบวนการเรียนรู้ นักเรียนดำเนินกิจกรรมการเรียนรู้อย่างสับสน

ทำงานไม่เป็นระบบ ส่งผลให้การเรียนรู้อย่างไม่มีประสิทธิภาพมากพอ จึงต้องใช้ทฤษฎีการเรียนรู้แบบร่วมมือ ซึ่งทฤษฎีที่สนับสนุนการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา (กมลฉัตร กล่อมอ้อม, 2562, น. 21) เข้ามาบูรณาการร่วมด้วย เพื่อให้ได้การจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาที่เหมาะสมกับบริบทของนักเรียนมากขึ้น

การจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือ เป็นการจัดการเรียนรู้ที่มีเป้าหมายเพื่อให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ผ่านการทำงานร่วมกัน ซึ่งสมาชิกในกลุ่มมีความสามารถหรือความถนัดแตกต่างกันได้แสดงบทบาทตามหน้าที่ที่ตนถนัดอย่างเต็มที่ มีการช่วยเหลือซึ่งกัน การแลกเปลี่ยนแนวคิดและร่วมกันทำงานประสบผลสำเร็จ โดยถือว่าความสำเร็จของกลุ่ม คือ ความสำเร็จของทุกคน (Slavin, Robert E. 1995, p.2; Johnson, & Johnson, & Smith, 2014, p.87; อารมณ์ ใจเที่ยง, 2550, น. 121; เหวด ศรีสุธ, 2562, น. 6) ส่งผลให้นักเรียนมีความพยายามในการบรรลุเป้าหมายโดยใช้แรงจูงใจจากภายในและแรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์ พร้อมทั้งมีปฏิสัมพันธ์ระหว่างเพื่อน ใส่ใจในผู้อื่น เห็นคุณค่าของความแตกต่าง มีสุขภาพจิตดี และมีความเชื่อมั่นในตัวเองเพิ่มขึ้น (จันทร์เพ็ญ เชื้อพานิช, 2542, น. 7; ทิศนา แคมมณี, 2552, น. 101; บุญเมฆ ภมรสิงห์, 2545, น. 10) นอกจากนี้ ผลการวิจัยของ สุพัตรา โคตะวงค์ (2559, น. 115 - 123) แคทเธอริน (Catherine R. Elsey, 2019, p.30-31) และแมทธิวและโทมัส (Matthew Salomone & Thomas Kling, 2017, p. 7) ยังพบว่า พบว่าการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาและการจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือสามารถบูรณาการร่วมกันได้ในกระบวนการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาที่ประกอบด้วย 6 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นระบุปัญหา ขั้นรวบรวมเอกสารและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา ขั้นออกแบบวิธีการแก้ปัญหา ขั้นวางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา ขั้นทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน และขั้นนำเสนอวิธีการแก้ปัญหา แม้การจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือจะมีหลากหลายเทคนิคแต่ผู้สอนต้องเลือกเทคนิคที่เหมาะสม ซึ่งเทคนิคที่เหมาะสมสำหรับการทำงานร่วมกันเป็นกลุ่มและบริบทของนักเรียนที่มีความสามารถแตกต่างกัน อีกทั้งยังสอดคล้องกับกระบวนการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษานั้นคือ เทคนิคกลุ่มร่วมมือ เนื่องด้วยเทคนิคกลุ่มร่วมมือเป็นเทคนิคการจัดการเรียนรู้ที่ให้นักเรียนทำงานร่วมกันเป็นกลุ่ม ซึ่งสมาชิกในกลุ่มมีความสามารถหรือความถนัดต่างกันได้แสดงบทบาทหน้าที่ตามที่ตนถนัดและเป็นเทคนิคที่เกี่ยวข้องกับการคิดขั้นสูง

ในปัจจุบันการสอนรายวิชาวิทยาศาสตร์ใช้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) ซึ่งเป็นการจัดการเรียนรู้ที่นักเรียนค้นคว้าใช้ความสามารถในการเรียนรู้ด้วยตนเอง ให้เป็นคนช่างสังเกต ช่างสงสัยและพยายามหาข้อสรุปจนเกิดความคิดรวบยอด (กระทรวงศึกษาธิการ, 2548, น. 37) ซึ่งการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่เชื่อมโยงความรู้กับกระบวนการ ต้องใช้กระบวนการสืบเสาะหา

ความรู้และการทำกิจกรรมด้วยการลงมือปฏิบัติ เพื่อให้นักเรียนได้ใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และทักษะแห่งศตวรรษที่ 21 (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2562, น. คำชี้แจง) ซึ่งขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) ประกอบด้วย 5 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นนำเข้าสู่บทเรียน (Engagement) ขั้นสำรวจ (Exploration) ขั้นอธิบาย (Explanation) ขั้นลงข้อสรุป (Elaboration) และขั้นประเมินผล (Evaluation) (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2550, น. 5-8) แม้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) จะเหมาะสมต่อการเรียนการสอนในรายวิชาวิทยาศาสตร์ แต่นักเรียนจะมีความสนใจ ความตื่นเต้น ความกระตือรือร้น ในการเรียนเพิ่มขึ้นหากได้รับการจัดการเรียนรู้ที่หลากหลายรูปแบบ

จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา และการจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือ พบว่า การจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มกระตุ้นให้เกิดความสนใจในการสืบเสาะหาความรู้ การสำรวจตรวจสอบ การคิดอย่างมีเหตุผลในเชิงตรรกะ รวมไปถึงทักษะการทำงานแบบร่วมมือ (สุพรรณณี ชาญประเสริฐ, 2557, น. 4) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ ชนกานต์ ไฉมงามและคณะ (2561, น. 52) ที่พบว่า กิจกรรมการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาช่วยพัฒนาทักษะ การคิด เช่น ความคิดสร้างสรรค์และการทำงานเป็นทีม เนื่องจากกิจกรรมที่ทำทลายทำให้เกิดการกระตุ้นความคิดสร้างสรรค์ในการสร้างชิ้นงาน คล้ายคลึงกับสุพัตรา โคตะวงศ์ (2559, น. 106) ที่พบว่านักเรียนที่ได้รับกิจกรรมการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนรู้แบบร่วมมือมีผลการประเมินทักษะการทำงานเป็นทีมหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 เช่นเดียวกับ พิมพ์พิชชา ศาสตราชัยและคณะ (2564, น. 47) ที่พบว่า ทักษะการทำงานเป็นทีมของนักเรียนที่เรียนด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ตามแนวสะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนรู้แบบร่วมมือหลังเรียนผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ส่วนการจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือมีผลงานวิจัยของ เมลานี เฮเบิล (Melany Hebles, 2019, p. 101) ที่พบว่า การเรียนรู้แบบร่วมมือมีอิทธิพลต่อการทำงานเป็นทีมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติสอดคล้องกับอชิซานและคณะ (Azizan et, 2018, p. 1-13) ซึ่งพบว่า กลยุทธ์การจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือทำให้ความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนได้รับการพัฒนา อีกทั้งทักษะการทำงานเป็นทีมเพิ่มขึ้นและนักเรียนยังได้ประสบการณ์ที่แปลกใหม่ จึงแสดงให้เห็นว่าการจัดการเรียนรู้ทั้ง 2 แบบทำให้นักเรียนมีทักษะการทำงานเป็นทีมเกิดขึ้นหลังได้รับการจัดการเรียนรู้

ทักษะการทำงานเป็นทีม เกิดจากการที่กลุ่มบุคคลเข้ามาร่วมกันปฏิบัติงานตามหน้าที่และความรับผิดชอบ โดยมีจุดมุ่งหมายร่วมกัน (ทิตินา เขมมณี, 2545, น. 10; ยงยุทธ เกษศาคร,

2554, น. 182; ธีระเดช รั้วมงคล, 2555, น. 4; วิกานดา เกษตรเยี่ยม, 2558, น. 43) ซึ่งนั่นจะทำให้ความสามารถหรือศักยภาพของแต่ละบุคคลที่มีอยู่ในตัวบุคคลมารวมกันเป็นความสามารถของทีม ส่งผลให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ การพัฒนาความสามารถด้านอื่น ๆ ของตนเอง มีความคิดหลากหลายแง่มุม ส่งผลให้สามารถแก้ปัญหาหรือสร้างสรรค์สิ่งใหม่ ๆ ได้ดีกว่าการทำงานคนเดียว (รังสิมา มั่นใจอารีย์, 2549, น. 14; ประคอง สุนทรจิตต์, 2551, น. 3; สมชาติ กิจยรรยง และจีรชา ใจเปี่ยม, 2552, น. 57; Woodcock and Francis, 1994, p. 20; Johnson and Johnson, 2003, p. 437) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ ณัฐพล สีจาด (2559, น. 95) ที่พบว่า นักเรียนที่ได้รับวิธีสืบสอบร่วมกับการเรียนรู้เป็นทีมมีคะแนนเฉลี่ยร้อยละความสามารถในการแก้ปัญหาทางเคมีหลังเรียนเท่ากับ 63.23 จัดอยู่ในระดับความสามารถดีและสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ฉะนั้นทักษะการทำงานเป็นทีมจึงเป็นอีกตัวแปรหนึ่งที่ต้องควบคุมไม่ให้ส่งผลต่อความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์และความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน

จากที่กล่าวมาข้างต้นจึงทำให้ผู้วิจัยสนใจนำการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาร่วมกับเทคนิคกลุ่มร่วมมือ เพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์และความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ เมื่อควบคุมทักษะการทำงานเป็นทีม โดยจัดการเรียนรู้ใน 3 หน่วยการเรียนรู้ ได้แก่ ธรรมชาติของเสียง การได้ยินเสียง และปรากฏการณ์ของเสียง เนื่องจากเป็นหน่วยการเรียนรู้ที่สามารถจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาได้ อีกทั้งยังสามารถสะท้อนความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์และความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนได้

คำถามของการวิจัย

1. ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์และความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาร่วมกับเทคนิคกลุ่มร่วมมือหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนหรือไม่
2. ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์และความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มทดลองที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาร่วมกับเทคนิคกลุ่มร่วมมือสูงกว่ากลุ่มควบคุมที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) เมื่อควบคุมอิทธิพลของทักษะการทำงานเป็นทีมหรือไม่

ความมุ่งหมายของการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ตั้งความมุ่งหมายไว้ดังนี้

1. เพื่อเปรียบเทียบความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์และความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ระหว่างก่อนและหลังได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาร่วมกับเทคนิคกลุ่มร่วมมือ

2. เพื่อเปรียบเทียบความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์และความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 กลุ่มทดลองที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาร่วมกับเทคนิคกลุ่มร่วมมือ กับกลุ่มควบคุมที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) เมื่อควบคุมอิทธิพลของทักษะการทำงานเป็นทีม

ความสำคัญของการวิจัย

ผลการวิจัยครั้งนี้ทำให้ได้การจัดการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาร่วมกับเทคนิคกลุ่มร่วมมือ เพื่อช่วยพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์และความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 อีกทั้งทำให้นักเรียนสามารถบูรณาการ 4 ศาสตร์ความรู้ไปใช้ในชีวิตประจำวัน และเป็นแนวทางสำหรับผู้สอนหรือผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับการศึกษาในการปรับปรุงและพัฒนาคุณภาพของการจัดการเรียนรู้ให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น

ขอบเขตการวิจัย

ประชากรในการวิจัย

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ปีการศึกษา 2563 ของโรงเรียนการศึกษาขั้นพื้นฐาน สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 2 จำนวน 18,673 คน (สารสนเทศสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 2, ออนไลน์)

ตัวอย่างในการวิจัย

ตัวอย่างในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2564 โรงเรียนมัธยมวัดหนองจอก สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา กรุงเทพมหานคร เขต 2 จำนวนทั้งสิ้น 36 คน โดยแบ่งเป็นกลุ่มทดลองที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาร่วมกับเทคนิคกลุ่มร่วมมือ จำนวน 18 คน และกลุ่มควบคุมที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) จำนวน 18 คน

ตัวแปรในการวิจัย

1. ตัวแปรอิสระ แบ่งเป็นดังนี้
 - 1.1 การจัดการเรียนรู้
 - 1.1.1 การจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาร่วมกับเทคนิคกลุ่มร่วมมือ
 - 1.1.2 การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E)
2. ตัวแปรตาม ได้แก่
 - 2.1 ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์
 - 2.2 ความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์
3. ตัวแปรร่วม ได้แก่ ทักษะการทำงานเป็นทีม

เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัย

เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ เนื้อหาในรายวิชาฟิสิกส์ ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ของ หลักสูตรห้องเรียนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ ซึ่งเป็นเนื้อหาของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) โดยผู้วิจัยได้นำเนื้อหาบางส่วนมาประยุกต์เพื่อใช้ในการทดลอง ซึ่งแบ่งเป็น 3 หน่วยการเรียนรู้ ได้แก่ ธรรมชาติของเสียง การได้ยินเสียง และปรากฏการณ์ของเสียง โดยหน่วยการเรียนรู้ละ 8 คาบ รวมเวลาในการทดสอบก่อนและหลังเรียน จำนวน 4 คาบ ซึ่งรวมเวลาที่ใช้ในการทดลองทั้งสิ้น 28 คาบ

ระยะเวลาที่ใช้ในการทดลอง

ระยะเวลาที่ใช้ในการทดลองคือ ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2564 ระหว่างเดือน พฤศจิกายน – ธันวาคม พ.ศ.2564 โดยใช้เวลาดทดลองรวม 28 คาบเรียน แบ่งเป็นทำการสอน 24 คาบเรียน คาบเรียนละ 50 นาที ซึ่งเวลาที่ใช้ในการดำเนินการทดลองเป็นเวลาเรียนปกติ

นิยามศัพท์เฉพาะ

1. การจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาร่วมกับเทคนิคกลุ่มร่วมมือ (STEM education with collaborative group techniques) หมายถึง กระบวนการที่นักเรียนจะต้องลงมือปฏิบัติงานด้วยกระบวนการกลุ่ม เพื่อสร้างชิ้นงานที่เกิดจากการบูรณาการความรู้จาก 4 ศาสตร์วิชา ได้แก่ วิทยาศาสตร์ (Science) คณิตศาสตร์ (Mathematics) กระบวนการทางวิศวกรรมศาสตร์ (Engineering) และเทคโนโลยี (Technology) โดยมีขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ 6 ขั้นตอน ได้แก่

ขั้น 1 การระบุปัญหา เป็นขั้นที่ครูนำเสนอตัวอย่างสถานการณ์ เพื่อกระตุ้นให้นักเรียนเกิดความสนใจ อยากศึกษาค้นคว้า อยากปฏิบัติ และจากนั้นจัดกลุ่มนักเรียนออกเป็นกลุ่มย่อย ซึ่ง

คละความสามารถเก่ง ปานกลางและอ่อนร่ว่มกันทำความเข้าใจปัญหา วิเคราะห์เงื่อนไข เพื่อ กำหนดประเด็นปัญหาจากสถานการณ์

ขั้น 2 รวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา เป็นขั้นที่นักเรียนร่ว่มกัน กำหนดหัวข้อที่ต้องการศึกษา รวบรวมเอกสาร แนวคิดทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และ เทคโนโลยี จากนั้นให้นักเรียนในกลุ่มแต่ละคนเลือกหัวข้อที่ต้องการศึกษาตามความสนใจหรือ ความถนัดของตนเอง พร้อมทั้งแบ่งหน้าที่รับผิดชอบตามหัวข้อที่แต่ละคนได้เลือกไว้ และให้ นักเรียนแต่ละคนนำข้อมูลจากหัวข้อที่ศึกษาร่วมกัน ร่ว่มกันอภิปราย แลกเปลี่ยนแนวคิด ประเมินความเป็นไปได้ของแนวคิดการแก้ปัญหา โดยคำนึงถึงทรัพยากร ข้อจำกัดและเงื่อนไขตาม สถานการณ์ที่กำหนด

ขั้น 3 ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา เป็นขั้นที่นักเรียนแต่ละกลุ่มนำแนวทางการแก้ปัญหาที่ได้จากขั้นที่ 2 มาออกแบบชิ้นงาน โดยคำนึงถึงทรัพยากร ข้อจำกัดและเงื่อนไขตาม สถานการณ์ที่กำหนด

ขั้น 4 วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา เป็นขั้นที่นักเรียนกำหนดลำดับขั้นตอนสร้าง ชิ้นงาน และแบ่งหน้าที่รับผิดชอบตามขั้นตอนต่าง ๆ โดยให้สมาชิกได้เลือกตามความสนใจ พร้อมทั้งลงมือปฏิบัติตามหน้าที่ที่ได้รับมอบหมาย

ขั้น 5 ทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน เป็นขั้นที่ นักเรียนนำผลงานที่สร้างเสร็จแล้วมาทำการทดสอบผล ปรับปรุงแก้ไข สรุปผลการทดสอบ และ ประเมินผล โดยประเมินผลในด้านกระบวนการทำงานและผลงาน เพื่อนำไปเขียนรายงาน ผลการปฏิบัติงาน พร้อมเตรียมการนำเสนอผลงานหน้าชั้นเรียนต่อไป โดยผู้สอนเป็นผู้ช่วยเหลือ ดูแล แนะนำ และอำนวยความสะดวกในการทำงานให้แก่ นักเรียน

ขั้น 6 นำเสนอผลงาน เป็นขั้นที่นักเรียนแต่ละกลุ่มจะต้องเป็นผู้สรุปผลการทำงาน และนำเสนอชิ้นงานของตน โดยการนำเสนอหน้าชั้นเรียนทีละกลุ่ม ผู้สอนและนักเรียนร่ว่มกัน อภิปรายผลงาน แนะนำการปรับปรุงแก้ไข และผู้สอนเป็นผู้ประเมินผลกระบวนการทำงานและ ชิ้นงาน

2. การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) หมายถึง การจัดการเรียนรู้ผ่าน กระบวนการแสวงหาความรู้ด้วยตนเอง โดยใช้กระบวนการทางความคิดหาเหตุผล เพื่อค้นพบ ความรู้หรือแนวทางในการแก้ไขปัญหา ซึ่งจะมีผู้สอนทำหน้าที่ในการกระตุ้น แนะนำ ช่วยแก้ปัญหา ระหว่างการเรียนรู้ เพื่อให้ นักเรียนสรุปองค์ความรู้ได้ด้วยตัวเอง ประกอบด้วย 5 ขั้นตอน ได้แก่

ขั้นที่ 1 สร้างความสนใจ เป็นขั้นที่ครูกระตุ้นความสนใจหรือทบทวนความรู้และประสบการณ์เดิมของนักเรียน เพื่อนำเข้าสู่บทเรียน โดยการซักถาม การเปิดวิดีโอทัศน์ และการสาธิตให้นักเรียนเกิดคำถาม

ขั้นที่ 2 สำรวจและค้นหา เป็นขั้นที่นักเรียนวางแผน ตั้งสมมติฐาน เพื่อกำหนดแนวทางในการรวบรวมข้อมูล โดยมีครูเป็นผู้กระตุ้น แนะนำ และอำนวยความสะดวกให้นักเรียนเกิดการค้นพบ

ขั้นที่ 3 อธิบายและลงเอกสารสรุป เป็นขั้นที่นักเรียนนำเอกสารที่สืบค้นได้มาวิเคราะห์ สรุปผล อภิปราย และนำเสนอ โดยมีครูเป็นผู้ให้ความรู้หรือข้อมูลเพิ่มเติม

ขั้นที่ 4 ขยายความรู้ เป็นขั้นที่นักเรียนได้ทำกิจกรรม โดยครูตั้งคำถามกระตุ้นให้นักเรียนนำความรู้ความเข้าใจของตนเองมาประยุกต์ใช้และแลกเปลี่ยนความคิดเห็นร่วมกัน

ขั้นที่ 5 ประเมินผล เป็นขั้นประเมินการเรียนรู้ของนักเรียน โดยใช้แบบฝึกหัดแบบทดสอบ และการจัดป้ายนิเทศนำเสนอ ซึ่งเป็นการประเมินผลรายบุคคลและรายกลุ่ม

3. ทักษะการทำงานเป็นทีม (Teamwork Skills) หมายถึง ความสามารถของกลุ่มบุคคลที่เข้ามาร่วมกันปฏิบัติงาน ตามหน้าที่และความรับผิดชอบเพื่อบรรลุเป้าหมายที่ต้องการ โดยมีองค์ประกอบ 3 ด้าน ดังนี้

ด้านผู้นำทีม หมายถึง บทบาทหน้าที่หรือความสามารถของนักเรียนในการเข้าใจแนวคิดเกี่ยวกับการทำงานเป็นทีม ทักษะในการพูด การควบคุมตนเอง การเคารพความคิดเห็นของสมาชิกคนอื่น ความยุติธรรม การมีมนุษยสัมพันธ์ที่ดี และความคิดริเริ่มสร้างสรรค์

ด้านสมาชิกของทีม หมายถึง บทบาทหน้าที่หรือความสามารถของนักเรียนที่มีความตั้งใจ ความศรัทธาในการทำงานเป็นทีม ความรับผิดชอบ การรู้จักบทบาทและหน้าที่ของตนเอง การสนับสนุนให้ความร่วมมือและเป็นส่วนหนึ่ง และการให้ข้อมูลและเสนอความคิดเห็น

ด้านกระบวนการในการทำงานของทีม หมายถึง บทบาทหน้าที่ของนักเรียนที่มีการกำหนดเป้าหมายหรือวัตถุประสงค์ที่ต้องการ การวางแผนงาน การกำหนดขั้นตอนในการทำงาน การกำหนดหน้าที่และความรับผิดชอบ การปฏิบัติงานตามแผน การประเมินและปรับปรุง รวมไปถึงการประสานงาน สื่อสารที่ดี รวดเร็วและถูกต้อง การมีระเบียบตามกติกา การมีความจริงใจเปิดเผยต่อกัน บรรยากาศของการทำงานที่ดี และการแสวงหาแนวทางที่เหมาะสมตลอดเวลา

ซึ่งวัดทักษะการทำงานเป็นทีม โดยใช้แบบประเมินทักษะการทำงานเป็นทีมที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นมีลักษณะเป็นแบบมาตราประมาณค่า 5 ระดับ โดยมีจำนวน 2 ฉบับ ได้แก่ ฉบับนักเรียนประเมินตนเอง และผู้สอนประเมินนักเรียน

4. ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ (Scientific Creativity) หมายถึง กระบวนการคิดที่ไวต่อปัญหาหรือข้อบกพร่อง โดยใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เชื่อมโยงความรู้เดิมกับความรู้ใหม่ในการแสดงความคิดได้หลายแง่มุม ก่อให้เกิดสิ่งใหม่หรือปรับปรุงสิ่งที่มีอยู่ให้มีประสิทธิภาพสูง ไม่ซ้ำกับผู้อื่น ซึ่งในการวิจัยครั้งนี้วัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ด้วยแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ที่มีลักษณะเป็นอัตนัย โดยกำหนดสถานการณ์มาให้ 1 สถานการณ์ ใช้ตอบคำถาม 1 ข้อ ซึ่งเป็นไปตามองค์ประกอบ 4 ประการ ได้แก่

1. ความคิดคล่องแคล่วทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความสามารถในการประยุกต์ใช้ความรู้และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในการเสนอแนวคิดได้ปริมาณมากในเวลาจำกัด
2. ความคิดยืดหยุ่นทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความสามารถในการประยุกต์ใช้ความรู้และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในการเสนอแนวคิดได้หลายหลายประเภท
3. ความคิดริเริ่มทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความสามารถในการประยุกต์ใช้ความรู้และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในการเสนอแนวคิดที่แปลกใหม่และแตกต่างจากผู้อื่น
4. ความคิดละเอียดลออทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความสามารถในการประยุกต์ใช้ความรู้และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในการอธิบายรายละเอียดเพิ่มเติมของแนวคิดให้สมบูรณ์

5. ความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ (Scientific Problem Solving) หมายถึง ความสามารถในการประยุกต์ความรู้และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์มาใช้ในการวิเคราะห์สถานการณ์ การหาคำตอบหรือวิธีการที่เหมาะสม ผสมผสานความรู้เดิมกับความรู้ใหม่ เพื่อนำไปสู่การแก้ปัญหาและการตัดสินใจให้บรรลุผลสำเร็จตามจุดมุ่งหมายที่ต้องการ ซึ่งในการวิจัยครั้งนี้วัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ด้วยแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ที่มีลักษณะเป็นอัตนัย โดยกำหนดสถานการณ์มาให้ 1 สถานการณ์ ใช้ตอบคำถาม 1 ข้อ ซึ่งเป็นไปตามกระบวนการแก้ปัญหา 4 ขั้นตอน ได้แก่

1. ขั้นระบุปัญหาหรือวิเคราะห์ปัญหา หมายถึง ความสามารถในการระบุประเด็นปัญหาภายในขอบเขตของสถานการณ์ที่กำหนดให้
2. ขั้นการวิเคราะห์หาสาเหตุปัญหา หมายถึง ความสามารถในการบอกสาเหตุที่แท้จริงหรือสาเหตุที่เป็นไปได้ของปัญหาจากสถานการณ์

3. ชี้แนะเสนอแนวทางการแก้ปัญหาหรือตั้งสมมติฐาน หมายถึง ความสามารถในการหาแนวทางการแก้ปัญหาได้ตรงกับสาเหตุของปัญหา

4. ขั้นการตรวจสอบผลลัพธ์ หมายถึง ความสามารถอภิปรายผลที่เกิดจากการดำเนินการตามแนวทางที่ตั้งสมมติฐานได้ พร้อมระบุข้อและหลักฐานประกอบการพิจารณาแนวทางที่นำมาใช้ในการแก้ปัญหา

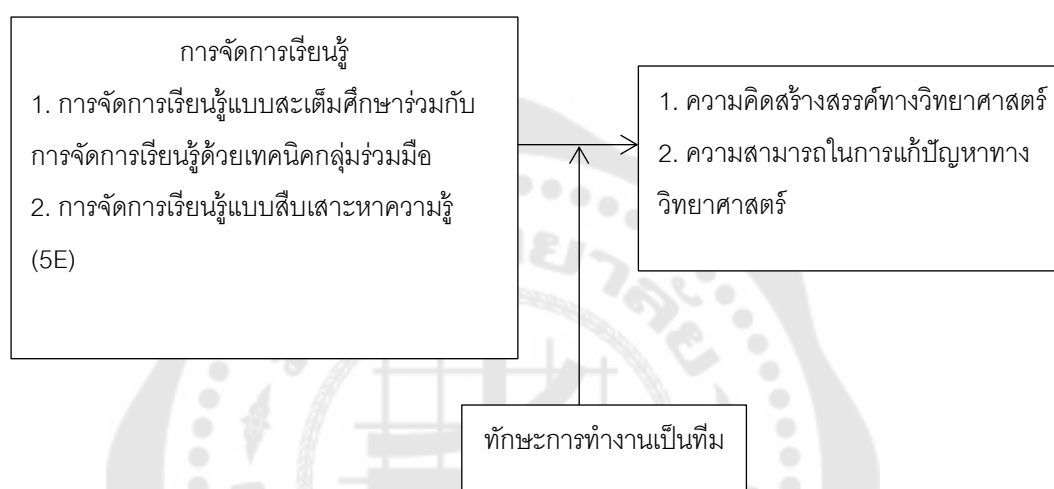
กรอบแนวคิดในการวิจัย

กระทรวงศึกษาให้ความสำคัญกับสมรรถนะของนักเรียน อันมีการคิดสร้างสรรค์และความสามารถในการแก้ปัญหาดังกล่าวไว้ในหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (กระทรวงศึกษา, 2561, น. 6) เมื่อพิจารณาจากผลการทดสอบทางการศึกษาระดับชาตินี้ขั้นพื้นฐาน (O-NET) มีค่าเฉลี่ยรายวิชาวิทยาศาสตร์ใกล้เคียงกับค่าเฉลี่ยระดับประเทศ อีกทั้งผลการประเมินสมรรถนะนักเรียนมาตรฐานสากล (PISA) มีแนวโน้มผลการประเมินด้านวิทยาศาสตร์ของไทยตั้งแต่ปี 2,000 จนถึงปัจจุบันไม่เปลี่ยนแปลงซึ่งต่ำกว่าค่าเฉลี่ยของ OECD (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2562, น. 2) จึงแสดงให้เห็นว่าความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์และความสามารถในการแก้ปัญหาดังกล่าวทางวิทยาศาสตร์มีผลปรากฏยังไม่เป็นที่พึงพอใจ ซึ่งการจัดการเรียนรู้เป็นปัจจัยที่มีผลต่อความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์และความสามารถในการแก้ปัญหาดังกล่าวทางวิทยาศาสตร์ (โชติชนะ โภธินิลและคณะ, 2562, น. 45) และการจัดการเรียนรู้ต้องมุ่งเน้นให้นักเรียนมีทักษะการบวนการคิด รู้จักวิเคราะห์และพัฒนาศักยภาพของตนเองอย่างเต็มที่ (กระทรวงศึกษา, 2545, น. 14) ดังนั้นผู้วิจัยจึงเลือกใช้การจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาร่วมกับเทคนิคกลุ่มร่วมมือและการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) เนื่องจากเป็นการจัดการเรียนรู้ที่มุ่งเน้นให้นักเรียนมีทักษะกระบวนการคิดและมีผลต่อความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์และความสามารถในการแก้ปัญหาดังกล่าวทางวิทยาศาสตร์

การจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาร่วมกับเทคนิคกลุ่มร่วมมือ มีขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ 6 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นระบุปัญหา ขั้นรวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา ขั้นออกแบบวิธีการแก้ปัญหาขั้นวางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา ขั้นทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุง และชี้แนะเสนอผลงาน ส่วนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) มีขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2550, น. 5-8) 5 ขั้นตอน ได้แก่ ชี้นำเข้าสู่บทเรียน ขั้นสำรวจ ขั้นอธิบาย ขั้นลงข้อสรุป และขั้นประเมินผล

นอกจากนี้เมื่อนักเรียนได้ทำงานร่วมกันเป็นกลุ่ม นักเรียนจะแสดงทักษะการทำงานเป็นทีมที่แฝงอยู่ในตัวบุคคลออกมาเพื่อช่วยกันแก้ปัญหาหรือสร้างสรรค์ผลงานให้บรรลุเป้าหมายที่ตั้ง

ไว้ อีกทั้งการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษายังพัฒนาทักษะการทำงานเป็นทีมของนักเรียนอีกด้วย ฉะนั้นทักษะการทำงานเป็นทีมจึงเป็นอีกตัวแปรหนึ่งที่ต้องควบคุมไม่ให้ส่งผลต่อความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์และความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน ดังนั้นการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยจึงนำทักษะการทำงานเป็นทีมมาเป็นตัวแปรร่วมในการวิจัย และแสดงเป็นภาพกรอบแนวคิดในการวิจัยได้ ดังภาพประกอบ 1



ภาพประกอบ 1 กรอบแนวคิดที่ใช้ในการวิจัย

สมมติฐานการวิจัย

1. นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาร่วมกับเทคนิคกลุ่มร่วมมือมีความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์และความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน

2. นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาร่วมกับเทคนิคกลุ่มร่วมมือมีความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์และความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์สูงกว่าจากนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) เมื่อควบคุมอิทธิพลของทักษะการทำงานเป็นทีม

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การศึกษาครั้งนี้ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาค้นคว้าเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องตามหัวข้อต่าง ๆ ดังนี้

1. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา
 - 1.1 ความหมายของสะเต็มศึกษา
 - 1.2 กระบวนการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา
 - 1.3 ข้อดีและข้อจำกัดของการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา
 - 1.4 แนวทางการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาในการเรียนการสอน
 - 1.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา
2. เอกสารและงานวิจัยเกี่ยวกับเทคนิคกลุ่มร่วมมือ
 - 2.1 ความหมายของการจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือ
 - 2.2 องค์ประกอบของการจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือ
 - 2.3 เทคนิคการจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือ
 - 2.4 ความหมายของเทคนิคกลุ่มร่วมมือ
 - 2.5 กระบวนการสอนของเทคนิคกลุ่มร่วมมือ
 - 2.6 ประโยชน์ของการจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือ
 - 2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือ
3. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาร่วมกับเทคนิคกลุ่มร่วมมือ
 - 3.1 ทฤษฎีที่สนับสนุนการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา
 - 3.2 งานวิจัยที่เกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาร่วมกับเทคนิคกลุ่มร่วมมือ
4. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E)
 - 4.1 ความหมายการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E)
 - 4.2 ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E)
 - 4.3 ข้อดีและข้อจำกัดของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E)
 - 4.4 งานวิจัยที่เกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E)

5. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับทักษะการทำงานเป็นทีม
 - 5.1 ความหมายของการทำงานเป็นทีม
 - 5.2 องค์ประกอบของการทำงานเป็นทีม
 - 5.3 การวัดและประเมินผลทักษะการทำงานเป็นทีม
 - 5.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับทักษะการทำงานเป็นทีม
6. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์
 - 6.1 ความหมายของความคิดสร้างสรรค์
 - 6.2 ความหมายของความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์
 - 6.3 องค์ประกอบของความคิดสร้างสรรค์
 - 6.4 ความสำคัญของความคิดสร้างสรรค์
 - 6.5 กระบวนการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์
 - 6.6 การวัดและประเมินความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์
7. ความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์
 - 7.1 ความหมายของความสามารถในการแก้ปัญหา
 - 7.2 ความหมายความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์
 - 7.3 กระบวนการของความสามารถในการแก้ปัญหา
 - 7.4 ความสำคัญของความสามารถในการแก้ปัญหา
 - 7.5 การวัดและประเมินผลความสามารถในการแก้ปัญหา
 - 7.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์

1. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา

การจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาเป็นรูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่นำมาใช้ในการเรียนการสอนเพื่อเตรียมนักเรียนให้พร้อมกับการดำรงชีวิตในศตวรรษที่ 21 และนิยมใช้ในหลายประเทศทั่วโลก ซึ่งกระทรวงศึกษาธิการแห่งประเทศไทยพิจารณาเห็นความสำคัญเช่นเดียวกัน จึงกำหนดนโยบายและจุดเน้นการศึกษา ปี 2563 เกี่ยวข้องกับสะเต็มศึกษา

1.1 ความหมายของสะเต็มศึกษา

ผู้วิจัยได้ศึกษาความหมายของสะเต็มศึกษา (STEM) จากหน่วยงานและนักการศึกษาที่เกี่ยวข้อง โดยสรุปดังนี้

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) (2557, น. 13) ได้กล่าวเกี่ยวกับสะเต็มศึกษาว่าเป็นแนวทางการจัดการศึกษาให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้และสามารถ

บูรณาการความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี กระบวนการทางวิศวกรรม และคณิตศาสตร์ ไปใช้ในการเชื่อมโยงและแก้ปัญหาในชีวิตจริง รวมทั้งพัฒนากระบวนการหรือผลงานชิ้นใหม่ควบคู่ไปกับการพัฒนาทักษะแห่งศตวรรษที่ 21 ซึ่งการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาเป็นการเรียนรู้ผ่านกิจกรรมที่บูรณาการการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยี ร่วมกับกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม โดยนักเรียนจะได้ทำกิจกรรมเพื่อพัฒนาความรู้ความเข้าใจและฝึกทักษะด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์และเทคโนโลยี และนำความรู้มาออกแบบชิ้นงานหรือวิธีการจากกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมเพื่อแก้ปัญหาที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวัน ลักษณะสำคัญของสะเต็มศึกษาประกอบด้วย 5 ประการ ได้แก่ การเปิดโอกาสให้นักเรียนได้บูรณาการความรู้ ทักษะของวิชาที่เกี่ยวข้องในสะเต็มศึกษาในระหว่างการเรียนรู้ การท้าทายนักเรียนให้ได้แก้ปัญหาหรือสถานการณ์ที่ผู้สอนกำหนด การกระตุ้นการเรียนรู้แบบแอกทีฟของนักเรียนให้ได้พัฒนาทักษะในศตวรรษที่ 21 ผ่านการทำกิจกรรมหรือสถานการณ์ที่ผู้สอนกำหนดให้ และการกำหนดสถานการณ์หรือปัญหาที่ใช้ในกิจกรรมมีความเชื่อมโยงกับชีวิตประจำวันของนักเรียนหรือการประกอบอาชีพในอนาคต เช่นเดียวกับ โรเบิร์ตส์ (Roberts, 2013, p. 22-27) กล่าวถึงสะเต็มศึกษาว่า หมายถึงวิธีการบูรณาการ 4 ศาสตร์วิชาเข้าไว้ด้วยกัน ได้แก่ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ ซึ่งการบูรณาการนี้ทำได้โดยจัดการเรียนรู้ที่ตั้งอยู่บนฐานของการปฏิบัติการออกแบบ (Design Based) การแก้ปัญหา (Problem Solving) การค้นพบ (Discovery) และการสำรวจ (Exploratory Learning Strategies) เพื่อให้ได้มาซึ่งความรู้ใหม่ที่สามารถนำไปแก้ปัญหาในสถานการณ์ต่าง ๆ ได้ จึงได้แบ่งเป็น 2 องค์ประกอบ ได้แก่ การบูรณาการเนื้อหาวิชาทางวิศวกรรมศาสตร์ให้เป็นส่วนหนึ่งของหลักสูตร และการบูรณาการทักษะทางวิศวกรรมศาสตร์ลงสู่วิธีการเรียนรู้ (Learning Strategies) หรือวิธีการจัดการเรียนรู้ (Teaching Strategies) อาทิเช่น การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน (Problem Based Learning) สอดคล้องกับ วาสเกซ (Vasquez. et al, 2013 , p. 4) ที่ให้ความหมายของสะเต็มศึกษาว่า หมายถึง การจัดการเรียนรู้ที่บูรณาการสหวิทยาการ 4 สาขาวิชา ได้แก่ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรม และคณิตศาสตร์ ร่วมกับประสบการณ์การเรียนรู้ที่มีอยู่เดิม ส่งผลให้นักเรียนพัฒนาขีดความสามารถของตนเองได้อีกทั้ง ลูทีวอร์ดา พลเยี่ยม (2561, น. 122) กล่าวเกี่ยวกับสะเต็มศึกษาเป็นแนวทางในการจัดการศึกษาที่บูรณาการวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ ซึ่งเป็นรูปแบบที่นักเรียนคิดและลงมือทำการแก้ปัญหาที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวัน นำไปสู่การผลิตชิ้นงานผลิตภัณฑ์ใหม่หรือองค์ความรู้ใหม่ ทำให้นักเรียนได้พัฒนาทักษะการคิด ทักษะการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ ทักษะการแก้ปัญหา และทักษะการสื่อสาร ซึ่งคล้ายคลึงกับ สุพรรณณี ชาญประเสริฐ

(2557, น. 4) ที่กล่าวว่า สะเต็มศึกษา เป็นแนวทางการจัดการเรียนรู้ที่มีการบูรณาการ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรม และคณิตศาสตร์ กระตุ้นให้เกิดความสนใจในการสืบเสาะหา ความรู้ การสำรวจตรวจสอบ การคิดอย่างมีเหตุมีผลในเชิงตรรกะ รวมถึงทักษะการทำงานแบบ ร่วมมือ เพื่อส่งเสริมให้นักเรียนมีทักษะและสมรรถนะที่สอดคล้องกับความต้องการจำเป็นใน ศตวรรษที่ 21 พร้อมด้วย สิริินภา กิจเกื้อกูล (2558, น. 202) กล่าวว่าสะเต็มศึกษามาจาก การบูรณาการการเรียนรู้เรื่องวิทยาศาสตร์ (Science Literacy) การรู้เรื่องเทคโนโลยี (Technology Literacy) การรู้เรื่องคณิตศาสตร์ (Mathematics Literacy) และการรู้เรื่องวิศวกรรม (Engineering Literacy) เข้าด้วยกัน นอกจากนี้ยังมี สนิธิ พลชัยยา (2557, น. 8) ที่กล่าวเกี่ยวกับสะเต็มศึกษาว่า เป็นแนวทางการจัดกิจกรรมการเรียนรู้รูปแบบหนึ่งที่มีส่วนคล้ายกับกระบวนการเรียนรู้แบบสืบ เสาะหาความรู้ (inquiry approaches) แตกต่างกันว่าสะเต็มศึกษาจะเน้นการบูรณาการหลักการ และศาสตร์ความรู้จาก 4 สาขา คือ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์เข้า ด้วยกัน เพื่อนำนักเรียนไปสู่การคิดแก้ปัญหาและการสร้างสรรค์นวัตกรรมใหม่ ๆ และอุปกการ จีระ พันธุ์ (2556, น. 33) กล่าวเกี่ยวกับสะเต็มศึกษาในด้านการสอนว่า เป็นการจัดการเรียนรู้แบบ บูรณาการที่เชื่อมโยงกับการดำรงชีวิตหรือการประกอบอาชีพ ซึ่งการจัดการเรียนการสอนจะ บูรณาการหลายด้านเข้าด้วยกัน โดยไม่จำเป็นต้องครบทั้ง 4 ศาสตร์เสมอไป แต่จะต้องเกี่ยวข้องกับ การดำรงชีวิตหรือการประกอบอาชีพเพื่อให้นักเรียนทราบว่าสิ่งที่เรียนนั้นนำไปใช้กับชีวิตหรือ การประกอบอาชีพในส่วนตัว

จึงสรุปได้ว่า สะเต็มศึกษา หมายถึง การจัดการเรียนรู้ที่บูรณาการ 4 ศาสตร์วิชาเข้า ด้วยกัน ได้แก่ ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี กระบวนการทางวิศวกรรม และคณิตศาสตร์ ผ่านการทำกิจกรรมหรือสถานการณ์ที่ผู้สอนกำหนดให้ ซึ่งสถานการณ์หรือปัญหาที่ใช้ในกิจกรรม ต้องมีความเชื่อมโยงกับชีวิตประจำวันหรือการประกอบอาชีพของนักเรียนในอนาคต นำไปสู่ การสร้างสรรค์ผลงานนวัตกรรมหรือผลิตภัณฑ์ใหม่ ๆ ส่งผลให้นักเรียนได้พัฒนาทักษะการคิด ทักษะการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ ทักษะการแก้ปัญหา และทักษะการสื่อสารซึ่งสอดคล้องกับ ความต้องการจำเป็นในศตวรรษที่ 21

1.2 กระบวนการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา

ผู้วิจัยได้ศึกษากระบวนการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา จากหน่วยงานและนักการศึกษา ที่เกี่ยวข้อง โดยสรุปดังนี้

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) (2557, น. 16-18) ได้ สรุปกระบวนการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาต้องอาศัยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ซึ่งมี 6

ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นการระบุปัญหา (Problem Identification) ขั้นการรวบรวมเอกสารและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา (Related Information Search) ขั้นการออกแบบวิธีการแก้ปัญหา (Solution Design) ขั้นการวางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา (Planning and Development) ขั้นที่การทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุงแก้ไข วิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน (Testing, Evaluation and Design Improvement) ขั้นการนำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน (Presentation) ซึ่งในกระบวนการทำงานไม่จำเป็นต้องมี ลำดับที่แน่นอน สามารถสลับไปมาหรือย้อนกลับขั้นตอนได้ ดังสรุปกระบวนการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาได้ดังภาพประกอบ 2



ภาพประกอบ 2 กระบวนการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา

ที่มา สสวท. (2557). คู่มือหลักสูตรอบรมครูสะเต็มศึกษา

จากการศึกษากระบวนการเรียนรู้แบบสะเต็ม (STEM) สามารถสรุปได้ว่า กระบวนการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาประกอบด้วย 6 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นระบุปัญหา ขั้นรวบรวมเอกสารและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา ขั้นออกแบบวิธีการแก้ปัญหา ขั้นวางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา ขั้นทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน และขั้นนำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน โดยแต่ละขั้นตอนมีรายละเอียด ดังนี้

ขั้นระบุปัญหา (Problem Identification) เป็นขั้นที่ผู้แก้ปัญหาตระหนักถึงสิ่งที่ เป็นปัญหาในชีวิตประจำวัน จำเป็นต้องหาวิธีการหรือสร้างสิ่งประดิษฐ์ เพื่อแก้ไขปัญหาดังกล่าว โดยทำความเข้าใจปัญหา วิเคราะห์เงื่อนไขหรือข้อจำกัดของสถานการณ์ปัญหา เพื่อกำหนด ขอบเขตของปัญหา นำไปสู่การสร้างชิ้นงานหรือวิธีการในการแก้ปัญหา

ขั้นรวบรวมเอกสารและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา (Related Information Search) เป็นการรวบรวมเอกสารและแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยีที่ เกี่ยวข้องกับแนวทางการแก้ปัญหาและประเมินความเป็นไปได้ รวมไปถึงข้อดีและข้อจำกัด ซึ่งใน การค้นหาแนวคิดที่เกี่ยวข้องมีการดำเนินการ 2 วิธี คือ 1) การรวบรวมเอกสาร เป็นการสืบค้นว่าเคย มีใครหาวิธีแก้ปัญหาดังกล่าวนี้แล้วหรือไม่ ถ้าหากมี ทำการแก้ปัญหาอย่างไร และมีข้อเสนอแนะ ใดบ้าง 2) การค้นหาแนวคิด เป็นการค้นหาแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ หรือเทคโนโลยีที่ เกี่ยวข้องและสามารถประยุกต์ในการแก้ปัญหาได้ โดยพิจารณาแนวคิดหรือความรู้ทั้งหมดที่ สามารถใช้แก้ปัญหาทำการจดบันทึกแนวคิดไว้เป็นทางเลือก จากนั้นประเมินแนวคิด โดยคำนึงถึง ความเป็นไปได้ ความคุ้มค่า ข้อดีและจุดอ่อน ความเหมาะสมกับเงื่อนไขและขอบเขตของปัญหา

ขั้นออกแบบวิธีการแก้ปัญหา (Solution Design) เป็นการประยุกต์ใช้เอกสารและ แนวคิดที่เกี่ยวข้องจากการค้นคว้า รวบรวม เพื่อการออกแบบชิ้นงานหรือวิธีการในการแก้ปัญหา โดยคำนึงถึงทรัพยากร เงื่อนไขหรือข้อจำกัดตามสถานการณ์ที่กำหนด

ขั้นวางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา (Planning and Development) เป็น การกำหนดลำดับขั้นตอนของการสร้างชิ้นงานหรือวิธีการ กำหนดเป้าหมายและระยะเวลาใน การดำเนินการแต่ละขั้นตอนย่อยให้ชัดเจน จากนั้นลงมือสร้างชิ้นงานหรือพัฒนาวิธีการเพื่อใช้ใน การแก้ปัญหา

ขั้นทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุงแก้ไข วิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน (Testing, Evaluation and Design Improvement) เป็นการทดสอบและประเมินการใช้งานของชิ้นงานหรือ วิธีการ โดยผลที่ได้อาจนำมาใช้ในการปรับปรุงและพัฒนาให้มีประสิทธิภาพในการแก้ปัญหาได้ อย่างเหมาะสมที่สุด ซึ่งการทดสอบและประเมินผลสามารถเกิดขึ้นได้หลายครั้งในกระบวนการ แก้ปัญหา

ขั้นนำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน (Presentation) เป็น การนำเสนอแนวคิดและขั้นตอนการแก้ปัญหาของการสร้างชิ้นงานหรือการพัฒนาวิธีการให้ผู้อื่น เข้าใจ โดยต้องออกแบบวิธีการนำเสนอข้อมูลที่เข้าใจง่าย น่าสนใจ และนำเสนอแนะไปปรับปรุง ในการพัฒนาต่อไป

1.3 ข้อดีและข้อจำกัดของการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา

การจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา เป็นการสอนที่ส่งเสริมให้นักเรียนเห็นความสัมพันธ์ระหว่างสาขาวิชาอื่นที่เกี่ยวข้อง ซึ่งทำให้นักเรียนมีทัศนะกว้างไกล นักเรียนสามารถนำความรู้และประสบการณ์ที่ได้รับไปใช้ในชีวิตรประจำวันและใช้อย่างเหมาะสม อีกทั้งทำให้นักเรียนเกิดพัฒนาการด้านต่าง ๆ สอดคล้องกับแนวการพัฒนาคนให้มีคุณภาพในศตวรรษที่ 21 ทั้งด้านปัญญา ด้านทักษะการคิด เช่น การคิดวิเคราะห์ การคิดสร้างสรรค์ ทักษะการทำงานเป็นกลุ่มและทักษะการสื่อสารที่มีประสิทธิภาพ แต่ก็ยังมีข้อจำกัดที่หลักสูตรการสอน เนื่องจากแบ่งออกเป็นกลุ่มสาระวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และคณิตศาสตร์ แต่ยังไม่มีการเรียนรู้อิงวิศวกรรมศาสตร์อย่างชัดเจนในระดับการศึกษาขั้นพื้นฐาน จะมีเพียงการสอดแทรกอยู่ในวิชากลุ่มวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเท่านั้น ทำให้ขาดความชัดเจนและความสอดคล้องของแต่ละกลุ่มสาระ ส่งผลให้ไม่มีแนวทางให้ผู้สอนนำไปจัดการเรียนรู้ได้ อีกทั้งด้านความพร้อมเกี่ยวกับบทเรียนสื่อการสอน งบประมาณวัสดุและประเมินผลที่มีความเหมาะสม (สำนักวิชาการ, 2559, น. 11)

จากการศึกษาข้อดีและข้อจำกัดของการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา สามารถสรุปได้ว่า การจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษามีข้อดีที่รูปแบบการจัดการเรียนรู้บูรณาการศาสตร์ในหลายสาขาเข้าด้วยกัน ทำให้นักเรียนมีทัศนะกว้างไกล สามารถประยุกต์ใช้ศาสตร์ความรู้ทางวิชาการกับชีวิตรประจำวันได้อย่างเหมาะสม แต่ก็ยังมีข้อจำกัดเกี่ยวกับหลักสูตรการสอน บทเรียนสื่อการสอน และกระบวนการวัดและประเมินผล ซึ่งการนำการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาไปใช้ในการเรียนการสอนจำเป็นต้องมีขั้นตอนหรือกระบวนการเช่นเดียวกับการจัดการเรียนรู้แบบอื่น ๆ ดังนั้นผู้วิจัยจึงศึกษาแนวทางการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาในการเรียนการสอนเป็นหัวข้อถัดไป

1.4 แนวทางการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาในการเรียนการสอน

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) (2557, น. 20-21) ได้ให้แนวทางการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา ว่าเป็นการเรียนการสอนที่มีจุดเริ่มต้นมาจากการกำหนดประเด็นในการศึกษา แล้วพิจารณาเลือกตัวชี้วัดของแต่ละกลุ่มรายวิชาทางด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี ที่สามารถนำมาจัดกิจกรรมแบบบูรณาการร่วมกันได้ ผสมกับการออกแบบเชิงวิศวกรรม ซึ่งอาจไม่จำเป็นต้องบูรณาการได้ครบทุกรายวิชาที่กล่าวมา แต่ต้องมีจุดเน้นให้นักเรียนได้ใช้ทักษะต่าง ๆ ในการแก้ปัญหาด้วยตนเอง โดยทักษะที่สำคัญที่ได้แก่ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ทักษะทางคณิตศาสตร์ และทักษะในศตวรรษที่ 21 ซึ่งประกอบด้วย ทักษะการคิด ทักษะการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ ทักษะการแก้ปัญหา และทักษะการสื่อสารเป็นต้น ซึ่งสามารถดำเนินการได้ 3 แนวทาง ดังนี้

1. การจัดกิจกรรมสอดแทรกไปตามเนื้อหาที่เกี่ยวข้องของแต่ละรายวิชาภายในคาบเรียน โดยเป็นกิจกรรมที่มีจำนวนชั่วโมงที่เหมาะสมสามารถจัดกิจกรรมได้เสร็จสิ้นภายในคาบเรียน โดยผู้สอนแต่ละรายวิชาอาจพิจารณาจากตัวชี้วัดของกิจกรรมนั้น ๆ เป็นเกณฑ์ หรือพิจารณาจากจุดประสงค์ของกิจกรรมว่าเกี่ยวข้องกับเนื้อหาใดบ้าง จึงสามารถนำกิจกรรมสะเต็มศึกษาเข้าไปใช้ในการจัดการเรียนการสอนได้

2. การจัดกิจกรรมไว้ในรายวิชาเลือกเสรีของกลุ่มวิชาต่าง ๆ โดยการสอนในรูปแบบนี้อาจทำได้ในรายวิชาที่เกี่ยวข้องกับการแก้โจทย์ปัญหาพิเศษหรือการทำโครงการ เป็นต้น รูปแบบการสอนโดยวิธีนี้เหมาะสำหรับกิจกรรมสะเต็มศึกษาที่ต้องใช้ระยะเวลาในการดำเนินกิจกรรมค่อนข้างมากและมีความซับซ้อน แต่มีข้อดีที่ผู้สอนสามารถจัดหาอาจารย์ที่ปรึกษาให้นักเรียนได้ครอบคลุมในเนื้อหาที่เกี่ยวข้องเพื่อให้คำแนะนำในการแก้ปัญหาหรือออกแบบ และสร้างชิ้นงานของนักเรียนได้

3. การจัดกิจกรรมไว้ในกลุ่มกิจกรรมนอกห้องเรียนต่าง ๆ เช่น ชุมนุม ชมรม และค่าย เป็นต้น ซึ่งรูปแบบการจัดกิจกรรมแบบนี้ มักเป็นกิจกรรมสะเต็มศึกษาที่มีหัวข้อที่เกี่ยวข้องกับการแก้ไขปัญหาเพื่อส่วนรวม เช่น ปัญหาสิ่งแวดล้อม การอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม การสร้างนวัตกรรมที่สามารถใช้ในการแก้ปัญหาต่าง ๆ ของส่วนรวม การจัดกิจกรรมโดยวิธีนี้มีข้อดีที่นักเรียนสามารถทำกิจกรรมได้ตลอดเวลาและต่อเนื่อง

จากแนวทางที่กล่าวมาข้างต้น สามารถสรุปแนวทางการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาในการเรียนการสอนได้ว่า สามารถดำเนินการได้ 3 แนวทาง ได้แก่ การจัดกิจกรรมสอดแทรกไปตามเนื้อหา จัดกิจกรรมไว้ในรายวิชาเลือกเสรีของกลุ่มวิชาต่าง ๆ และจัดกิจกรรมไว้ในกลุ่มกิจกรรมนอกห้องเรียน ซึ่งในงานวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยนำการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาสอดแทรกเข้าไปตามเนื้อหาวิชา ฟิสิกส์ จำนวน 3 หน่วยการเรียนรู้ ได้แก่ ธรรมชาติของเสียง การได้ยินเสียง และปรากฏการณ์ของเสียง

1.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา

สุนทร ภูรีปริชาเลิศ (2563) ศึกษาการพัฒนา รูปแบบการเรียนการสอนบูรณาการตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เพื่อส่งเสริมความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ และความสามารถด้านผลิตภาพสำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น โรงเรียนสาธิตสังกัดมหาวิทยาลัยของรัฐ โดยมีจุดมุ่งหมายเพื่อพัฒนา รูปแบบการเรียนการสอนตามแนวคิดบูรณาการสะเต็มศึกษา เพื่อส่งเสริมความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ และความสามารถด้านผลิตภาพสำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษา

ตอนต้น โรงเรียนสาธิตสังกัดมหา วิทยาลัยของรัฐ และประเมินผลของรูปแบบการเรียนการสอน ตามแนวคิดบูรณาการสะเต็มศึกษา เพื่อส่งเสริมความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ความคิด สร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ และความสามารถด้านผลิตภาพสำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษา ตอนต้น จากผลการวิจัยพบว่า นักเรียนกลุ่มทดลองมีความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์และ ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์สูงกว่าก่อนทดลองและสูงกว่ากลุ่มควบคุมที่ระดับนัยสำคัญ .05 และนักเรียนกลุ่มทดลองมีความสามารถด้านผลิตภาพหลังทดลองสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 60 ที่ ระดับนัยสำคัญ .05

ศานิตา ต่ายเมืองและคณะ (2563) การพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิชา วิทยาศาสตร์ โดยการประยุกต์ใช้แนวคิดสะเต็มศึกษาเพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์และจิต วิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โดยมีจุดมุ่งหมายพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิชา วิทยาศาสตร์ โดยการประยุกต์ใช้แนวคิดสะเต็มศึกษาเพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์และจิต วิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 จากผลการวิจัยพบว่า ค่าเฉลี่ยความคิดสร้างสรรค์ ของนักเรียนกลุ่มทดลองหลังเรียนด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้ สูงกว่าก่อนเรียนด้วยชุดกิจกรรม การเรียนรู้ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ($t = 7.421$) และค่าเฉลี่ยความคิดสร้างสรรค์ ของนักเรียนกลุ่มทดลองหลังเรียนด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้ สูงกว่านักเรียนกลุ่มควบคุมหลัง เรียนด้วยการสอนแบบปกติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ($t = 2.840$)

دنۇفل سىب سارائۇ (2563) ศึกษาผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา (STEM Education) ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาชีววิทยาและความสามารถในการแก้ปัญหาของนักศึกษาครู สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ โดยมีจุดมุ่งหมายเพื่อเปรียบเทียบ ความสามารถในการแก้ปัญหาก่อนเรียน และหลังเรียนของนักศึกษาครูสาขาวิชาวิทยาศาสตร์ ที่ ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา (STEM Education) จากผลการวิจัยพบว่า นักศึกษาที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา (STEM Education) มีผลสัมฤทธิ์ ทางการเรียนวิชาชีววิทยาหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 มีระดับ พัฒนาการทางการเรียนวิชาชีววิทยา อยู่ในระดับพัฒนาการระดับสูงมาก คิดเป็นร้อยละ 17.24 ระดับสูง คิดเป็นร้อยละ 31.03 ระดับกลาง คิดเป็นร้อยละ 32.76 และระดับต้น คิดเป็นร้อยละ 18.97 และมีความสามารถในการแก้ปัญหาทางการเรียนวิชาชีววิทยา หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

पालिता सुखसाराण. (2560) ศึกษาการพัฒนาแบบการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาที่ส่งเสริมจิตวิทยาศาสตร์และทักษะการแก้ปัญหา สำหรับนักเรียนระดับ

ประถมศึกษา โดยจุดมุ่งหมายเพื่อพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาที่ส่งเสริมจิตวิทยาศาสตร์และทักษะการแก้ปัญหา สำหรับนักเรียนระดับประถมศึกษา ซึ่งจากผลการวิจัยพบว่า นักเรียนมีจิตวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 มีทักษะการแก้ปัญหาหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และผู้สอนพร้อมด้วยนักเรียนมีความคิดเห็นว่าการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เป็นการเปิดโอกาสให้นักเรียนได้แสดงออกทางความคิดและการปฏิบัติ นักเรียนเรียนรู้อย่างกระตือรือร้น และมีความสุขเป็นการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ยึดนักเรียนเป็นสำคัญ ส่งผลให้นักเรียนสามารถแก้ปัญหาได้อย่างสร้างสรรค์และก่อให้เกิดนวัตกรรมสิ่งประดิษฐ์ใหม่

ทานทริ (Tantri Mayasari et. al. 2016) ศึกษาการสำรวจความคิดสร้างสรรค์ในการสร้างผลงานของนักเรียนโดยการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็ม โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อสำรวจความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนโดยการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็ม ตัวอย่างที่ใช้ในงานวิจัยเป็นนักเรียนหลักสูตรวิทยาศาสตร์ประยุกต์ จำนวน 29 คน จากผลการวิจัยพบว่า ความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนได้รับพัฒนาจากการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็ม ผลิตรากศัพท์ที่สร้างสรรค์โดยการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มสามารถมีอิทธิพลต่อระดับความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียน ทั้ง 4 องค์ประกอบ ได้แก่ ความคิดคล่องแคล่ว ความคิดยืดหยุ่น ความคิดริเริ่ม และความคิดละเอียดลออ และนักเรียนแสดงพฤติกรรมตอบสนองเชิงบวกของการสร้างสรรค์ผลงาน โดยการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา

อัปดุลยามีน ะฮะยีซาเดร์ (2560) ศึกษาผลของการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ และความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ และความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ซึ่งผลการวิจัยพบว่า นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษามีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา และความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระดับ .01 และมีความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ในระดับมาก

นันท์นภัส ลิ้มสันติธรรม (2561) ศึกษาการพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้STEM^{GM} เพื่อส่งเสริมกรอบแนวคิดเติบโตและความสามารถในการแก้ปัญหา สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) ศึกษาพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้STEM^{GM} ที่

ส่งเสริมกรอบแนวคิดเติบโตและความสามารถในการแก้ปัญหา สำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น 2) เพื่อศึกษาผลของการใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้ STEM^{GM} ที่มีต่อกรอบแนวคิดเติบโต ความสามารถในการแก้ปัญหาและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ ผลการวิจัยพบว่า รูปแบบการจัดการเรียนรู้ STEM^{GM} สามารถพัฒนาผู้เรียนในด้านกรอบแนวคิดเติบโต ความสามารถในการแก้ปัญหาและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และมีค่าขนาดอิทธิพลอยู่ในระดับปานกลาง

พิทยาภรณ์ ปัญญาหอม (2563) ศึกษาผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ไฟฟ้า สำหรับนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนวัดพรหมสาคร จังหวัดสิงห์บุรี โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ก่อนและหลังได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา เรื่อง ไฟฟ้าและ 2) เปรียบเทียบความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ก่อนและหลังได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาเรื่อง ไฟฟ้า ชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ซึ่งผลการวิจัยพบว่า 1) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ของนักเรียน ชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 เรื่องไฟฟ้า หลังได้รับการจัดกิจกรรมแบบสะเต็มศึกษาสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และ 2) ความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 เรื่องไฟฟ้า หลังได้รับการจัดกิจกรรมแบบสะเต็มศึกษาสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับสะเต็มศึกษาสามารถสรุปได้ว่าการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา สามารถพัฒนาความคิดสร้างสรรค์และความสามารถในการแก้ปัญหาในรายวิชาวิทยาศาสตร์ได้ ฉะนั้นในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยจึงนำการจัดการเรียนรู้มาใช้ในการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์และความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งอย่างไรก็ตามการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาก็ยังมีปัญหา เนื่องจากขณะที่นักเรียนทำงานร่วมกันเป็นกลุ่มในกระบวนการเรียนรู้ นักเรียนดำเนินกิจกรรมการเรียนรู้อย่างสับสน ทำงานไม่เป็นระบบ ดังนั้นผู้วิจัยจึงศึกษาการจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือเพิ่ม เพื่อช่วยในการทำงานร่วมกันเป็นกลุ่มของนักเรียนมีประสิทธิภาพ

2. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือ

2.1 ความหมายของการจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือ

ผู้วิจัยได้ศึกษาความหมายของการจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือ จากนักการศึกษาที่เกี่ยวข้อง โดยสรุปดังนี้

สลาวิน (Slavin, Robert E, 1995, p. 2) ได้ให้ความหมายของการจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือว่า หมายถึง การจัดการเรียนรู้ที่ให้นักเรียนทำงานร่วมกันเป็นกลุ่มเล็ก ๆ มีความสามารถในการเรียนของสมาชิกในกลุ่มต่างกัน และร่วมกันแก้ปัญหาหรือทำงานที่ได้รับมอบหมายให้สำเร็จ โดยสมาชิกในกลุ่มทุกคนมีสำคัญจะต้องมีส่วนร่วมในการช่วยเหลือซึ่งกันและกันในการทำงาน ถือว่าความสำเร็จหรือความล้มเหลวของกลุ่มล้วนเป็นของทุกคนในกลุ่ม ซึ่งสอดคล้องกับ จอห์นสัน และจอห์นสันและสมิธ (Johnson, & Johnson, & Smith, 2014, p. 87) ที่กล่าวว่า การจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือ เป็นการจัดการเรียนรู้ของกลุ่มย่อย โดยนักเรียนเรียนรู้จากการทำงานร่วมกัน ภายในสถานการณ์ที่แต่ละคนต่างหาเอกสารหรือแนวทางที่เป็นประโยชน์ต่อตนเองและกลุ่ม เพื่อบรรลุเป้าหมายที่กำหนดไว้ ซึ่งคล้ายคลึงกับ อภรณ์ ใจเที่ยง (2550, น. 121) กล่าวเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือว่า เป็นการจัดการเรียนรู้ที่นักเรียนมีความรู้ความสามารถต่างกันร่วมมือกันทำงานกลุ่มด้วยความตั้งใจและเต็มใจรับผิดชอบในบทบาทหน้าที่ในกลุ่มของตน ทำให้งานของกลุ่มดำเนินไปสู่เป้าหมายได้สำเร็จ และเวดี ศรีสุข. (2562, น. 6) กล่าวว่าเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือว่า หมายถึง การจัดการเรียนรู้ที่จัดกลุ่มนักเรียนออกเป็นกลุ่มย่อย โดยภายในกลุ่มมีความสามารถแตกต่างกันและใช้กระบวนการทำงานเป็นทีม เพื่อร่วมกันแลกเปลี่ยนเรียนรู้จากความรู้ที่ได้รับมอบหมายตามหัวข้อที่กำหนดให้ พร้อมทั้งสรุปสาระการเรียนรู้ นำไปสู่เป้าหมายที่กำหนดไว้ร่วมกัน โดยมีผู้สอนเป็นผู้ให้คำปรึกษา ความช่วยเหลือ จัดหาและชี้แนะแหล่งค้นคว้าเอกสารเพิ่มเติม ซึ่งมีการจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือมีเทคนิคหลากหลายวิธีให้ผู้สอนเลือกใช้ตามความเหมาะสมของเนื้อหา

จึงสรุปได้ว่า การจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือ หมายถึง การจัดการเรียนรู้ที่มีเป้าหมายเพื่อให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ผ่านการทำงานร่วมกัน ซึ่งสมาชิกในกลุ่มมีความสามารถหรือความถนัดแตกต่างกันได้ แสดงบทบาทตามหน้าที่ที่ตนถนัดอย่างเต็มที่ มีการช่วยเหลือซึ่งกัน การแลกเปลี่ยนแนวคิดและร่วมกันทำให้งานประสบผลสำเร็จ โดยถือว่าความสำเร็จของกลุ่ม คือ ความสำเร็จของทุกคน

2.2 องค์ประกอบของการจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือ

ผู้วิจัยได้ศึกษาองค์ประกอบของการจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือ จากนักการศึกษาที่เกี่ยวข้อง โดยสรุปดังนี้

จอห์นสันและจอห์นสัน (Johnson & Johnson, 1994, p. 31 - 37) กล่าวโดยสรุปว่า การจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือ มีองค์ประกอบ 5 ประการ ได้แก่ ความเกี่ยวข้องสัมพันธ์กัน ในทางบวก ซึ่งแบ่งออกเป็นภารกิจกันเชิงผลลัพธ์และเชิงวิธีการ การมีปฏิสัมพันธ์ที่ส่งเสริมกัน

ระหว่างสมาชิกภายในกลุ่ม ความรับผิดชอบของสมาชิก การใช้ทักษะการปฏิสัมพันธ์ระหว่างบุคคลและทักษะการทำงานกลุ่มย่อย และกระบวนการทำงานของกลุ่ม ซึ่งสอดคล้องกับ อารมณ์ใจเที่ยง (2550, น. 122) ที่สรุปไว้ว่าองค์ประกอบของการจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือ ต้องคำนึงถึงองค์ประกอบในการให้นักเรียนทำงานกลุ่ม 5 ประการ ได้แก่ การพึ่งพาอาศัยกัน (Positive Interdependence) การมีปฏิสัมพันธ์อย่างใกล้ชิดในเชิงสร้างสรรค์ การตรวจสอบความรับผิดชอบของสมาชิกแต่ละคน การฝึกทักษะการทำงานกลุ่มย่อย และการฝึกกระบวนการกลุ่ม

จึงสรุปได้ว่า องค์ประกอบของการจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือมี 5 ประการ ได้แก่ ความเกี่ยวข้องสัมพันธ์กันในทางบวก การมีปฏิสัมพันธ์ที่ส่งเสริมกันระหว่างสมาชิกภายในกลุ่ม ความรับผิดชอบของสมาชิก การใช้ทักษะการปฏิสัมพันธ์ระหว่างบุคคล และกระบวนการทำงานของกลุ่ม

2.3 เทคนิคการจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือ

ผู้วิจัยได้ศึกษาเทคนิคการจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือ จากนักการศึกษาที่เกี่ยวข้อง โดยสรุปดังนี้

สลาวิน (Slavin Robert E. 1991, p. 73-75) ได้สรุปว่า เทคนิคที่นำมาใช้ในการเรียนรู้แบบร่วมมือมี 5 วิธี ได้แก่ เทคนิคผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน (Student Teams-Achievement Division: STAD) เทคนิคกลุ่มการแข่งขัน (Teams-Games-tournament: TGT) เทคนิคกลุ่มการแข่งขัน (Teams-Games-tournament: TGT) เทคนิคการช่วยเหลือรายบุคคล (Team Assisted Individualization: TAI) เทคนิคการอ่านแบบบูรณาการ (Cooperative Integrated Reading and Composition: CIRC) และเทคนิคการเรียนรู้แบบร่วมมืออื่น ๆ ซึ่งประกอบด้วย จิ๊กซอว์ (Jigsaw) การเรียนรู้แบบร่วมกัน (learning together) และการสอบสวนกลุ่ม (Group Investigation) ซึ่งคล้ายคลึงกับ วิมลรัตน์ สุนทรวิโรจน์ (2551, น. 11-28) ที่ได้สรุปเทคนิคการเรียนรู้แบบร่วมมือว่ามี 5 วิธี ได้แก่ เทคนิคร่วมมือแข่งขัน (Team Games Tournament: TGT) เทคนิคผลสัมฤทธิ์ (Student Teams and Achievement Divisions: STAD) เทคนิคกลุ่มสืบค้น (Group Investigation: GI) เทคนิคเรียนรู้ร่วมกัน (Learning Together: LT) และเทคนิคกลุ่มร่วมมือ (Co-Op)

จึงสรุปได้ว่า เทคนิคการเรียนรู้แบบร่วมมือมี 8 วิธี ได้แก่ เทคนิคผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เทคนิคกลุ่มการแข่งขัน เทคนิคการช่วยเหลือรายบุคคล เทคนิคการอ่านแบบบูรณาการ เทคนิคจิ๊กซอว์ เทคนิคการเรียนรู้แบบร่วมกัน เทคนิคการสอบสวนกลุ่ม และเทคนิคกลุ่มร่วมมือ โดยผู้สอนต้องเลือกเทคนิคที่เหมาะสมกับบริบทของนักเรียน เนื้อหาและกิจกรรมในการเรียนรู้ ซึ่ง

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยเลือกเทคนิคกลุ่มร่วมมือของการจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือเข้าบูรณาการ ร่วมกับการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา เนื่องจากเป็นเทคนิคที่เหมาะสมสำหรับการทำงานร่วมกัน เป็นกลุ่ม และบริบทของนักเรียนที่มีความสามารถแตกต่างกัน อีกทั้งยังสอดคล้องกับกระบวนการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา

2.4 ความหมายของเทคนิคกลุ่มร่วมมือ

กลุ่มร่วมมือ เป็นเทคนิคการทำงานกลุ่ม โดยสมาชิกในกลุ่มที่มีความสามารถและความถนัดแตกต่างกันได้ แสดงบทบาทตามหน้าที่ตามความถนัดอย่างเต็มที่ ทำให้งานประสบผลสำเร็จ ซึ่งทำให้นักเรียนได้ฝึกความรับผิดชอบ การทำงานกลุ่มร่วมกัน และสนองต่อหลักการของการเรียนรู้และร่วมมือที่ว่า “ความสำเร็จแต่ละคน คือ ความสำเร็จของกลุ่ม ความสำเร็จของกลุ่ม คือ ความสำเร็จของทุกคน” โดยลักษณะการจัดกิจกรรมเริ่มจากสมาชิกกลุ่มที่มีความสามารถแตกต่างกัน จะแบ่งหน้าที่รับผิดชอบไปศึกษาหัวข้อย่อยที่ได้รับมอบหมาย แล้วนำงานจากการศึกษาค้นคว้ามารวมกันเป็นงานกลุ่ม ปรับปรุงให้ต่อเนื่องเชื่อมโยง มีความสละสลวยเสร็จแล้วจึงนำเสนอต่อชั้นเรียน ทุกกลุ่มจะช่วยกันประเมินผลงาน (วัฒนาพร ระงับทุกข์, 2545, น. 177-195) สอดคล้องกับ วิมลรัตน์ สุนทรวิโรจน์ (2551, น. 11-28) ที่กล่าวว่ากลุ่มร่วมมือ เป็นเทคนิคที่เน้นการร่วมกันทำงาน โดยสมาชิกของกลุ่มที่มีความสามารถและความถนัดต่างกันได้ แสดงบทบาทหน้าที่ที่ตนถนัดเต็มที่ นักเรียนเก่งได้ช่วยเหลือเพื่อนที่เรียนอ่อน เป็นกิจกรรมเกี่ยวกับการคิดขั้นสูง และเป็นวิธีการที่สามารถนำไปใช้สอนในวิชาใดก็ได้

จึงสรุปได้ว่า เทคนิคกลุ่มร่วมมือ เป็นเทคนิคการจัดการเรียนรู้ที่ให้นักเรียนทำงานร่วมกันเป็นกลุ่ม โดยสมาชิกในกลุ่มมีความสามารถหรือความถนัดต่างกันและแสดงบทบาทหน้าที่ตามที่ตนถนัด อีกทั้งเป็นเทคนิคที่เกี่ยวข้องกับการคิดขั้นสูง ซึ่งในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยนำขั้นตอนเทคนิคกลุ่มร่วมมือตามแนวคิดของวิมลรัตน์ สุนทรวิโรจน์ (2551, น. 11-28) ทั้ง 6 ขั้นตอน บูรณาการเข้ากับกระบวนการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา

2.5 กระบวนการสอนของเทคนิคกลุ่มร่วมมือ

วันเพ็ญ จันทร์เจริญ (2542, น. 119-128) กล่าวถึงขั้นตอนเทคนิคกลุ่มร่วมมือ เริ่มจากนักเรียนร่วมกันอภิปรายหัวข้อที่จะศึกษา แบ่งหัวข้อใหญ่เป็นหัวข้อย่อย จากนั้นจัดนักเรียนเข้ากลุ่มตามความสามารถที่แตกต่างกัน โดยกลุ่มเลือกหัวข้อที่จะศึกษาตามความสนใจของกลุ่ม ต่อมากลุ่มแบ่งหัวข้อย่อยออกเป็นหัวข้อเล็ก ๆ เพื่อสมาชิกในกลุ่มเลือกไปศึกษา และมีการกำหนดบทบาทและหน้าที่ของแต่ละคนภายในกลุ่ม พร้อมเปิดโอกาสให้สมาชิกเลือกศึกษาเรื่องที่ตนเลือก และนำเสนอต่อกลุ่ม กลุ่มรวบรวมหัวข้อต่าง ๆ จากสมาชิกทุกคนภายในกลุ่ม และรายงานผลงานต่อชั้นพร้อมมีการประเมินผลงานของกลุ่ม ซึ่งมีลักษณะคล้ายคลึงกับ วัฒนาพร ระงับทุกข์ (2545,

น. 177 – 195) ที่กล่าวถึงลักษณะการจัดกิจกรรมของเทคนิคกลุ่มร่วมมือว่า สมาชิกกลุ่มที่มีความสามารถแตกต่างกันจะแบ่งหน้าที่รับผิดชอบไปศึกษาหัวข้อย่อยที่ได้รับมอบหมาย จากนั้นนำงานจากการศึกษาค้นคว้ามารวมกันเป็นงานกลุ่ม ปรับปรุงให้ต่อเนื่องเชื่อมโยง มีความสอดคล้องเสร็จแล้วจึงนำเสนอต่อชั้นเรียนและทุกกลุ่มจะช่วยกันประเมินผลงาน และวิมลรัตน์ สุนทรวิโรจน์ (2551, น. 11-28) กล่าวถึงกระบวนการสอนของเทคนิคกลุ่มร่วมมือ ดังนี้

1. กำหนดขอบข่ายประเด็นหรือเนื้อหาตามจุดประสงค์ที่จะให้นักเรียนได้ศึกษา
2. นักเรียนทั้งชั้นเรียนร่วมกันอภิปรายเพื่อกำหนดประเด็น หรือหัวข้อที่จะศึกษา
3. กำหนดกลุ่มย่อย โดยให้สมาชิกกลุ่มมีความสามารถคละกัน
4. แต่ละกลุ่มเลือกหัวข้อที่จะศึกษา
5. สมาชิกในแต่ละกลุ่มช่วยกันกำหนดหัวข้อย่อย แล้วแบ่งหน้าที่รับผิดชอบโดยให้ สมาชิกแต่ละคนเลือกศึกษาหัวข้อย่อยคนละ 1 หัวข้อ

6. สมาชิกนำผลงานมารวมกันเป็นงานกลุ่ม อาจมีการอ่านทบทวนและปรับแต่งภาษาให้ผลงานกลุ่มที่ทำร่วมกันมีความสอดคล้องต่อเนื่อง เตรียมผู้ที่จะนำเสนอผลงานกลุ่มต่อชั้นเรียน ทุกกลุ่มช่วยกันประเมินผล โดยประเมินทั้งกระบวนการทำงานกลุ่มและผลงานกลุ่ม

จึงสรุปได้ว่า กระบวนการเทคนิคกลุ่มร่วมมือ เป็นกระบวนการที่กำหนดให้นักเรียนออกเป็นกลุ่มคละความสามารถ ซึ่งในการทำงานมีการกำหนดบทบาทหน้าที่ความรับผิดชอบตามความสามารถหรือความถนัดของตนที่ได้เลือกไว้ ซึ่งในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยยึดกระบวนการร่วมมือตามแนวคิดของ วิมลรัตน์ สุนทรวิโรจน์ (2551, น. 11-28) บูรณาการเข้ากับกระบวนการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา เนื่องจากเป็นแนวคิดที่สอดคล้องกับกระบวนการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา

2.6 ประโยชน์ของการจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือ

การจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือ ส่งผลให้เกิดประโยชน์ต่อนักเรียนในหลากหลายด้าน สามารถสรุปได้ว่า การจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือทำให้นักเรียนมีการเรียนรู้ที่ความคงทน สร้างความสัมพันธ์ที่ดีระหว่างสมาชิก เปิดโอกาสให้สมาชิกแสดงความคิดหรือความสามารถอย่างเท่าเทียม รวมไปถึงส่งเสริมทักษะทางสังคม ทักษะการสื่อสาร ทักษะการทำงานเป็นกลุ่ม อีกทั้งยังทำให้นักเรียนมีความสุข สุขภาพจิตดี และมีความเชื่อมั่นในตัวเองเพิ่มขึ้น (จันทร์เพ็ญ เชื้อพานิช, 2542, น. 7; ทิศนา เขมณี, 2552, น. 101; บุญเมฆ ภมรสิงห์, 2545, น. 10; วันเพ็ญ จันทร์เจริญ, 2542, น. 119)

จากการศึกษาจึงสรุปได้ว่า การจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือส่งผลให้เกิดประโยชน์ต่อนักเรียนหลายด้าน ได้แก่ ด้านความสัมพันธ์ระหว่างเพื่อนร่วมกลุ่มหรือร่วมชั้นเรียน ด้านความกล้า

ในการแสดงออกทางความคิดเห็น ด้านการสื่อสาร และด้านการทำงานเป็นกลุ่ม อีกทั้งยังทำให้นักเรียนมีความสุข สุขภาพจิตดี และมีความเชื่อมั่นในตัวเอง

2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือ

ขุนทอง คล้ายทอง (2554) การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในวิชา เคมี 1 และความสามารถในการคิดแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือโดยใช้เทคนิคการแข่งขันระหว่างกลุ่มและแบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ชั้น โดยมีจุดมุ่งหมายเพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในวิชาเคมี และความสามารถในการคิดแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือโดยใช้เทคนิคการแข่งขันระหว่างกลุ่มและแบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ชั้น จากผลการวิจัยพบว่าความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือโดยใช้เทคนิคการแข่งขันระหว่างกลุ่ม หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือ โดยใช้เทคนิคการแข่งขันระหว่างกลุ่มและการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ชั้นไม่แตกต่างกัน

วิชชุตา อ้วนศรีเมือง (2554) ศึกษาการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการคิดแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือ โดยใช้เทคนิค STAD กับการจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือโดยใช้เทคนิค LT โดยมีจุดมุ่งหมายเพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการคิดแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือ โดยใช้เทคนิค STAD กับการจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือ โดยใช้เทคนิค LT จากผลการวิจัยพบว่าความสามารถในการคิดแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือ โดยใช้เทคนิค STED และการจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือ โดยใช้เทคนิค LT ก่อนเรียนและหลังเรียนไม่แตกต่างกัน ความสามารถในการคิดแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือ โดยใช้เทคนิค STAD ก่อนเรียนและหลังเรียนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ความสามารถในการคิดแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือ โดยใช้เทคนิค LT ก่อนเรียนและหลังเรียนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

นฤมล คนคล่องและคณะ (2562) ศึกษาผลของการจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือโดยเทคนิค STAD ต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการคิดแก้ปัญหาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 รายวิชาวิทยาศาสตร์ ในหน่วยการเรียนรู้เรื่องสารในชีวิตประจำวัน โดยมี

จุดมุ่งหมายเพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการคิดแก้ปัญหาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือโดยใช้เทคนิค STAD กับการจัดการเรียนรู้แบบปกติในหน่วยการเรียนรู้เรื่อง สารในชีวิตประจำวัน จากผลการวิจัยพบว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของกลุ่มทดลองสูงกว่ากลุ่มควบคุม ($p < .05$) และความสามารถในการคิดแก้ปัญหาของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ แบบร่วมมือโดยใช้เทคนิค STAD สูงกว่าการจัดการเรียนรู้แบบปกติ ($p < .05$)

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือ พบว่า การจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือสามารถพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนได้และมีประโยชน์อย่างมากสำหรับการทำงานเป็นกลุ่ม ดังนั้นในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยจึงนำการจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือเข้ามามีบทบาทกับการทำงานเป็นกลุ่ม ขณะได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา

3. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาร่วมกับเทคนิคร่วมมือ

3.1 ทฤษฎีที่สนับสนุนการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา

กมลฉัตร กล่อมอิม. (2562, น. 19 - 27) ได้สรุปทฤษฎีที่สนับสนุนการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาไว้ 5 ทฤษฎี ได้แก่ ทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ ทฤษฎีการเรียนรู้แบบร่วมมือ ทฤษฎีการเรียนรู้ของบรูเนอร์ ทฤษฎีการเรียนรู้ที่มีความหมาย และทฤษฎีคอนสตรัคติวิซึม โดยมีรายละเอียด ดังนี้

1. ทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ เป็นทฤษฎีการสร้างความรู้ด้วยตนเอง หรือเกิดการเรียนรู้โดยการมีปฏิสัมพันธ์กับสิ่งรอบตัวด้วยวิธีการต่าง ๆ ด้วยการใช้ความรู้และประสบการณ์เดิม มีรากฐานสำคัญมาจากทฤษฎีพัฒนาการของเพียเจต์และไวทกอสกี ซึ่งเพียเจต์กล่าวว่าพัฒนาการทางปัญญาของบุคคลมีการปรับตัวผ่านกระบวนการซึมซับและดูดซึม และกระบวนการปรับโครงสร้างทางปัญญา พัฒนาการเกิดขึ้นเมื่อบุคคลรับเอกสารหรือประสบการณ์ใหม่เข้าไปสัมพันธ์กับความรู้ที่มีอยู่เดิม หากไม่สามารถสัมพันธ์กันได้จะเกิดภาวะไม่สมดุลขึ้น บุคคลจะพยายามปรับสภาวะให้อยู่ในสมดุล โดยใช้กระบวนการปรับโครงสร้างทางปัญญา

2. ทฤษฎีการเรียนรู้แบบร่วมมือ เป็นวิธีการจัดการเรียนรู้ที่เน้นการจัดสิ่งแวดล้อมทางการเรียนให้นักเรียนได้เรียนรู้ร่วมกันเป็นกลุ่ม ซึ่งแต่ละคนจะมีส่วนร่วมอย่างแท้จริงและมีความสำเร็จร่วมกัน กล่าวว่่านักเรียนจะเกิดการเรียนรู้เมื่อในกลุ่มมีความร่วมมือพึ่งพากันมีปฏิสัมพันธ์ที่ดีต่อกัน ซึ่งปฏิสัมพันธ์ระหว่างนักเรียนมี 3 ลักษณะ ได้แก่ ลักษณะการแข่งขันของ

นักเรียนแต่ละคนพยายามเรียนให้ได้ดีกว่าคนอื่น เพื่อให้ได้คะแนนที่ดี ได้รับการยกย่องหรือการตอบแทนในลักษณะต่าง ๆ ลักษณะต่างคนต่างเรียนนักเรียนแต่ละคนต่างรับผิดชอบดูแลตนเองไม่เกิดการเรียนรู้ไม่ยุ่งเกี่ยวกับผู้อื่น และลักษณะร่วมมือกันช่วยเหลือกันในการเรียนรู้ นักเรียนแต่ละคนรับผิดชอบในการเรียนรู้ของตนและในขณะเดียวกันจะมีการช่วยให้สมาชิกคนอื่นในกลุ่มเรียนรู้ให้ประสบความสำเร็จด้วย ซึ่งมีองค์ประกอบที่สำคัญ 5 ประการ ได้แก่ การฟังพาดำและเกื้อกูลกัน จะต้องตระหนักว่าสมาชิกทุกคนมีความสำคัญ และความสำเร็จของกลุ่มขึ้นอยู่กับสมาชิกทุกคนในกลุ่มดังนั้นสมาชิกแต่ละคนจะต้องรับผิดชอบต่อบทบาทหน้าที่ของตนและมีช่วยเหลือเกื้อกูลผู้อื่น การปฏิสัมพันธ์หรืออย่างใกล้ชิด มีลักษณะการจัดกิจกรรมที่ให้นักเรียนได้มีการพูดคุยแลกเปลี่ยนความคิดเห็น ข้อเสนอแนะ เพื่อวางเป้าหมายและบรรลุเป้าหมาย โดยสมาชิกในกลุ่มมีการส่งเสริมช่วยเหลือเกื้อกูลกันและกัน ส่งผลให้เกิดสัมพันธภาพที่ดีกัน การมีความรับผิดชอบของสมาชิกแต่ละคน นักเรียนทุกคนมีหน้าที่หลักที่ต้องรับผิดชอบและพยายามทำหน้าที่ที่ได้รับมอบหมายอย่างเต็มความสามารถ การประเมินผลและการตรวจสอบผลงานทั้งที่เป็นรายบุคคลและเป็นแบบกลุ่มการปฏิสัมพันธ์ระหว่างบุคคลและทักษะการทำงานกลุ่มย่อย จะประสบความสำเร็จต้องอาศัยทักษะที่สำคัญประการ เช่น ทักษะสังคม ทักษะการปฏิสัมพันธ์กับผู้อื่น ทักษะการรวมกลุ่ม กระบวนการกลุ่ม การวิเคราะห์กระบวนการทำงานของกลุ่ม เพื่อให้เกิดการเรียนรู้และปรับปรุงการทำงานให้ดีขึ้น

3. ทฤษฎีการเรียนรู้ของบรูเนอร์ พัฒนามาจากทฤษฎีของเพียร์เจต์ โดยเชื่อว่ามนุษย์เลือกจะรับรู้ที่ตนเองสนใจและการเรียนรู้เกิดจากกระบวนการค้นพบด้วยตนเอง จัดโครงสร้างของความรู้ให้มีความสัมพันธ์และสอดคล้องกับพัฒนาการทางสติปัญญาของเด็ก การจัดหลักสูตรและการเรียนรู้ให้เหมาะสมกับระดับความพร้อมของนักเรียนและสอดคล้องกับพัฒนาการทางสติปัญญาของนักเรียน จะช่วยให้การเรียนรู้เกิดประสิทธิภาพการคิดแบบหยั่งรู้ เป็น การคิดหาเหตุผลอย่างอิสระที่สามารถช่วยพัฒนาความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ แรงจูงใจภายในเป็นปัจจัยสำคัญที่จะช่วยให้นักเรียนประสบผลสำเร็จในการเรียนรู้

4. ทฤษฎีการเรียนรู้ที่มีความหมาย เป็นแนวคิดออสเชเบลเกี่ยวกับการเรียนรู้จากความเข้าใจ โดยการเรียนรู้เกิดขึ้นเมื่อนักเรียนได้เชื่อมโยงสิ่งที่เรียนรู้ใหม่หรือเอกสารใหม่ ซึ่งอาจเป็นความคิดรวบยอดหรือความรู้ที่ได้รับใหม่ในโครงสร้างทางสติปัญญากับความรู้เดิม โดยแบ่งการเรียนรู้ออกเป็น 4 ประเภท ได้แก่ การเรียนรู้โดยการรับอย่างมีความหมาย การเรียนรู้โดยการรับแบบท่องจำ การเรียนรู้โดยการค้นพบอย่างมีความหมายและการเรียนรู้โดยการค้นพบแบบท่องจำ

5. ทฤษฎีคอนสตรัคติวิซึม เป็นการเรียนรู้ที่เกิดจากการสร้างพลังความรู้ในตนเอง และด้วยตนเองของนักเรียน หากนักเรียนมีโอกาสได้สร้างความคิดและนำความคิดตนเองไปสร้างสรรคขึ้นงาน โดยอาศัยสื่อและเทคโนโลยีที่เหมาะสมจะทำให้เห็นความคิดนั้นเป็นรูปธรรมที่ชัดเจน เปิดโอกาสให้นักเรียนได้เลือกตามความสนใจจะทำให้ให้นักเรียนมีแรงจูงใจในการคิดและการเรียนรู้ต่อไป เป็นการจัดสภาพแวดล้อมที่มีความแตกต่างกัน อันจะเป็นประโยชน์ต่อการสร้างองค์ความรู้ เช่น ความถนัด ความสามารถและประสบการณ์แตกต่างกัน ซึ่งจะเอื้อให้มีการช่วยเหลือและสร้างสรรค์ผลงานและความรู้ รวมทั้งพัฒนาทักษะทางสังคม เป็นบรรยากาศที่มีความเป็นมิตร เป็นกันเอง ที่ทำให้นักเรียนรู้สึกอบอุ่น ปลอดภัย สบายใจ จะเอื้อให้การเรียนรู้เป็นไปอย่างมีความสุข

จากการศึกษาสามารถสรุปได้ว่า ทฤษฎีที่สนับสนุนการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษามี 5 ทฤษฎี ได้แก่ ทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ ทฤษฎีการเรียนรู้แบบร่วมมือ ทฤษฎีการเรียนรู้ของบรูเนอร์ ทฤษฎีการเรียนรู้ที่มีความหมาย และทฤษฎีคอนสตรัคติวิซึม ซึ่งผู้วิจัยใช้ทฤษฎีการเรียนรู้แบบร่วมมือเป็นทฤษฎีที่สนับสนุนให้สามารถนำเทคนิคกลุ่มร่วมมือมาบูรณาการร่วมกับการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มได้ เนื่องจากทฤษฎีการเรียนรู้แบบร่วมมือเหมาะสมสำหรับการดำเนินกิจกรรมการเรียนรู้เป็นกลุ่ม

3.2 งานวิจัยที่เกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาร่วมกับการจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือ

สุพัตรา โคตะวงค์ (2559: 115 - 123) ศึกษาการส่งเสริมทักษะการทำงานเป็นทีมด้วยกิจกรรมการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนรู้แบบร่วมมือของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนชุมแพศึกษา โดยมีจุดมุ่งหมายเพื่อ 1) พัฒนากิจกรรมการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนรู้แบบร่วมมือให้มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์เมกุยแกนส์ 2) เปรียบเทียบผลการประเมินทักษะการทำงานเป็นทีมก่อนเรียนกับหลังเรียน 3) ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างทักษะการทำงานเป็นทีมกับผลสัมฤทธิ์ของนักเรียน และ 4) ศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนต่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ทั้งนี้ผู้วิจัยกล่าวว่าการจัดการเรียนแบบสะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนรู้แบบร่วมมือ โดยใช้เทคนิคการแข่งขันระหว่างกลุ่มด้วยเกม (Team -Games-Tournament : TGT) มีขั้นตอนดังนี้

ขั้น 1 ระบุปัญหา เป็นขั้นนำเสนอตัวอย่างสถานการณ์ ตัวอย่างผลงาน เพื่อกระตุ้นให้นักเรียนเกิดความสนใจ อยากศึกษาค้นคว้า อยากปฏิบัติ และให้นักเรียนทำการปรึกษาหารือกันภายในทีมเกี่ยวกับเรื่องที่จะสร้างชิ้นงาน และร่วมกันอภิปรายหัวข้อกิจกรรมการเรียนรู้ผ่านบทเรียนบนเว็บที่ผู้เตรียมไว้

ขั้น 2 การค้นหาแนวคิดที่เกี่ยวข้อง เป็นขั้นที่นักเรียนต้องแบ่งภาระงานกันในทีม โดยใช้เทคนิคกลุ่มสี่บับัน เช่น กำหนดเป้าหมายในการทำงานให้ชัดเจน ตั้งประเด็นการเรียนรู้และแบ่งหน้าที่กันไปศึกษาค้นคว้าหาข้อมูล โดยนักเรียนแต่ละกลุ่มสามารถศึกษาค้นคว้าจากบทเรียนบนเว็บของครู และหนังสือคู่มือการใช้งานชุดสมองกล

ขั้น 3 วางแผนและพัฒนา เป็นขั้นที่นักเรียนจะต้องวางแผนการสร้างผลงานโดยมีการระบุปัญหา แนวทางการแก้ปัญหา วิธีการแก้ปัญหา และสรุปแผนงานที่แต่ละกลุ่มได้ออกแบบไว้แล้ว ทำการลงมือสร้างผลงานด้วยชุดสมองกล ตามแผนที่ได้วางไว้ โดยสมาชิกต้องทำงานเป็นทีม ช่วยเหลือกันทำงานให้เสร็จ โดยครูเป็นผู้คอยช่วยเหลือ ดูแล แนะนำและอำนวยความสะดวกในการทำงานให้แก่ นักเรียนทุกกลุ่ม

ขั้น 4 ทดสอบและประเมินผล ในขั้นนี้ นักเรียนต้องนำผลงานที่สร้างแล้วเสร็จมาทำการทดสอบผล ประเมินผล ปรับปรุงแก้ไข และสรุปผลการทดสอบ เพื่อนำไปเขียนรายงานผลการปฏิบัติงาน พร้อมเตรียมการนำเสนอผลงานหน้าชั้นเรียนต่อไป โดยครูเป็นผู้คอยช่วยเหลือ ดูแล แนะนำ และอำนวยความสะดวกในการทำงานให้แก่ นักเรียนทุกกลุ่ม

ขั้น 5 นำเสนอผลลัพธ์ ในขั้นนี้ นักเรียนแต่ละกลุ่มจะต้องเป็นผู้สรุปผลการทำงาน และนำเสนอชิ้นงานของตน โดยนำเสนอหน้าชั้นเรียนทีละกลุ่ม ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายผลงาน แนะนำข้อปรับปรุงแก้ไข และสุดท้ายผู้สอนสรุปผลการดำเนินงานและประเมินการทำงาน

ซึ่งจากผลการวิจัยพบว่า กิจกรรมการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนรู้แบบร่วมมือของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนชุมแพศึกษา มีค่าประสิทธิภาพเท่ากับ 1.34 ซึ่งมากกว่าเกณฑ์ที่กำหนด ซึ่งสรุปได้ว่ากิจกรรมการเรียนรู้มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์เมกุยแกนส์

แคทเธอริน (Catherine R. Eley, 2019) ศึกษาการจัดเรียนรู้แบบร่วมมือร่วมกับการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา โดยมีจุดมุ่งหมายเพื่อตรวจสอบการกำหนดบทบาทกลุ่มร่วมมือที่มีผลต่อพฤติกรรมในการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา จากผลการวิจัยพบว่า การกำหนดบทบาทหน้าที่จากการจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือร่วมกับการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มมีประโยชน์มาก พิสูจน์ได้จากเจตคติของนักเรียนเมื่อมีการกำหนดบทบาทของแต่ละคนในกลุ่ม ส่งผลให้มีเจตคติเชิงบวกต่อพฤติกรรมการทำงานและนักเรียนยังรู้สึกทำท่ายกับกิจกรรมจากการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา อีกทั้งผู้สอนยังสามารถจัดการชั้นเรียนในการทำกิจกรรมจากการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาที่กำหนดบทบาทนักเรียนจากการจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือ เนื่องจากผู้สอนสามารถอธิบายสมาชิกแต่ละคนว่าได้รับหน้าที่ใดในการทำงาน ทั้งนี้ผู้วิจัยยังเสนอแนะว่าผู้สอนต้องสร้างสภาพแวดล้อมการจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือที่ส่งเสริมการทำงาน

ร่วมกันและการแก้ปัญหา ให้คำแนะนำเกี่ยวกับความคาดหวังและเป้าหมายของประสบการณ์กลุ่ม อธิบายบทบาทของสมาชิกในกลุ่มเพื่อให้นักเรียนสามารถรับผิดชอบในการทำงานหรือหน้าที่ของตนให้เสร็จสิ้น และให้นักเรียนได้ตรวจสอบถึงประสบการณ์ ความสามารถ ความถนัด ความรับผิดชอบของตนเองและของกลุ่ม เมื่อกำหนดบริบทเหล่านี้แล้วนักเรียนที่มีสมาชิกในกลุ่มความร่วมมือกันจะประสบความสำเร็จในการทำงานและบรรลุเป้าหมายร่วมกัน

แมธ ทิว และ โทมัส (Matthew Salomone & Thomas Kling. 2017) ศึกษาความจำเป็นของการจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือที่ในหลักสูตรการเรียนสะเต็มศึกษา โดยมีจุดมุ่งหมายเพื่อศึกษาแนวทางในการปรับปรุงหลักสูตรการเรียนสะเต็มศึกษา โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือ ซึ่งในงานวิจัยนี้ไม่ได้สร้างกลุ่มเปรียบเทียบพร้อมกัน จึงเป็นการศึกษาเป็นแบบกึ่งทดลอง จากผลการวิจัยพบว่า การพัฒนาหลักสูตรสะเต็มศึกษาโดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือ ช่วยลดความแตกต่างด้านความสามารถทางวิชาการก่อนเข้ารับการเรียนในหลักสูตรได้ และยังสามารถช่วยรักษาจำนวนนักเรียนที่เข้าเรียนหลักสูตรสะเต็มศึกษาในช่วงระยะเวลา 2 ปีได้เพิ่มมากขึ้น

จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา ร่วมกับเทคนิคกลุ่มร่วมมือสามารถสรุปได้ว่า การจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาสามารถบูรณาการร่วมกับการจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือได้ โดยในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้บูรณาการกระบวนการเรียนรู้เทคนิคกลุ่มร่วมมือ ซึ่งเป็นเทคนิคหนึ่งของการจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือ เข้าไปในกระบวนการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาที่มี 6 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นระบุปัญหา ขั้นรวบรวมเอกสารและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา ขั้นออกแบบวิธีการแก้ปัญหา ขั้นวางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา ขั้นทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน และขั้นนำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน โดยมีรายละเอียด ดังนี้

ขั้น 1 การระบุปัญหา เป็นขั้นนำเสนอตัวอย่างสถานการณ์ เพื่อกระตุ้นให้นักเรียนเกิดความสนใจ อยากศึกษาค้นคว้า อยากปฏิบัติ และจากนั้นจัดกลุ่มนักเรียนออกเป็นกลุ่มย่อย ซึ่งลดความสามารถเก่ง ปานกลางและอ่อนร่วมกันทำความเข้าใจปัญหา วิเคราะห์เงื่อนไขเพื่อกำหนดประเด็นปัญหาจากสถานการณ์

ขั้น 2 รวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา เป็นขั้นที่นักเรียนร่วมกันกำหนดหัวข้อที่ต้องการศึกษา รวบรวมเอกสาร แนวคิดทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี จากนั้นให้นักเรียนในกลุ่มแต่ละคนเลือกหัวข้อที่ต้องการศึกษาตามความสนใจหรือความถนัดของตนเอง พร้อมทั้งแบ่งหน้าที่รับผิดชอบตามหัวข้อที่แต่ละคนได้เลือกไว้ และให้

นักเรียนแต่ละคนนำข้อมูลจากหัวข้อที่ศึกษามารวมกัน ร่วมกันอภิปราย แลกเปลี่ยนแนวคิด ประเมินความเป็นไปได้ของแนวคิดการแก้ปัญหา โดยคำนึงถึงทรัพยากร ข้อจำกัดและเงื่อนไขตามสถานการณ์ที่กำหนด

ขั้น 3 ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา เป็นขั้นที่นักเรียนแต่ละกลุ่มนำแนวทางการแก้ปัญหาที่ได้จากขั้นที่ 2 มาออกแบบชิ้นงาน โดยคำนึงถึงทรัพยากร ข้อจำกัดและเงื่อนไขตามสถานการณ์ที่กำหนด

ขั้น 4 วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา นักเรียนกำหนดลำดับขั้นตอนสร้างชิ้นงาน และแบ่งหน้าที่รับผิดชอบตามขั้นตอนต่าง ๆ โดยให้สมาชิกได้เลือกตามความสนใจ พร้อมทั้งลงมือปฏิบัติตามหน้าที่ที่ได้รับมอบหมาย

ขั้น 5 ทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน นักเรียนนำผลงานที่สร้างเสร็จแล้วมาทำการทดสอบผล ปรับปรุงแก้ไข สรุปผลการทดสอบ และประเมินผล โดยประเมินผลทั้งกระบวนการทำงานและผลงาน เพื่อนำไปเขียนรายงานผลการปฏิบัติงาน พร้อมเตรียมการนำเสนอผลงานหน้าชั้นเรียนต่อไป โดยผู้สอนเป็นผู้ช่วยเหลือ ดูแล แนะนำ และอำนวยความสะดวกในการทำงานให้แก่ นักเรียน

ขั้น 6 นำเสนอผลงาน นักเรียนแต่ละกลุ่มจะต้องเป็นผู้สรุปผลการทำงาน และนำเสนอชิ้นงานของตน โดยการนำเสนอหน้าชั้นเรียนที่ละกลุ่ม ผู้สอนและนักเรียนร่วมกันอภิปรายผลงาน แนะนำการปรับปรุงแก้ไข และผู้สอนเป็นผู้ประเมินผลกระบวนการทำงานและชิ้นงาน

4. การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E)

4.1 ความหมายการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E)

ผู้วิจัยได้ศึกษาความหมายของการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) จากหน่วยงานและนักการศึกษาที่เกี่ยวข้อง โดยสรุปดังนี้

กระทรวงศึกษาธิการ (2545, น. 37) ได้ให้ความหมายการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) ว่าหมายถึง การจัดการเรียนรู้ที่เน้นนักเรียนเป็นสำคัญ นักเรียนเป็นศูนย์กลางของการปฏิบัติกิจกรรมการเรียนการสอน โดยนักเรียนค้นคว้าใช้ความสามารถในการเรียนรู้ด้วยตนเอง ให้เป็นคนช่างสังเกต ช่างสงสัยและพยายามหาข้อสรุป จนในที่สุดจะเกิดความคิดรวบยอดในเรื่องที่ศึกษานั้น ผู้สอนมีหน้าที่เป็นผู้สนับสนุน ชี้แนะ ช่วยเหลือ ตลอดจนแก้ปัญหาที่อาจเกิดขึ้นระหว่างการเรียนการสอน ซึ่งคล้ายคลึงกับ ภพ เลาหไพบูลย์ (2542, น. 119) กล่าวเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) ว่าเป็นการจัดการเรียนรู้ที่เน้นกระบวนการแสวงหาความรู้ที่จะช่วยให้นักเรียนได้ค้นพบความจริงต่าง ๆ ด้วยตนเอง ทำให้

นักเรียนได้มีประสบการณ์ตรงในการเรียนรู้ เนื้อหาวิชา ผู้สอนในรายวิชาวิทยาศาสตร์จึงจำเป็นต้องมีการเตรียมสภาพแวดล้อมในการเรียนรู้ ศึกษาโครงสร้างของกระบวนการสอน การจัดลำดับเนื้อหา โดยหน้าที่ของผู้สอนคล้ายผู้ช่วย และนักเรียนทำหน้าที่คล้ายผู้จัดการวางแผนการเรียน นักเรียนเป็นผู้เริ่มต้นในการจัดการเรียนการสอนด้วยตัวเอง มีความกระตือรือร้นที่จะศึกษาหาความรู้ โดยวิธีการเช่นเดียวกับการทำงานของนักวิทยาศาสตร์และเปลี่ยนแนวความคิดจากการที่เป็นผู้รับความรู้มาเป็นผู้แสวงหาความรู้และใช้ความรู้ ต่อมา พิมพ์พันธ์ เดชะคุปต์ (2545, น. 57) ได้กล่าวเพิ่มเติมว่าการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) เป็นวิธีการที่นักเรียนค้นคว้าหาความรู้ด้วยตนเองด้วยกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และมีครูเป็นเพียงผู้อำนวยความสะดวก ซึ่งสอดคล้องกับ ชาตรี เกิดธรรม (2547, น. 36) กล่าวว่า การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) เป็นการจัดการเรียนรู้ที่ฝึกให้นักเรียนรู้จักค้นคว้าหาความรู้ โดยใช้กระบวนการทางความคิดหาเหตุผล ทำให้ค้นพบความรู้หรือแนวทางแก้ปัญหาที่ถูกต้องด้วยตนเอง โดยผู้สอนตั้งคำถามกระตุ้นให้นักเรียนใช้ความคิดหาวิธีการแก้ปัญหาได้เอง และ สุวิทย์ มูลคำ (2545, น. 57) ให้ความหมายของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) ไว้ว่า หมายถึงกระบวนการเรียนรู้ที่เน้นการพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาด้วยวิธีการฝึกให้นักเรียนศึกษาค้นคว้าหาความรู้ โดยผู้สอนตั้งคำถามกระตุ้นให้นักเรียนใช้กระบวนการทางความคิดหาเหตุผลจนค้นพบความรู้หรือแนวทางในการแก้ไขปัญหาที่ถูกต้องด้วยตนเอง

จากการศึกษาจึงสรุปได้ว่า การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) หมายถึงการจัดการเรียนรู้ผ่านกระบวนการแสวงหาความรู้ด้วยตนเอง โดยใช้กระบวนการทางความคิดหาเหตุผล เพื่อค้นพบความรู้หรือแนวทางในการแก้ไขปัญหา ซึ่งจะมีผู้สอนทำหน้าที่ในการกระตุ้นแนะนำ ช่วยแก้ปัญหาระหว่างการเรียนรู้ เพื่อให้นักเรียนสรุปองค์ความรู้ได้ด้วยตนเอง

4.2 ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E)

ผู้วิจัยได้ศึกษาขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) จากหน่วยงานและนักการศึกษาที่เกี่ยวข้อง โดยสรุปดังนี้

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2550, น. 5-8) ได้สรุปไว้ว่า ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) ประกอบด้วย 5 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นนำเข้าสู่บทเรียน (Engagement) ขั้นสำรวจ (Exploration) ขั้นอธิบาย (Explanation) ขั้นลงข้อสรุป (Elaboration) และขั้นประเมินผล (Evaluation) ซึ่งคล้ายคลึงกับ สุณีย์ เหมะประสิทธิ์ (2542, น. 7-8) ที่สรุปขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) จากโครงการศึกษาหลักสูตรวิทยาศาสตร์สาขาชีววิทยาของสหรัฐอเมริกา (Biological Science Curriculum Studies หรือ

BSCS) ว่าประกอบด้วย 5 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นนำ (Engagement Phase) ขั้นสำรวจเอกสารเพื่อการค้นพบ (Exploration phase) ขั้นนำเสนอเอกสารเพื่อการค้นพบ (Explanation Phase) ขั้นขยายหรือขั้นประยุกต์ใช้ (Elaboration Phase) และขั้นแลกเปลี่ยนเรียนรู้ (Evaluation Phase) อีกทั้ง สกฤต มุลแสดง (2554, น. 112-116) กล่าวว่าขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) ประกอบด้วย 5 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement) ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration) ขั้นอธิบายและลงเอกสารสรุป (Explain) ขั้นขยายความรู้ (Elaborate) และขั้นประเมินผล (Evaluate) แตกต่างจาก สมจิต สวธนไพญญ์ (2546, น. 105-110) กล่าวว่าขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) มี 3 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นสำรวจเอกสาร (Exploration) ขั้นสรุปขึ้นเป็นความรู้ใหม่ (Invention) และขั้นนำความรู้ใหม่ไปใช้ (Discovery) ซึ่งสามารถสังเคราะห์ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) ดังรายละเอียดในตาราง 1

ตาราง 1 การสังเคราะห์ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E)

ขั้นตอน	นักวิชาการศึกษา				รวม
	สกฤต (2550: 5-8)	ศุภินีย์ เหมประสิทธิ์ (2543: 7-8)	สกฤต มุลแสดง (2554: 112-116)	สมจิต สวธนไพญญ์ (2546: 105-110)	
การนำเข้าสู่บทเรียน	/	/	/		3
การสำรวจ	/	/	/	/	4
การอธิบาย	/		/		2
การลงข้อสรุป	/		/		2
การประเมินผล	/		/		2
นำเสนอเอกสารเพื่อการค้นพบ		/			1
การขยายหรือประยุกต์ใช้		/	/	/	3
การแลกเปลี่ยนเรียนรู้		/			1
การสรุปขึ้นเป็นความรู้ใหม่				/	1

หมายเหตุ เลือกขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) ที่มีนักวิชาการกล่าวสอดคล้องกันมากกว่า 3 ขึ้นไป

จากตาราง 1 การสังเคราะห์ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) ที่กล่าวมาข้างต้น พบว่า ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) ที่มีนักวิชาการกล่าวสอดคล้องกันมากกว่า 3 คนขึ้นไปประกอบด้วย 3 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นนำเข้าสู่บทเรียน ขั้นสำรวจค้นคว้า และขั้นขยายหรือขั้นประยุกต์ใช้ ซึ่งในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยยึดขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) ตามแนวคิดของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2550, น. 5-8) เนื่องจากมีความสอดคล้องกับกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่มี 5 ขั้นตอน คือ ขั้นตั้งปัญหา ขั้นเก็บรวบรวมข้อมูลหรือข้อเท็จจริง ขั้นสร้างสมมติฐาน ขั้นทดลองพิสูจน์ และขั้นสรุปผล โดยมีรายละเอียด ดังนี้

ขั้นที่ 1 การนำเข้าสู่บทเรียน (Engagement) เป็นการแนะนำบทเรียน ประกอบไปด้วยการซักถามปัญหา การทบทวนความรู้เดิม การกำหนด กิจกรรมที่จะเกิดขึ้นในการเรียนการสอนและเป้าหมายที่ต้องการ

ขั้นที่ 2 การสำรวจ (Exploration) เป็นขั้นเปิดโอกาสให้นักเรียนได้ใช้แนวคิดที่มีอยู่แล้วมาจัดความสัมพันธ์กับหัวข้อที่กำลังจะเรียนให้เข้าเป็นหมวดหมู่ ถ้าเป็นกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับการทดลองการสำรวจ ด้วยสืบค้นด้วยวิธีการทางวิทยาศาสตร์รวมทั้งเทคนิคและความรู้ทางการปฏิบัติ จะดำเนินไปด้วยตัวของนักเรียนเอง โดยมีครูเป็นเพียงผู้ให้คำแนะนำหรือผู้เริ่มต้นในกรณีที่นักเรียนไม่สามารถหาจุดเริ่มต้นได้

ขั้นที่ 3 การอธิบาย (Explanation) ในขั้นนี้กระบวนการเรียนรู้ จะมีการนำความรู้ที่รวบรวมมาแล้วจากขั้นที่ 2 มาใช้เป็นพื้นฐานในการศึกษาหัวข้อหรือแนวคิดที่กำลังศึกษาอยู่ กิจกรรมอาจประกอบไปด้วยการเก็บรวบรวมเอกสารจากแหล่งความรู้ต่าง ๆ และนำเอกสารมาอภิปราย

ขั้นที่ 4 การลงข้อสรุป (Elaboration) ในขั้นตอนนี้จะเน้นให้นักเรียนได้นำความรู้หรือเอกสารจากขั้นที่ผ่านมาแล้วมาใช้กิจกรรมส่วนใหญ่ อาจเป็นการอภิปรายภายในกลุ่มตนเอง เพื่อลงข้อสรุปที่แสดงถึงความเข้าใจ ใช้ทักษะกระบวนการและความสัมพันธ์ระหว่างความรู้ต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นจะช่วยให้นักเรียนได้มีโอกาสปรับแนวความคิดหลักของตนเองในกรณีที่ไม่สอดคล้องหรือคาดเคลื่อนจากข้อเท็จจริง

ขั้นที่ 5 การประเมินผล (Evaluation) เป็นขั้นสุดท้ายของการเรียนรู้ โดยครูเปิดโอกาสให้นักเรียนได้ตรวจสอบแนวความคิดหลักที่ตนเองได้เรียนรู้มา

4.3 ข้อดีและข้อจำกัดของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E)

ผู้วิจัยได้ศึกษาข้อดีและข้อจำกัดของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) จากหน่วยงานและนักการศึกษาที่เกี่ยวข้อง โดยสรุปดังนี้

การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ เหมาะกับการเรียนรู้รายวิชาวิทยาศาสตร์ โดยมีผู้สอนเป็นผู้เตรียมสภาพแวดล้อม จัดลำดับเนื้อหา แนะนำหรือช่วยให้นักเรียนประเมินความก้าวหน้าของตนเอง ซึ่งเน้นนักเรียนเป็นส่วนสำคัญในการสร้างองค์ความรู้ จึงทำให้นักเรียนสามารถพัฒนาการคิดได้อย่างเต็มที่ มีการใช้เหตุผลประกอบการคิดวิเคราะห์อย่างเป็นระบบมีขั้นตอน แต่ยังมีข้อจำกัดเกิดขึ้นเนื่องจากการจัดการเรียนการสอนในแต่ละครั้งใช้เวลานาน และหากสถานการณ์หรือหัวข้อที่ครูกำหนดไม่น่าสนใจสำหรับนักเรียน ส่งผลให้นักเรียนมีส่วนร่วมในกิจกรรมน้อยลงและไม่บรรลุวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ (ภพ เลหาไพบูลย์, 2542, น. 156-157; พันธุ์ทองชุกรม, 2544, น. 57; ปิยะมาศ อัจหาญ, 2554, น. 43)

จากการศึกษาจึงสรุปได้ว่า การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) มีข้อดีที่รูปแบบการจัดการเรียนรู้ส่งเสริมให้นักเรียนมีเหตุผลประกอบการวิเคราะห์อย่างมีระบบ สร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง แต่ยังมีข้อจำกัดเกี่ยวข้องกับระยะเวลาที่ใช้ในการสอน และประเด็นความท้าทายในการเรียนรู้

4.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E)

ฉัตรชญา ดิงสะและคณะ (2561) ศึกษาผลสัมฤทธิ์และความสามารถในการแก้ปัญหา เรื่อง สมบัติและปฏิกิริยาของสารอินทรีย์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 จากการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะผสมผสานกับการใช้ปัญหาเป็นฐาน โดยมีจุดมุ่งหมายเพื่อศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ความสามารถในการแก้ปัญหาและความพึงพอใจต่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องสมบัติและปฏิกิริยาของสารอินทรีย์ จากผลการวิจัยพบว่า นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 นักเรียนมีความสามารถในการแก้ปัญหาโดยเฉลี่ยอยู่ในระดับดีมาก และนักเรียนมีความพึงพอใจต่อการเรียนในระดับมากที่สุด

จิรัญญา ไชยโย. (2562). ศึกษาการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์วิชาวิทยาศาสตร์ โดยใช้การเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โดยมีจุดมุ่งหมายเพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์วิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โดยการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ จากผลการวิจัยพบว่า ผลการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โดยการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ นักเรียนมีคะแนนไม่ต่ำกว่าร้อยละ 80 ผ่านเกณฑ์ จำนวน 37 คน คิดเป็นร้อยละ 94.87 และมีนักเรียนไม่ผ่านเกณฑ์จำนวน 2 คน คิดเป็นร้อยละ 5.12 และนักเรียนมีคะแนนความคิดสร้างสรรค์ที่เรียงลำดับ

คะแนนเฉลี่ยจากมากไปน้อยคือความคิดริเริ่ม (คะแนนเฉลี่ย 3.81) ความคิดคล่องแคล่ว (คะแนนเฉลี่ย 3.59) ความคิดยืดหยุ่น (คะแนนเฉลี่ย 3.54) และความคิดละเอียดลออ (คะแนนเฉลี่ย 3.49) ตามลำดับ

วิภาวี ทะนานทอง และปิยรัตน์ ดรบัณทิต. (2561) ศึกษาการเปรียบเทียบผล การจัดการเรียนรู้โดยใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้สะเต็มศึกษากับกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ (5E) เรื่อง ปฏิกริยาเคมี สำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย โดยมีจุดมุ่งหมายเพื่อเปรียบเทียบ ความคิดสร้างสรรค์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง ปฏิกริยาเคมี ของนักเรียนกลุ่มที่ได้รับการ จัดการเรียนรู้ด้วยชุดกิจกรรมตามแนวทางสะเต็มศึกษากับนักเรียนกลุ่มที่ได้รับการจัด การเรียนรู้ด้วยกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ (5E) ซึ่งผลการวิจัยพบว่า นักเรียนที่เรียนโดยใช้ชุด กิจกรรมสะเต็มศึกษาพื้นฐานเคมี เรื่อง ปฏิกริยาเคมี เพื่อส่งเสริมทักษะในศตวรรษที่ 21 ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 มีทักษะความคิดสร้างสรรค์และคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่า นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) ที่นัยสำคัญระดับ .05

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) สามารถสรุปได้ว่า การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้สามารถพัฒนาความคิดสร้างสรรค์และ ความสามารถในการแก้ปัญหาได้ และเมื่อนำการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) ไป เปรียบเทียบกับการจัดการเรียนรู้แบบอื่น เช่น การจัดการเรียนรู้แบบสะเต็ม ซึ่งพัฒนามาจาก การจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาที่เพิ่มการบูรณาการด้านศิลปะเข้าไป ผลที่ปรากฏพบว่านักเรียนที่ ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มมีความคิดสร้างสรรค์สูงกว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบ สืบเสาะหาความรู้ ดังนั้นในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยจึงนำการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) มาเปรียบเทียบกับจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา เพื่อต้องการทราบว่าจัดการเรียนรู้แบบ ไตส่งผลต่อความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์และความสามารถในการแก้ปัญหาทาง วิทยาศาสตร์ได้ดีกว่ากัน และได้ตั้งสมมติฐานว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา ร่วมกับเทคนิคกลุ่มร่วมมือ มีความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์และความสามารถในการ แก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์สูงกว่าจากนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) เมื่อควบคุมอิทธิพลของทักษะการทำงานเป็นทีม

5. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวกับทักษะการทำงานเป็นทีม

5.1 ความหมายของการทำงานเป็นทีม

ผู้วิจัยได้ศึกษาความหมายของการทำงานเป็นทีมจากนักการศึกษาและสามารถสรุป ได้ ดังนี้

การทำงานเป็นทีม หมายถึง การที่กลุ่มบุคคลเข้ามาร่วมกันปฏิบัติงาน ตามหน้าที่และความรับผิดชอบ โดยแต่ละคนที่มาทำงานจะมีจุดมุ่งหมายร่วมกัน ให้ความร่วมมือร่วมใจ มีการวางแผน การตัดสินใจ การประสานงานที่ดี การติดต่อสื่อสาร และสนับสนุนกัน เพื่อบรรลุเป้าหมายที่ต้องการ (ทิสนา แคมมณี, 2545, น. 10; ยงยุทธ เกษสาคร, 2554, น. 182; ชีระเดช รุ่งมงคล, 2555, น. 4; วิภาดา เกษตรเยี่ยม, 2558, น. 43)

จากการศึกษาสามารถสรุปได้ว่า การทำงานเป็นทีม หมายถึง ความสามารถของกลุ่มบุคคลที่เข้ามาร่วมกันปฏิบัติงาน ตามหน้าที่และความรับผิดชอบ เพื่อบรรลุเป้าหมายที่ต้องการ

5.2 องค์ประกอบของการทำงานเป็นทีม

ผู้วิจัยได้ศึกษาองค์ประกอบของการทำงานเป็นทีมจากนักการศึกษาและสามารถสรุปได้ ดังนี้

ทิสนา แคมมณี (2545, น. 10) กล่าวว่าลักษณะของการทำงานเป็นทีมประกอบไปด้วย 6 ประการ ได้แก่ การมีเป้าหมายร่วมกัน การมีส่วนร่วมในการดำเนินงาน การติดต่อสื่อสารกันในกลุ่ม การประสานงานกันในกลุ่ม การตัดสินใจร่วมกัน การมีผลประโยชน์ร่วมกัน ซึ่งคล้ายคลึงกับ วราภรณ์ ตระกูลสุษดี (2549: 9-12) เสนอว่าองค์ประกอบในการทำงานเป็นทีม มี 6 ประการ ได้แก่ การมีเป้าหมายร่วมกัน การยอมรับนับถือกัน ความร่วมมือพร้อมใจในการทำงาน การแบ่งงานตามความรู้ความสามารถ ความรับผิดชอบ และความเข้าใจซึ่งกันและกัน ถัดมา ทองทิพภา วิริยะพันธุ์ (2551, น. 44-45) กล่าวว่าองค์ประกอบสำคัญของการทำงานเป็นทีมที่มีประสิทธิภาพ ประกอบด้วย 6 ประการ ได้แก่ ทีมงาน ระบบการทำงาน จิตสำนึกในการทำงาน บรรยากาศหรือสภาพแวดล้อมในการทำงาน ความสมดุลในทีมงาน และความสำเร็จเป็นทีมงาน นอกจากนี้ยังมี ชีระเดช รุ่งมงคล (2555, น. 23-29) ได้กล่าวถึงองค์ประกอบของการทำงานเป็นทีมไว้ 3 ประการ ได้แก่ ผู้นำทีม สมาชิกของทีม และกระบวนการในการทำงานทีม

จากการศึกษาจึงสรุปได้ว่า องค์ประกอบของการทำงานเป็นทีมประกอบด้วยหลายองค์ประกอบ อาทิเช่น การมีเป้าหมายร่วมกัน การมีส่วนร่วมในการดำเนินงาน การติดต่อประสานงานภายในกลุ่ม การตัดสินใจร่วมกัน การมีผลประโยชน์ร่วมกัน การยอมรับเข้าใจซึ่งกันและกัน การแบ่งงานตามความรู้ความสามารถ ความรับผิดชอบ จิตสำนึกในการทำงาน บรรยากาศหรือสภาพแวดล้อมในการทำงาน รวมไปถึงผู้นำทีม สมาชิกของทีม และกระบวนการในการทำงานเป็นทีม ซึ่งในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยยึดองค์ประกอบของการทำงานเป็นทีมตามแนวคิด

ของ วีระเดช รุ่งมงคล (2555, น. 23-29) เนื่องจากเป็นแนวคิดที่มีความสัมพันธ์กับความคิดสร้างสรรค์และสอดคล้องกับเทคนิคกลุ่มร่วมมือ โดยมีรายละเอียด ดังนี้

ด้านผู้นำทีม หมายถึง บทบาทหน้าที่หรือความสามารถของนักเรียนในการเข้าใจแนวคิดเกี่ยวกับการทำงานเป็นทีม ทักษะในการพูด การควบคุมตนเอง การเคารพความคิดเห็นของสมาชิกคนอื่น ความยุติธรรม การมีมนุษยสัมพันธ์ที่ดี และความคิดริเริ่มสร้างสรรค์

ด้านสมาชิกของทีม หมายถึง บทบาทหน้าที่หรือความสามารถของนักเรียนที่มีความตั้งใจ ความศรัทธาในการทำงานเป็นทีม ความรับผิดชอบ การรู้จักบทบาทและหน้าที่ของตนเอง สนับสนุนให้ความร่วมมือและเป็นส่วนหนึ่ง และการให้ข้อมูลและเสนอความคิดเห็น

ด้านกระบวนการในการทำงานของทีม หมายถึง บทบาทหน้าที่ของนักเรียนที่มีการกำหนดเป้าหมายหรือวัตถุประสงค์ที่ต้องการ การวางแผนงาน การกำหนดขั้นตอนในการทำงาน การกำหนดหน้าที่และความรับผิดชอบ การปฏิบัติตามแผน การประเมินและปรับปรุง รวมไปถึงการประสานงาน สื่อสารที่ดี รวดเร็วและถูกต้อง การมีระเบียบตามกติกา การมีความจริงใจเปิดเผยต่อกัน บรรยากาศของการทำงานที่ดี และการแสวงหาแนวทางที่เหมาะสมตลอดเวลา

5.3 ความสำคัญของการทำงานเป็นทีม

มนุษย์ทุกคนมีความจำกัดและความแตกต่างกัน ในเรื่องสติปัญญา ความสามารถในการคิดต่าง ๆ ซึ่งการทำงานเป็นทีมจะดึงความสามารถหรือศักยภาพของแต่ละบุคคลที่มีอยู่ ออกมาให้เป็นความสามารถของทีม ซึ่งช่วยให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ซึ่งกันและกัน แต่ละคนมีโอกาสพัฒนาความสามารถด้านอื่นๆ ของตนเอง มีความคิดในหลากหลายแง่มุมมาผสมผสาน ทำให้แก้ปัญหาหรือสร้างสรรค์สิ่งใหม่ ๆ ได้ดีกว่าการทำงานคนเดียว (รังสิมา มั่นใจอารีย์, 2549, น. 14; ประคอง สุคนธจิตต์, 2551, น. 3; สมชาติ กิจยรรยง และจิรัชชา ใจเปี่ยม, 2552, น. 57; Woodcock and Francis, 1994, p. 20; Johnson and Johnson, 2003, p. 437)

จากการศึกษาสามารถสรุปได้ว่า การทำงานเป็นทีม เป็นความสามารถของทีมที่ได้มาจากการหลอมรวมศักยภาพของแต่ละบุคคลในทีมให้เป็นหนึ่งเดียว ทำให้เกิดการเรียนรู้ซึ่งกันและกัน แต่ละบุคคลได้พัฒนาศักยภาพด้านอื่น ๆ ของตนเอง และมีมุมมองความคิดหลากหลายที่สามารถนำไปปรับใช้ในการแก้ปัญหา สร้างสรรค์สิ่งใหม่ หรือสถานการณ์ต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวัน

5.4 แนวทางการวัดและประเมินผลทักษะการทำงานเป็นทีม

ลินการ์ด (Lingard, 2010, p. 35) กล่าวถึงแนวทางในการประเมินการทำงานเป็นทีมไว้ 3 ประการ ได้แก่

1. การสังเกตด้วยตนเอง (Independent observation) เป็นการประเมินจากผู้สอนหรือบุคคลภายนอก ประเมินการทำงานเป็นทีมของนักเรียนขณะที่นักเรียนปฏิบัติกิจกรรม โดยใช้เกณฑ์การประเมินเดียวกัน ซึ่งแนวทางนี้ช่วยลดความลำเอียงในการประเมิน

2. การประเมินการมีส่วนร่วมของสมาชิกแต่ละคนในทีม (Evaluating individual contributions) เป็นการประเมินการมีส่วนร่วมในการทำงาน ซึ่งพิจารณาจากหลักฐานการสนทนาในกลุ่มออนไลน์ที่กำหนดให้แต่ละทีมสร้างขึ้นเพื่อการสื่อสาร และผู้สอนตรวจสอบการมีส่วนร่วมและประเมินผลงานของนักเรียนแต่ละคนตามเกณฑ์ที่กำหนด ซึ่งแนวทางนี้ช่วยลดผลกระทบจากการที่ผู้ประเมินพบกันนักเรียนตัวต่อตัว

3. การประเมินโดยสมาชิกคนอื่น (Peer review) เป็นการประเมินที่สมาชิกแต่ละคนประเมินประเมินการทำงานเป็นทีมของสมาชิกในกลุ่มตามเกณฑ์ที่กำหนด ซึ่งไม่ควรระบุชื่อของผู้ประเมิน ทั้งนี้การประเมินแบบนี้มีข้อจำกัดคือ นักเรียนไม่กล้าวิจารณ์เพื่อนร่วมทีมอย่างชัดเจน ทำให้ข้อมูลอาจไม่น่าเชื่อถือ

จากการศึกษาแนวทางในการวัดและประเมินผลทักษะการทำงานเป็นทีม สามารถสรุปได้ว่า แนวทางการวัดและประเมินผลการทำงานเป็นทีมมี 3 ลักษณะได้แก่ การสังเกตด้วยตนเอง การประเมินการมีส่วนร่วมของสมาชิกแต่ละคนในทีม และการประเมินโดยสมาชิกคนอื่น ซึ่งในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยประเมินการทำงานเป็นทีมจาก 2 แนวทาง ได้แก่ การประเมินตนเองของนักเรียน และการประเมินนักเรียนจากผู้สอน

5.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับทักษะการทำงานเป็นทีม

ชนกานต์ โฉมงาม (2561) ศึกษาการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์และการทำงานเป็นทีมผ่านกระบวนการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาของนักเรียนห้องเรียนวิศวะ-วิทย์ (โครงการ วมว.) มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี โดยมีความมุ่งหมายเพื่อกระตุ้นและส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์และการทำงานเป็นทีม ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนฝึกการทำงานเป็นทีม และสามารถรับฟังและยอมรับความคิดเห็นที่แตกต่างของเพื่อนร่วมกลุ่มได้

สุพัตรา โคตะวงศ์ (2559) ศึกษาการส่งเสริมทักษะการทำงานเป็นทีมด้วยกิจกรรมการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนรู้แบบร่วมมือของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนชุมแพศึกษา โดยมีความมุ่งหมายเพื่อเปรียบเทียบผลการประเมินทักษะการทำงานเป็นทีม

ก่อนเรียนกับหลังเรียน ผลการวิจัยพบว่านักเรียนมีผลการประเมินทักษะการทำงานเป็นทีมหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

พิมพ์พิชชา ศาสตราชัยและคณะ (2564) ศึกษาการพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ตามแนวสะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนรู้แบบร่วมมือที่ส่งผลต่อการแก้ปัญหาย่างสร้างสรรค์ ทักษะการทำงานเป็นทีมและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 โดยมีความมุ่งหมายเพื่อเปรียบเทียบทักษะการทำงานเป็นทีมระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ตามแนวสะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนรู้แบบร่วมมือของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ผลการวิจัยพบว่า ทักษะการทำงานเป็นทีมของนักเรียนที่เรียนด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ตามแนวสะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนรู้แบบร่วมมือหลังเรียนผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

อชิซาน (Azizan, 2018) ศึกษาการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์การเรียนรู้และทักษะการทำงานเป็นทีมผ่านการพัฒนาเกมกระดาน โดยใช้วิธีการเรียนรู้แบบร่วมมือในหลักสูตรวิศวกรรมปฏิบัติการ โดยมีความมุ่งหมายเพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์การเรียนรู้และทักษะการทำงานเป็นทีมของนักศึกษาวิศวกรรมเคมีชั้นปีที่ 3 โดยใช้กลยุทธ์การเรียนรู้แบบร่วมมือ ผลการวิจัยพบว่า เกมที่พัฒนาโดยใช้กลยุทธ์การจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือ ทำให้นักเรียนมีความคิดสร้างสรรค์และทักษะการทำงานเป็นทีมเพิ่มขึ้น อีกทั้งนักเรียนยังได้ประสบการณ์ที่แปลกใหม่

เมลานี เฮบลิ้น (Melany Hebles, 2019) ศึกษาอิทธิพลของการเรียนรู้แบบร่วมมือต่อความสามารถในการทำงานเป็นทีม โดยมีความมุ่งหมายเพื่อวิเคราะห์ผลกระทบของการประยุกต์ใช้วิธีการเรียนรู้แบบมีส่วนร่วมในห้องเรียนต่อ 9 มิติของความสามารถในการทำงานเป็นทีมของนักศึกษารัฐกิจ ผลการวิจัยพบว่า การเรียนรู้แบบร่วมมือมีอิทธิพลต่อการทำงานเป็นทีมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ณัฐพล สีจาด (2559) ศึกษาผลของวิธีสืบสอบร่วมกับการเรียนรู้เป็นทีมที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาทางเคมีและเจตคติต่อการทำงานกลุ่มของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยมีความมุ่งหมายเพื่อเพื่อศึกษาระดับความสามารถในการแก้ปัญหาทางเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 หลังเรียนด้วยวิธีสืบสอบร่วมกับการเรียนรู้เป็นทีม ผลการวิจัยพบว่านักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยร้อยละความสามารถในการแก้ปัญหาทางเคมีหลังเรียนเท่ากับ 63.23 จัดอยู่ในระดับความสามารถดีและสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากการศึกษาเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับทักษะการทำงานเป็นทีมสามารถสรุปได้ว่า การจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา และการจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือ สามารถส่งผลต่อทักษะการทำงานเป็นทีมของนักเรียนแต่ละคนได้ ซึ่งทักษะการทำงานเป็นทีมนี้สามารถส่งผลต่อความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์และความสามารถในการแก้ปัญหาในรายวิทยาศาสตร์ ด้วยเหตุนี้ผู้วิจัยจึงต้องนำทักษะการทำงานเป็นทีมมาเป็นตัวแปรแทรกซ้อน เพื่อควบคุมไม่ให้ทักษะการทำงานเป็นทีมส่งผลต่อความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์และความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ เมื่อนักเรียนได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาร่วมกับเทคนิคกลุ่มร่วมมือ

6. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์

6.1 ความหมายของความคิดสร้างสรรค์

ได้มีนักวิชาการศึกษาให้ความหมายของความคิดสร้างสรรค์ไว้หลายท่าน ซึ่งสามารถสรุปได้ดังนี้

ทอแรนซ์ (Torrance, 1971, p. 211) กล่าวว่าความคิดสร้างสรรค์ หมายถึง ความสามารถของบุคคลในการคิดสร้างสรรค์หรือผลิตสิ่งแปลกใหม่ที่ไม่มีใครทำมาก่อนอาจเกิดจากการรวบรวมความรู้ต่างๆ ที่ได้จากประสบการณ์เชื่อมโยงกับสถานการณ์ใหม่ ๆ ซึ่งสิ่งที่เกิดขึ้นไม่จำเป็นต้องเป็นสิ่งที่สมบูรณ์อย่างแท้จริง อาจแสดงออกมาในรูปของผลผลิตศิลปะ วรรณคดี วิทยาศาสตร์หรืออาจเป็นเพียงกระบวนการเท่านั้น ซึ่งเป็นกระบวนการที่บุคคลไวต่อปัญหา ข้อบกพร่อง สิ่งที่ขาดหายไปหรือสิ่งที่ไม่ประสานกัน ไวต่อการแยกแยะสิ่งต่างๆ ไวต่อการค้นหาวิธีการแก้ไขปัญหา ไวต่อการเดาหรือการตั้งสมมติฐานเกี่ยวกับข้อบกพร่อง และทดสอบสมมติฐาน จนในที่สุดสามารถนำเอาผลที่ได้ไปแสดงให้ปรากฏแก่ผู้อื่นได้ ซึ่ง กิวฟอร์ด (Guilford, 1959, p. 145-151) สรุปไว้ว่าความคิดสร้างสรรค์เป็นความสามารถทางสมองในการคิดหลายทิศทางนำไปสู่การคิดประดิษฐ์สิ่งแปลกใหม่ และการคิดที่ค้นพบวิธีการแก้ปัญหาได้สำเร็จ (Guilford, 1967, p. 389) ซึ่งคล้ายคลึงกับแนวคิดของ ออสบอร์นและเมดนิค (Osborn, 1957, p. 23, Mednick, 2004, p. 196) ที่กล่าวว่าความคิดสร้างสรรค์ หมายถึง จินตนาการที่มนุษย์สร้างขึ้นเพื่อแก้ปัญหาที่พบในการใช้ชีวิตประจำวันนำไปสู่ผลผลิตที่แปลกใหม่และเป็นประโยชน์ โดยเชื่อมโยงองค์ประกอบต่าง ๆ และถ้าสิ่งที่นำมาเชื่อมโยงกันนั้นมีความห่างไกลกันมากเพียงใดการเชื่อมโยงก็就会有สร้างสรรค์มากขึ้น ส่วน วอลลาซและโกแกน (Wallach & Kogan, 2010, p. 18) สรุปไว้ว่าความคิดสร้างสรรค์เป็นความคิดเชื่อมโยง คนที่มีความคิดสร้างสรรค์คือคนที่สามารถคิดอะไรได้อย่างสัมพันธ์กันเป็นลูกโซ่ ยิ่งคิดได้มากเท่าไรยิ่งแสดงศักยภาพด้านความคิดสร้างสรรค์

มากขึ้นเท่านั้น นอกจากนี้ สมศักดิ์ ภูวิภาดาธรรม (2544, น. 2) กล่าวเกี่ยวกับความคิดสร้างสรรค์ไว้ว่าเป็นเรื่องซับซ้อนยากแก่การให้คำจำกัดความที่แน่นอน แต่เมื่อพิจารณาตามผลงานนั้นจะต้องเป็นผลงานที่แปลกใหม่และมีคุณค่า ใช้ประโยชน์ได้ มีคนยอมรับ ถ้าพิจารณาในด้านกระบวนการจะเป็นการเชื่อมโยงสัมพันธ์สิ่งใหม่ของความคิดที่มีความแตกต่างกันมากเข้าด้วยกัน ซึ่งคล้ายคลึงกับ อารี พันธุ์มณี (2546, น. 155) ที่อธิบายความคิดสร้างสรรค์ว่าเป็นกระบวนการทางสมองที่คิดในลักษณะอเนกนัยนำไปสู่การค้นพบสิ่งแปลกใหม่ด้วยการคิดดัดแปลงปรุงแต่งความคิดเดิมผสมผสานกันให้เกิดสิ่งใหม่ซึ่งรวมทั้งการประดิษฐ์ ค้นพบสิ่งต่างๆ ตลอดจนวิธีการคิดทฤษฎีหลักการได้สำเร็จ ความคิดสร้างสรรค์จะเกิดขึ้นได้ไม่ใช่เพียงแต่คิดในสิ่งที่เป็นไปได้สิ่งที่เป็นเหตุเป็นผลเพียงอย่างเดียวเท่านั้น หากแต่ความคิดจินตนาการก็เป็นสิ่งสำคัญยิ่งที่จะก่อให้เกิดความแปลกใหม่ แต่ต้องควบคู่กันไปกับความพยายามที่จะสร้างความคิดฝันหรือจินตนาการให้เป็นไปได้หรือที่เรียกว่าจินตนาการประยุกต์ จึงจะทำให้เกิดผลงานจากความคิดสร้างสรรค์ขึ้น ส่วน สุวิทย์ มูลคำ (2547, น. 135) กล่าวเกี่ยวกับความคิดสร้างสรรค์ว่าเป็นกระบวนการความคิดที่มีความสำคัญต่อเด็ก ทำให้เด็กสามารถสร้างความคิด สร้างจินตนาการไม่จนต่อสถานการณ์หรือสภาพแวดล้อมที่กำหนดไว้ ความคิดสร้างสรรค์คือพลังความคิดที่เด็กทุกคนมีมาแต่กำเนิด หากได้รับการกระตุ้นจะมีการพัฒนาพลังแห่งการสร้างสรรค์สิ่งใหม่ ๆ ได้เสมอ ดังนั้นการสอนความคิดสร้างสรรค์และการฝึกฝนให้นักเรียนคิดอย่างสร้างสรรค์จึงเป็นส่วนหนึ่งที่ช่วยกระตุ้นคุณภาพในตัวของเด็กให้มั่นใจในตนเองและเติบโตเป็นผู้ใหญ่ที่มีคุณภาพมากยิ่งขึ้น เด็กที่มีความคิดสร้างสรรค์เป็นคนที่มีความคิดเป็นของตัวเอง มีความมุ่งมั่น มีความคิดอิสระไม่ขึ้นต่อกลุ่ม สามารถคิดประดิษฐ์หรือดัดแปลงสิ่งของที่มีอยู่เดิมให้เกิดเอกลักษณ์ใหม่ที่ไม่เหมือนของใคร และสำนักงานคณะกรรมการข้าราชการพลเรือน (ก.พ.) (2559, ออนไลน์) ได้สรุปความหมายของความคิดสร้างสรรค์ไว้ว่าหมายถึง ความสามารถทางสมองที่คิดหลากหลาย นำไปสู่การคิดค้นพบสิ่งแปลกใหม่ด้วยการคิดดัดแปลง ปรับปรุงผสมผสานกันให้เกิดสิ่งใหม่ รวมทั้งการประดิษฐ์ คิดค้นทฤษฎี หลักการได้สำเร็จ และต้องใส่จินตนาการควบคู่กันไป จึงทำให้เกิดผลผลิตที่มีประโยชน์ต่อสังคม

ดังนั้นสามารถสรุปได้ว่า ความคิดสร้างสรรค์ หมายถึง ความสามารถหรือกระบวนการของบุคคลที่มีประสาทสัมผัสไวต่อปัญหา ข้อบกพร่อง หรือการตั้งสมมติฐาน โดยรวบรวมข้อมูลจากเอกสาร ประสบการณ์เดิมเชื่อมโยงกับประสบการณ์ใหม่ผสมผสานจินตนาการให้เกิดเป็นสิ่งที่น่าพึงพอใจและเป็นประโยชน์

6.2 ความหมายของความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์

ได้มีนักวิชาการศึกษาให้ความหมายของความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ไว้หลายท่าน ซึ่งสามารถสรุปได้ดังนี้

พิทและซันด์ (Piltz & Sund, 1974, p. 4) ที่กล่าวว่า ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์เป็นกระบวนการคิด โดยใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เพื่อให้ได้ผลงานที่แปลกใหม่สวยงาม ซึ่งบุคคลที่มีความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ควรจะสามารถในการจดจำปัญหา การผลิตความคิดแปลกใหม่ การจัดระเบียบความคิด และการประเมินผล ซึ่งสอดคล้องกับ สมบัญญัติ ศรีภคานนท์และธีรชัย เนตรถนอมศักดิ์ (สมบัญญัติ ศรีภคานนท์, 2535: 66, น. ธีรชัย เนตรถนอมศักดิ์, 2538, น. 32) ที่ความหมายของความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ว่า เป็นความสามารถของบุคคลในการเชื่อมโยงความรู้พื้นฐานกับความรู้ใหม่และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ อันได้แก่ ทักษะการตั้งสมมติฐาน และทักษะการทดลองมาใช้ในการแก้ปัญหา ในลักษณะแสดงความคิดได้อย่างหลายแง่มุม ก่อให้เกิดสิ่งแปลกใหม่หรืออาจเป็นการปรับปรุง ดัดแปลงสิ่งที่มีอยู่เดิมให้มีรูปแบบใหม่ที่มีประสิทธิภาพสูงขึ้นและไม่ซ้ำกับผู้อื่น ซึ่งคล้ายคลึงกับแนวคิดของ บุญเลี้ยง จอดนอก (2549, น. 4-5) ที่อธิบายว่า ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ เป็นความสามารถของบุคคลในการคิดผลิตสิ่งใหม่ๆ หรือปรับปรุงสิ่งที่มีอยู่แล้วนำมาใช้ในการแก้ปัญหาที่เป็นประโยชน์ต่อตนเอง สังคม และประเทศชาติ โดยใช้หลักการและทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ นอกจากนี้ยังมี ประเสริฐ ศรีวิสัย (2539, น. 10) อรรถญา ศรีแก้ว (2547, น. 7) และภาวิดา ตั้งกมลศรี (2552, น. 7) ที่มีแนวคิดที่สอดคล้องกันเกี่ยวกับความหมายของความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ว่าหมายถึงความสามารถของบุคคลในการแสดงความคิดริเริ่ม ความคล่องในการคิด ความคิดยืดหยุ่น โดยอาศัยความรู้และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในการแก้ปัญหา หรือหาคำตอบเพื่อให้ได้สิ่งแปลกใหม่

ดังนั้นจึงสรุปได้ว่า ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง กระบวนการคิดที่ใช้ความรู้และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เชื่อมโยงความรู้เดิมกับความรู้ใหม่ในการแสดงความคิดได้หลายแง่มุม ก่อให้เกิดสิ่งใหม่หรือปรับปรุงสิ่งที่มีอยู่ให้มีประสิทธิภาพสูง ไม่ซ้ำกับผู้อื่น และเป็นประโยชน์ต่อตนเอง สังคม และประเทศชาติ

จากการศึกษาดังกล่าวข้างต้นทำให้ทราบว่าความหมายของความคิดสร้างสรรค์และความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์มีความคล้ายคลึงกัน เพียงแค่ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์เพิ่มกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เข้ามาในการเชื่อมโยงความรู้เดิมกับความรู้ใหม่เพื่อให้เกิดผลิตภัณฑ์ใหม่ที่เป็นประโยชน์

6.3 องค์ประกอบของความคิดสร้างสรรค์

นักวิชาการได้เสนอองค์ประกอบของความคิดสร้างสรรค์ไว้ ดังนี้

ทอแรนซ์ (Torrance, 1965, p. 665) เสนอองค์ประกอบความคิดสร้างสรรค์มี 4 ประการได้แก่ ความคิดคล่องแคล่ว (fluency) ความคิดยืดหยุ่น (flexibility) ความคิดริเริ่ม (originality) และความคิดละเอียดลออ (elaboration) ไม่นับด้านใดด้านหนึ่ง ซึ่งสอดคล้องกับ กิวฟอร์ด (Guilford, 1991, p. 125 - 143) ได้กล่าวว่าองค์ประกอบความคิดสร้างสรรค์มี 4 ประการ ประกอบด้วย ความคิดคล่องแคล่ว (fluency) ที่มีความคล่องแคล่วด้านถ้อยคำ ด้านเชื่อมโยง ความสัมพันธ์ และด้านการแสดงออก ความคิดยืดหยุ่น (flexibility) ที่มีความยืดหยุ่นที่เกิดขึ้นทันที และความยืดหยุ่นในการดัดแปลง ความคิดริเริ่ม (originality) และความคิดละเอียดลออ (elaboration) นอกจากนี้ยังมี เจนเลนและอัลเบิน (Jellen and Urban, 1986, p. 141) ที่แบ่งองค์ประกอบของความคิดสร้างสรรค์เป็น 7 ประเภท ได้แก่ ความคิดคล่องแคล่ว (fluency) ความคิดยืดหยุ่น (flexibility) ความคิดริเริ่ม (originality) ความคิดละเอียดลออ (elaboration) ความกล้าเสี่ยง (Risk - taking) การผสมให้เป็นอันหนึ่งอันเดียวกัน (Mixing to one director) และ เจตคติที่ดี (Imagination) ต่อมาเดลดตัน (Dalton, 1988, p. 5-6) กำหนดความคิดสร้างสรรค์มีองค์ประกอบ 8 ประการโดย 4 องค์ประกอบแรกเป็นความสามารถทางสติปัญญา ได้แก่ ความคิดริเริ่ม (Originality) ความคิดคล่องแคล่ว (Fluency) ความคิดยืดหยุ่น (Flexibility) ความประณีตหรือความละเอียดลออ (Elaboration) และ 4 องค์ประกอบหลังเป็นความสามารถทางด้านจิตใจและความรู้ ได้แก่ ความอยากรู้อยากเห็น (Curiosity) ความสลับซับซ้อน (Complexity) ความกล้าเสี่ยง (Risk - taking) จินตนาการ (Imagination) ถัดมาโอ ฟาเรนและเมแกน (O'Farrell & Meban, 2003, p. 52) ได้แบ่งองค์ประกอบของความคิดสร้างสรรค์ไว้ 4 องค์ประกอบได้แก่ ความคิดคล่องแคล่ว (fluency) ความคิดยืดหยุ่น (flexibility) ความคิดริเริ่ม (originality) และความคิดละเอียดลออ (elaboration) นอกจากนี้ยังมี สุวิทย์ มูลคำ (2547, น. 19-20) กล่าวโดยสรุปว่าความคิดสร้างสรรค์ ประกอบด้วยลักษณะความคิด 4 อย่าง ได้แก่ ความคิดคล่องแคล่ว (fluency) ความคิดยืดหยุ่น (flexibility) ความคิดริเริ่ม (originality) และความคิดละเอียดลออ (elaboration) จากที่กล่าวมาทั้งหมดข้างต้นสามารถสังเคราะห์องค์ประกอบของความคิดสร้างสรรค์ได้ โดยมีรายละเอียดดังตาราง 2

ตาราง 2 การสังเคราะห์องค์ประกอบของความคิดสร้างสรรค์

องค์ประกอบ \ นักการศึกษา	Guilford (1991: 125 - 143)	Torrance (1965: 665)	Jellen and Urban. (1986: 141)	Dalton. 1988	O'Farrell & Meban. (2003)	สุวิทย์ มูลคำ (2547: 19-20)	สรุป (จำนวนคน)
ความคล่องแคล่ว	/	/	/	/	/	/	6
ความยืดหยุ่น	/	/	/	/	/	/	6
ความคิดริเริ่ม	/	/	/	/	/	/	6
ความคิดละเอียดลออ	/	/	/	/	/	/	6
ความกล้าเสี่ยง			/	/			2
การผสมให้เป็นหนึ่งเดียวกัน			/	/			2
เจตคติที่ดี			/	/			2
อยากรู้อยากเห็น				/			1
ความสลับซับซ้อน				/			1

หมายเหตุ; เลือกใช้ใช้อองค์ประกอบที่มีนักวิชาการศึกษากล่าวสอดคล้องกันอย่างน้อย 3 คน

จากตาราง 2 การสังเคราะห์องค์ประกอบของความคิดสร้างสรรค์ที่กล่าวมาข้างต้นพบว่า องค์ประกอบของความคิดสร้างสรรค์ที่มีนักวิชาการกล่าวสอดคล้องกันมากกว่า 3 คนขึ้นไป ประกอบด้วย 4 องค์ประกอบ ได้แก่ ความคล่องแคล่ว (fluency) ความยืดหยุ่น (flexibility) ความคิดริเริ่ม (originality) และความคิดละเอียดลออ (elaboration) ซึ่งในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยจึงยึดองค์ประกอบความคิดสร้างสรรค์ตามแนวคิดของ ทอแรนซ์ (Torrance. 1965, p. 663-681) เนื่องจากเป็นแนวคิดที่ได้รับการยอมรับและนิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย อีกทั้งเป็นแนวคิดที่สามารถประยุกต์ใช้กับวิทยาศาสตร์ได้ ซึ่งมีรายละเอียด ดังนี้

1. ความคิดคล่องแคล่วทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความสามารถในการประยุกต์ใช้ความรู้และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในการเสนอแนวคิดได้ปริมาณมากในเวลาจำกัด

2. ความคิดยืดหยุ่นทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความสามารถในการประยุกต์ใช้ความรู้และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในการเสนอแนวคิดได้หลายหลายประเภท

3. ความคิดริเริ่มทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความสามารถในการประยุกต์ใช้ความรู้และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในการเสนอแนวคิดที่แปลกใหม่และแตกต่างจากผู้อื่น

4. ความคิดละเอียดลออทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความสามารถในการประยุกต์ใช้ความรู้และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในการอธิบายรายละเอียดเพิ่มเติมของแนวคิดให้สมบูรณ์

6.4 ความสำคัญของความคิดสร้างสรรค์

สิริลักษณ์ นิติธรรมกุล (2554, น. 18) ความคิดสร้างสรรค์เป็นสิ่งสำคัญสำหรับมนุษย์ที่อยู่ในสังคมที่มีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา เนื่องด้วยผลจากความคิดสร้างสรรค์มีส่วนช่วยให้มนุษย์ในสังคมอยู่อย่างมีความสุข โดยสามารถปรับตัวตามสถานการณ์และบุคลิกภาพของบุคคล ซึ่งสอดคล้องกับ นอกจากนี้ยังมี สุวิทย์ มูลคำ (2547, น. 26-27) ที่ให้ความสำคัญของความคิดสร้างสรรค์ไว้ว่า ช่วยให้เห็นปัญหาในวิถีที่ไม่เคยปฏิบัติมาก่อน มีประสิทธิภาพมากกว่าเดิม ก่อให้เกิดสิ่งแปลกใหม่ ส่งผลให้ชีวิตมีความเป็นอยู่ที่ดี และ ประพันธ์ศิริ สุเสารัจ (2556, น. 210) กล่าวเกี่ยวกับความสำคัญของความคิดสร้างสรรค์ว่าเป็นสิ่งจำเป็นต่อสังคมโลกปัจจุบัน เนื่องจากวิทยาการความก้าวหน้าต่าง ๆ ล้วนเป็นผลมาจากความคิดสร้างสรรค์ หากเด็กมีความคิดสร้างสรรค์จะนำไปสู่โอกาสในการนำความรู้ไปใช้ในการแก้ปัญหา ซึ่งช่วยให้เกิดความสุข ความพึงพอใจในตนเอง และการพัฒนาทรัพยากรมนุษย์ให้มีคุณภาพได้

ดังนั้นจึงสรุปได้ว่า ความคิดสร้างสรรค์ เป็นสิ่งที่ช่วยให้มนุษย์ในสังคมสามารถสร้างผลงานแปลกใหม่ที่เอื้อประโยชน์หรืออำนวยความสะดวกให้แก่บุคคล รวมทั้งช่วยให้มีการปรับตัวในสถานการณ์ต่าง ๆ นำความรู้ที่มีไปประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหา ส่งผลให้มีการพัฒนาทรัพยากรมนุษย์ให้มีคุณภาพยิ่งขึ้น

6.5 กระบวนการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์

กระบวนการคิดสร้างสรรค์ เป็นกระบวนการทำงานของสมองอย่างเป็นระบบขั้นตอนในการคิดจนบรรลุวัตถุประสงค์ ซึ่งมีนักวิชาการเสนอไว้ดังนี้

เวลลาส (Wallas. 1926, p. online) ได้เสนอกระบวนการคิดสร้างสรรค์ว่าเกิดจากการคิดสิ่งใหม่ ๆ โดยการลองผิดลองถูก และแบ่งขั้นตอนกระบวนการคิดสร้างสรรค์ไว้ 4 ขั้นตอน ได้แก่ขั้นเตรียมตัว (Preparation) ขั้นฟักตัว (Incubation) ขั้นหยั่งเห็น (Insight) ขั้นการตรวจสอบ (Verification) เป็นขั้นตรวจสอบแนวคิดหรือวิธีการในการแก้ปัญหาที่สามารถ

นำมาใช้ได้จริง ถูกต้องและเหมาะสม ซึ่งคล้ายคลึงกับ ทอเรนซ์ (Torrance. 1965, p. 18) กล่าวว่า กระบวนการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ เป็นกระบวนการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ (Creative problem solving) ซึ่งแบ่งออกเป็น 5 ขั้นตอนได้แก่ ขั้นตอนค้นพบความจริง (Fact finding) ขั้นตอนพบปัญหา (Problem finding) ขั้นตอนตั้งสมมติฐาน (Idea finding) ขั้นตอนค้นพบคำตอบ (Solution finding) และขั้นตอนยอมรับผลที่ได้จากการค้นพบ (Acceptance finding) นอกจากนี้ยังมี เรลลี และลาวิส (Railly and Lewis. 1983, p. 76) กล่าวถึงกระบวนการความคิดสร้างสรรค์ว่า เป็นกระบวนการที่น่าสนใจและเป็นประโยชน์ในการนำไปใช้ในการเรียนการสอน เพื่อส่งเสริมและพัฒนาให้นักเรียนรู้จักคิดสร้างสรรค์โดยมี 5 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นตอนมองเห็นปัญหา (Perceiving problem) ขั้นตอนขยายปัญหา (Modifying the problem) ขั้นตอนประวิงคำตัดสิน (Suspending judgments) ขั้นตอนผลที่เกิดจากการฟักตัว (Incubating effect) และขั้นแน่นแน่วในความคิด (Sticking with and idea) อีกทั้ง กิวฟอร์ด (Guilford. 1967, p. 64) ได้กำหนดกระบวนการคิดสร้างสรรค์เป็นกระบวนการคิดที่เป็นลำดับขั้นตอน 5 ขั้นตอน ได้แก่ การรู้และเข้าใจ (Cognition) การจำ (Memory) การคิดแบบเอนกอนันต์ (Divergent thinking) การคิดแบบเอกันต์ (Convergent thinking) การประเมินค่า (Evaluation) และแนวคิดของ Prasanta Somintara. (2018, p. 155) ได้กำหนดกระบวนการคิดสร้างสรรค์ออกเป็น 8 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นตอนการเตรียมการ (Preparation) ขั้นความเป็นจริง (Reality) ขั้นการวิเคราะห์ (Analysis) ขั้นการสังเคราะห์ (Synthesis) ขั้นการยอมรับ (Accepting) ขั้นความจำเป็นในการดำเนินการ (Need for action) ขั้นทดสอบและประเมินผล (Test and evaluation) และขั้นการใช้งาน (Applications) จากที่กล่าวมาทั้งหมดข้างต้นสามารถสังเคราะห์กระบวนการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ตามได้โดยมีรายละเอียดดังตาราง 3

ตาราง 3 การสังเคราะห์กระบวนการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์

องค์ประกอบ	นักวิชาการ					สรุป (จำนวนคน)
	Wallas. (1962)	Torrance. (1965)	Railly and Lewis. (1983)	Guilford. (1967: 64)	ประสันทา โสมอินทร์ (2558: 155)	
การเตรียมการ	/		/	/	/	4
ความเป็นจริง	/	/	/	/	/	5
การวิเคราะห์		/		/	/	3
การสังเคราะห์	/	/		/	/	4
การยอมรับ		/	/		/	3
ความจำเป็นในการดำเนินการ			/		/	2
ทดสอบและประเมินผล	/			/	/	3
การใช้งาน			/		/	2

หมายเหตุ; เลือกใช้ใช้กระบวนการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ที่มีนักวิชาการกล่าวสอดคล้องกันอย่างน้อย 3 คน

จากตารางที่ 3 การสังเคราะห์กระบวนการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ที่กล่าวมาข้างต้น พบว่า กระบวนการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ที่มีนักวิชาการกล่าวสอดคล้องกันมากกว่า 3 คนขึ้นไปประกอบด้วย 6 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นตอนการเตรียมการ ขั้นตอนความเป็นจริง ขั้นตอนการวิเคราะห์ ขั้นตอนการสังเคราะห์ ขั้นตอนการทดสอบและประเมินผลและขั้นตอนการยอมรับ ซึ่งในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยยึดกระบวนการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ตามแนวคิดทอแรนซ์ (Torrance. 1965, น. 18) ที่แบ่งออกเป็น 5 ขั้นตอนได้แก่ ขั้นตอนค้นพบความจริง (Fact finding) ขั้นตอนพบปัญหา (Problem finding) ขั้นตอนตั้งสมมติฐาน (Idea finding) ขั้นตอนค้นพบคำตอบ (Solution finding) และขั้นตอนการยอมรับผลที่ได้จากการค้นพบ (Acceptance finding) เนื่องจากมีความสอดคล้องกับกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่เป็นกระบวนการในการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ซึ่งมี 5 ขั้นตอน คือ ขั้นตอนตั้งปัญหา ขั้นเก็บรวบรวมข้อมูลหรือข้อเท็จจริง ขั้นสร้างสมมติฐาน ขั้นทดลองพิสูจน์ และขั้นสรุปผล

6.6 การวัดและประเมินความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์

ผู้วิจัยได้ศึกษาการวัดและประเมินความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์และสรุปได้ดังนี้

ณัฐพงษ์ เจริญพิทย์ (2542, น. 335-393) กล่าวว่า การวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์มี 3 รูปแบบ ได้แก่ การใช้แบบทดสอบ โดยเป็นแบบทดสอบที่มีลักษณะเป็นการกำหนดสถานการณ์ เพื่อกระตุ้นให้นักเรียนคิดคำตอบให้หลากหลายแนวทางเกี่ยวกับการแก้ปัญหาและการจินตนาการ มีการตรวจให้คะแนนในด้านความคิดคล่อง ความคิดยืดหยุ่น และความคิดริเริ่ม ทั้งนี้หากใช้แบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ควบคู่กับแบบสำรวจหรือแบบสังเกตพฤติกรรมจะส่งเสริมให้ได้ข้อมูลที่มีความน่าเชื่อถือยิ่งขึ้น การใช้แบบประเมินผลงาน เป็นวิธีที่เน้นการสังเกตพฤติกรรมและการตรวจผลงาน โดยใช้แบบประเมินผลงานที่มีการกำหนดโครงสร้างในการพิจารณาความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ไว้อย่างครอบคลุม และ การใช้แฟ้มสะสมผลงาน ซึ่งเป็นผลงานที่เกี่ยวข้องกับความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ อาจอยู่ในรูปของการทำแบบฝึกความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ในแต่ละบทเรียน ผลการทดสอบความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ และการทำโครงงานวิทยาศาสตร์หรืองานที่เกี่ยวข้องกับความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ในรูปแบบอื่น ๆ สำหรับผู้มีส่วนร่วมในการประเมินแฟ้มสะสมผลงานจะต้องครอบคลุมทุกฝ่าย คือ ตัวนักเรียน เพื่อนนักเรียน ผู้ปกครอง และครู จากนั้นเมื่อครบระยะเวลา 1 ภาคเรียน นักเรียนจะคัดเลือกข้อมูลจากแต่ละส่วนของแฟ้มสะสมงานระหว่างดำเนินการ มาจัดเสนอเป็นแฟ้มสะสมงานสุดท้าย นอกจากนี้ยังมี ชูติมา วงษ์พระลับ (2553, น. 19-20) กล่าวเกี่ยวกับการประเมินความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์จากผลงานไว้ว่า สามารถใช้การประเมินตามสภาพจริง ที่สร้างเกณฑ์การประเมินสอดคล้องกับองค์ประกอบของความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ได้แก่ ความคิดคล่อง ความคิดยืดหยุ่น ความคิดริเริ่ม และความคิดละเอียดลออ ซึ่งคล้ายคลึงกับ ราตรี นันทสุคนธ์ (2553, น. 71) ที่กล่าวถึงเกณฑ์การประเมิน (Scoring Rubric) เป็นเกณฑ์ที่มีลักษณะการให้คะแนนแบบมาตราส่วนค่า เพื่อใช้เป็นแนวทางในการประเมินหรือตัดสินชิ้นงานนั้น ซึ่งสอดคล้องกับ ณัฐา เพชรธนู (2557, น. 12) และรุ่งศิริรินทร์ จันท์หอม (2545, น. 23) ที่กล่าวว่า การประเมินคุณภาพผลงานของนักเรียนนั้นสามารถใช้เกณฑ์การประเมิน (Scoring Rubric) เป็นแนวทางในการให้คะแนน โดยมีการระบุรายละเอียดการประเมินตามเงื่อนไขหรือตัวชี้วัดของผลงาน และมีความแตกต่างของระดับการให้คะแนนแบบต่อเนื่อง ทั้งนี้ กิ่งฟ้า สีนุวงศ์ (2553, น. 43-44) กล่าวเกี่ยวกับ เกณฑ์การประเมิน (Scoring Rubric) ว่ามี 2 รูปแบบ ได้แก่ rubric แบบภาพรวม (Holistic rubric) ซึ่งเป็นการประเมิน

ภาพรวมของผลงานโดยสามารถแสดงลักษณะหรือองค์ประกอบได้ครบถ้วน ทั้งมีรูปแบบภาพรวม (Holistic rubric) ยังมีข้อจำกัดเนื่องจากผู้ประเมินและผู้รับการประเมินจะไม่ทราบผลการปฏิบัติงานในองค์ประกอบย่อย ๆ และรูปแบบแยกองค์ประกอบ (Analytic rubric) เป็นการประเมินแยกพิจารณาเป็นองค์ประกอบย่อยในประเด็นที่สนใจ อธิบายระดับคะแนนในแต่ละลักษณะหรือพฤติกรรม จะช่วยให้นักเรียนสามารถพัฒนาหรือปรับปรุงคุณภาพของผลงานตนเองและการเรียนรู้ควบคู่กันไป และ วณิช สุรารัตน์ (2547, น. 225-226) กล่าวเกี่ยวกับการตรวจให้คะแนนองค์ประกอบความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ทั้ง 4 ประการไว้ว่า การตรวจให้คะแนนความคิดคล่องแคล่ว จะให้คะแนนของคำตอบที่เป็นไปตามเงื่อนไขของสถานการณ์หรือปัญหาที่กำหนด คำตอบละ 1 คะแนน โดยการตรวจจะแยกเป็นรายบุคคล เช่น สมชายเขียนคำตอบ มา 5 ข้อ และเป็นไปตามเงื่อนไขทั้งหมด 4 ข้อ จะได้คะแนนความคิดคล่องแคล่ว 4 คะแนน การตรวจให้คะแนนความคิดยืดหยุ่น เริ่มจากนำคำตอบเป็นรายชื่อของผู้ตอบทุกคนมาจัดกลุ่มตามลักษณะของคำตอบที่คล้ายคลึงกัน ซึ่งพิจารณาเป็นภาพรวม ทำให้ได้คำตอบหลาย ๆ กลุ่ม ซึ่งควรมีจำนวนตั้งแต่ 5 กลุ่มขึ้นไป แล้วจึงมาพิจารณาให้คะแนนของผู้ตอบเป็นรายบุคคล เช่น สมชายเขียนคำตอบในข้อแรกมา 5 ข้อ สามารถจัดเข้ากลุ่มคำตอบได้ 3 กลุ่ม คือ กลุ่มแรก 2 ข้อ กลุ่มสอง 1 ข้อ กลุ่มสาม 1 ข้อ และกลุ่มที่สี่อีก 1 ข้อ สมชายจะได้คะแนนความคิดยืดหยุ่น 4 คะแนน แต่ถ้าคำตอบบางคำตอบของผู้ตอบบางคนไม่สามารถจัดเข้ากลุ่มใดได้เลยจะได้คำตอบละ 1 คะแนน การตรวจให้คะแนนความคิดริเริ่ม มาจากนำคำตอบของทุกคนมาบันทึกความซ้ำซ้อน เพื่อหาความถี่ของคำตอบซ้ำซ้อนกัน โดยอาจจะซ้ำซ้อนกันด้านสาระ เนื้อหา หรือรูปแบบที่ใกล้เคียงกัน จากนั้นจึงให้คะแนนในลักษณะผกผันกับความถี่ที่ซ้ำซ้อนกัน กล่าวคือคำตอบที่มีความซ้ำซ้อนกันน้อย จะได้คะแนนมาก คำตอบที่ซ้ำซ้อนกันมากจะได้คะแนนน้อย โดยตั้งเกณฑ์ไว้ว่า คำตอบที่มีความถี่ของการซ้ำซ้อนเท่าใดจึงจะได้คะแนนต่ำสุดไปจนมากที่สุด เช่น คำตอบที่มีความถี่เกิน 5 ขึ้นไป ให้ 0 คะแนน คำตอบที่มีความถี่เท่ากับ 5 ให้ 1 คะแนน คำตอบที่มีความถี่เท่ากับ 4 ให้ 2 คะแนน คำตอบที่มีความถี่เท่ากับ 3 ให้ 3 คะแนน คำตอบที่มีความถี่เท่ากับ 2 ให้ 4 คะแนน และคำตอบที่มีความถี่เท่ากับ 1 ให้ 5 คะแนน และการตรวจให้คะแนนความคิดละเอียดลออ มีวิธีการให้คะแนนโดยแต่ละคำตอบให้คะแนนต่ำสุด 1 คะแนน หากมีอธิบายรายละเอียดเพิ่มเติมให้เห็นความชัดเจนยิ่งขึ้น ซึ่งมีเงื่อนไขว่าส่วนที่อธิบายเพิ่มเติมนั้นจะต้องเป็นข้อมูลจริง สมเหตุสมผล จะให้คะแนนเพิ่มอีก 1 คะแนน

จากที่กล่าวมาข้างต้นจึงสรุปได้ว่า การวัดและประเมินผลความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์มี 3 รูปแบบ ได้แก่ การใช้แบบทดสอบ การใช้แบบประเมินผลงาน และการใช้แฟ้ม

สะสมผลงาน ซึ่งการตรวจให้คะแนนเป็นการให้คะแนนแบบรูบรีค (Scoring Rubric) โดยมี 2 แบบ ได้แก่แบบภาพรวม (Holistic rubric) และแบบแยกองค์ประกอบ (Analytic rubric)

6.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์

พนิตธิดา รุ่งแจ้ง (2560) ศึกษาการพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โดยมีจุดมุ่งหมายเพื่อศึกษาผลการใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ และความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โดยใช้เครื่องมือวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ เป็นแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์แบบอัตนัย จำนวน 3 ข้อ ซึ่งดัดแปลงมาจากแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของทัศนีย์ พุกฤษชฉัตร (2518, น. 88-90) สุมาลี กาญจนชาติ (2525, น. 68-71) และอุดร จันทร์สร้าง (2527, น. 68-69) ซึ่งการวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ที่มีองค์ประกอบ 4 ประการ ได้แก่ ความคิดคล่องแคล่ว ความคิดยืดหยุ่น ความคิดริเริ่ม และความคิดละเอียดลออทางวิทยาศาสตร์ พบว่าคุณภาพเครื่องมือมีความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (content validity) จากดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับเนื้อหา (item objective congruence: IOC) มีค่าอยู่ระหว่าง 0.67-1.00 และความเชื่อมั่นทั้งฉบับ (Reliability) โดยใช้สัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค (Cronbach's Alpha method) มีค่าเท่ากับ 0.53

สุทธิดา วงสามิ่งและคณะ (2558) ศึกษาการสร้างแบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 โดยมีจุดมุ่งหมายเพื่อสร้างและหาคุณภาพของแบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์สำหรับนักเรียน ชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 และสร้างเกณฑ์ปกติของคะแนนความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษานองบัวลำภู เขต 2 ซึ่งเครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัยคือแบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 เป็นแบบเขียนตอบจากสถานการณ์ที่กำหนดให้ จำนวน 8 ข้อ พบว่าคุณภาพเครื่องมือมีความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (content validity) จากดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับเนื้อหา (item objective congruence: IOC) มีค่าตั้งแต่ 0.80 - 1.00 ความยากง่ายมีค่าระหว่าง 0.34 - 0.52 อำนาจจำแนกมีค่าระหว่าง 0.52 - 0.74 และความเชื่อมั่นทั้งฉบับ (Reliability) โดยใช้สัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค (Cronbach's Alpha method) มีค่าเท่ากับ 0.92

นิสา วิริยาสิตาภรณ์. (2554) ศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมีและความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนบดินเดชา (สิงห์ สิงหเสนี) ที่ได้รับการสอนตามแนวทฤษฎีสรรคนิยมกับการสอนแบบอริยสัจ 4 โดยมีความมุ่งหมายเพื่อเปรียบเทียบความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ระหว่างการสอนตามแนวทฤษฎีสรรคนิยมกับการสอนแบบอริยสัจ 4 ซึ่งเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย เป็นแบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์แบบอัตนัย จำนวน 5 ข้อ พบว่าคุณภาพเครื่องมือมีความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (content validity) จากดัชนีระหว่างข้อคำถามกับพฤติกรรม (item objective congruence: IOC) มีค่าระหว่าง 0.67-1.00 ความยากง่าย (p) มีค่าระหว่าง 0.47-0.77 อำนาจจำแนก (r) มีค่าระหว่าง 0.27-0.49 และความเชื่อมั่นทั้งฉบับ (Reliability) โดยใช้สัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค (Cronbach's Alpha method) มีค่า 0.75

จากการศึกษางานวิจัยที่กล่าวมาข้างต้น สามารถสรุปได้ว่า ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ใช้เครื่องมือในการวัดเป็นแบบทดสอบอัตนัย ที่มีการกำหนดสถานการณ์มาให้ผู้ตอบตอบโดยครอบคลุมองค์ประกอบความคิดสร้างสรรค์ทั้ง 4 ประการ ได้แก่ ความคิดคล่องแคล่ว ความคิดยืดหยุ่น ความคิดริเริ่ม และความคิดละเอียดลออทางวิทยาศาสตร์ ดังนั้นในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยจึงสร้างแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ ลักษณะเป็นอัตนัย โดยสร้างสถานการณ์มา 1 สถานการณ์ ใช้ตอบคำถาม 4 ข้อ ซึ่งในแต่ละข้อจะเป็นไปตามองค์ประกอบของความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ตามแนวคิดของทอเรนซ์ (Torrance, 1962, p. 62) ได้แก่ ด้านความคิดคล่องทางวิทยาศาสตร์ ด้านความคิดยืดหยุ่นทางวิทยาศาสตร์ ด้านความคิดริเริ่มทางวิทยาศาสตร์ และด้านความคิดละเอียดลออทางวิทยาศาสตร์ และใช้เกณฑ์การให้คะแนนความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ตามแนวคิดของ วณิช สุรารัตน์ (2547, p. 225-226)

7. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์

7.1 ความหมายของความสามารถในการแก้ปัญหา

ผู้วิจัยได้ศึกษาการวัดและประเมินความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์และสรุปได้ดังนี้

ความสามารถในการแก้ปัญหา เป็นความสามารถในการค้นหาหลักการ ทฤษฎี โดยการแยกแยะคุณสมบัติของสิ่งต่าง ๆ หรือข้อเท็จจริงที่ได้รับแล้วทำการวิเคราะห์ เพื่อหาข้อสรุปอันเป็นหลักการของข้อเท็จจริง รวมไปถึงการนำหลักการไปใช้ในสถานการณ์ที่แตกต่างไปจากเดิม (Guilford. 1967, p. 7) ซึ่งสอดคล้องกับ กูด (Good. 1973, p. 518) ที่ได้สรุปว่าความสามารถในการแก้ปัญหา เป็นแบบแผนหรือวิธีดำเนินการในสภาวะที่มีความซับซ้อน ต้องพยายามตรวจสอบ

เอกสารที่สืบค้นมาได้ มีการตั้งสมมติฐานและตรวจสอบสมมติฐานภายใต้การควบคุม มีการเก็บรวบรวมเอกสารจากการทดลอง เพื่อหาความสัมพันธ์ คล้ายคลึงกับ คาร์เดลินีและโจนาสเซนต์ (Cardellini, 2006, p. 131-132; Jonassen, 1997, p. 3) ที่กล่าวว่า ความสามารถในการแก้ปัญหา เป็นความสามารถในการใช้เหตุผลและทักษะในการตัดสินใจทุกด้านที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวัน อีกทั้ง จอร์นสันและมอโร (Johnson & Morrow, 1981, p. 138) เสนอว่า ความสามารถในการแก้ปัญหา เป็นการสื่อสารระหว่างบุคคล เพื่อแลกเปลี่ยนความรู้ เอกสารในการแก้ปัญหา เพื่อให้มีทักษะ ความรู้และความสามารถนำไปใช้ในชีวิตประจำวันได้อย่างเหมาะสม นอกจากนี้ยังมี เซอร์ราร์ดและเคอร์ (Souillard & Kerr, 1990, p. 28) สรุปเกี่ยวกับความสามารถในการแก้ปัญหาว่า เป็นเกมของสติปัญญาและเป็นกิจกรรมเพื่อการสื่อสาร ที่ต้องมีความรู้ทางวิชาการและมีความคิดสร้างสรรค์เป็นของตนเอง เพื่อนำมาใช้ในการปฏิบัติงานร่วมกับผู้อื่น อภิปรายแลกเปลี่ยนความคิดเห็น ประเมินผลปัญหาต่าง ๆ เพื่อเสนอข้อสรุปของปัญหาที่สามารถนำไปปฏิบัติได้ ทั้งนี้ สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา (2550, p. 4) ได้ให้ความหมายของความสามารถในการแก้ปัญหาไว้ว่า หมายถึง การใช้ประสบการณ์ที่ค้นพบด้วยตนเองจากการสังเกต การเก็บเอกสาร การวิเคราะห์เอกสาร การตีความและสรุปความ เพื่อนำไปสู่การแก้ปัญหามีเหตุผล ซึ่งสอดคล้องกับ ไพโรจน์ คะเชนทร์ (2559, น. online) ที่สรุปได้ว่า ความสามารถในการแก้ปัญหา เป็นความสามารถในการวิเคราะห์สถานการณ์ การหาคำตอบวิธีการที่เหมาะสม ซึ่งเกิดจากความตั้งใจทั้งทางด้านร่างกายและจิตใจ ขอความช่วยเหลือจากผู้อื่นเมื่อจำเป็นพัฒนาและประเมินทางเลือกในการแก้ปัญหา สามารถหาแนวทางแก้ปัญหาและวางแผนแก้ปัญหาได้อย่างถูกต้องและเหมาะสม

จึงสามารถสรุปได้ว่า ความสามารถในการแก้ปัญหา หมายถึง ความสามารถในการวิเคราะห์สถานการณ์ การหาคำตอบ หรือวิธีการที่เหมาะสม โดยมาจากการสังเกต การเก็บเอกสาร การวิเคราะห์เอกสาร การตีความ สรุปความ แลกเปลี่ยนความรู้ระหว่างบุคคล ผสมผสานความรู้เดิมที่มีอยู่กับความรู้ใหม่ เพื่อนำไปสู่การแก้ปัญหาและการตัดสินใจในทุกด้านที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวัน

7.2 ความหมายความสามารถในการแก้ปัญหาวทางวิทยาศาสตร์

ผู้วิจัยได้ศึกษาเกี่ยวกับความหมายความสามารถในการแก้ปัญหาวทางวิทยาศาสตร์ และสรุปได้ ดังนี้

ศิริเพ็ญ ไหมวัด (2551, น. 2) กล่าวว่า การดำเนินชีวิตประจำวันมักต้องเผชิญกับปัญหาที่หลากหลาย มีความยุ่งยากซับซ้อนต่าง ๆ ส่งผลให้เกิดปัญหามากขึ้นกว่าเดิม การฝึกให้มี

ความสามารถในการแก้ปัญหาจึงเป็นสิ่งที่จำเป็น เนื่องจากปัญหามักเป็นจุดเริ่มต้นของการเรียนรู้สิ่งต่าง ๆ ซึ่งในกระบวนการเรียนรู้ทางวิทยาศาสตร์เริ่มต้นด้วยการสังเกตและระบุปัญหา นำไปสู่การตั้งสมมติฐาน การทดลอง การเก็บรวบรวมข้อมูล และการสรุปผล ดังนั้นหากมีความสามารถในการแก้ปัญหา ก็จะช่วยให้สามารถหาคำตอบหรือหนทางในการแก้ปัญหาได้สำเร็จ เพื่อให้บรรลุจุดมุ่งหมายที่ต้องการ ซึ่งความสามารถในการแก้ปัญหามีรูปแบบการเรียนรู้บางอย่างที่ได้อาศัยการเรียนรู้ ผสมผสานจนเป็นความสามารถทางการคิดแก้ปัญหา (Gagne. 1970, p. 407) ซึ่งวิธีการทางวิทยาศาสตร์กับการแก้ปัญหามีเรื่องเดียวกัน โดยการแก้ปัญหามีแบบแผนหรือวิธีดำเนินการที่อยู่ในสถานะที่มีความยุ่งยากลำบาก หรือการพยายามตรวจสอบข้อมูลที่หามาได้มีการตั้งสมมติฐาน การตรวจสอบสมมติฐานภายใต้การควบคุม มีการเก็บรวบรวมจากการทดลอง และนำไปสู่การสรุปผล (Good, 1973, p. 306)

ดังนั้นจึงสรุปได้ว่า ความสามารถในการคิดแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ หมายถึงความสามารถในการประยุกต์ความรู้และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์มาใช้ในการวิเคราะห์สถานการณ์ การหาคำตอบหรือวิธีการที่เหมาะสม ผสมผสานความรู้เดิมกับความรู้ใหม่ เพื่อนำไปสู่การแก้ปัญหาและการตัดสินใจให้บรรลุผลสำเร็จตามจุดมุ่งหมายที่ต้องการ

จากการศึกษาดังกล่าวข้างต้นทำให้ทราบว่าความหมายของความสามารถในการแก้ปัญหาและความสามารถในการแก้ปัญหามีความคล้ายคลึงกัน เพียงแต่ความสามารถในการแก้ปัญหามีกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เข้ามาใช้ในการวิเคราะห์สถานการณ์ การหาคำตอบหรือวิธีการที่เหมาะสม เพื่อนำไปสู่การแก้ปัญหาที่มีประสิทธิภาพ

7.3 กระบวนการของความสามารถในการแก้ปัญหา

กระบวนการแก้ปัญหามีกระบวนการที่มีหลักการและขั้นตอนอย่างมีระบบ ต้องใช้ความคิดอย่างซับซ้อน เพื่อมองหาปัญหาได้หลายแง่มุม แล้วเลือกวิธีการที่เหมาะสมในการแก้ปัญหา ทำให้ผลที่เกิดขึ้นมีประสิทธิภาพ ซึ่งหลักการและขั้นตอนในการแก้ปัญหานั้นได้มีนักการศึกษาเสนอขั้นตอนการแก้ปัญหาดังนี้

ปีครอฟต์ (Beecroft et.al, 2003, p. 17-19) ได้กำหนดขั้นตอนการแก้ปัญหาไว้ 4 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นนิยามปัญหาเป็นการวินิจฉัยสถานการณ์ต่าง ๆ ขั้นกำหนดทางเลือกในการแก้ปัญหา ขั้นประเมินทางเลือกที่กำหนดไว้ และขั้นดำเนินการ ติดตาม ตรวจสอบการแก้ปัญหา ซึ่งคล้ายคลึงกับ เวียร์ (Weir, 1974, p. 16-18) ที่เสนอขั้นตอนในการแก้ปัญหาไว้ 4 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นระบุปัญหาหรือวิเคราะห์ปัญหา ขั้นการวิเคราะห์หาสาเหตุปัญหา ขั้นนำเสนอแนว

ทางการแก้ปัญหาหรือตั้งสมมติฐาน และขั้นการตรวจสอบผลลัพธ์ นอกจากนี้ยังมี ศรีนิวาส (Srinivas, 2016, Online) ที่เสนอเกี่ยวกับกระบวนการแก้ปัญหา ประกอบด้วย 6 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นกำหนดปัญหา ขั้นวิเคราะห์ปัญหา ขั้นกำหนดแนวทางแก้ไข ขั้นการวิเคราะห์การแก้ปัญหา ขั้นการเลือกแนวทางการแก้ปัญหา และขั้นการวางแผนดำเนินการ ซึ่งคล้ายคลึงกับ ทราวิน (Travin, 2016, Online) กล่าวว่าขั้นตอนในการแก้ปัญหานำไปสู่การบรรลุเป้าหมาย จึงกำหนดขั้นตอนการแก้ปัญหาไว้ 5 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นกำหนดปัญหา ขั้นระดมความคิด ขั้นตัดสินใจเลือกแนวทาง ขั้นดำเนินการแก้ปัญหา ขั้นตรวจสอบผล อีกทั้ง วิลเลียมและแคเรีย (Williams & Carey, 2016, Online) เสนอขั้นตอนในการแก้ปัญหา 6 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นระบุปัญหาหรือกำหนดขอบเขตของปัญหา ขั้นกำหนดเป้าหมายและผลลัพธ์ที่ต้องการ ขั้น ระดมความคิดเห็นแลงเปลี่ยนมุมมองจากปัญหา ขั้นเลือกวิธีการแก้ปัญหาที่เป็นไปได้และมีประสิทธิภาพ ขั้นการวางแผนการแก้ปัญหา และขั้นตรวจสอบและแก้ไขผลลัพธ์พร้อมทั้งปรับปรุงเพื่อให้ได้แนวทางการแก้ปัญหาที่มีประสิทธิภาพ และวันชัย มาชูตระกูล (2561, น. 28) ที่สรุปไว้ว่าขั้นตอนในการแก้ปัญหาสอดคล้องกับขั้นตอนในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งประกอบด้วย 4 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นกำหนดปัญหา ขั้นวิเคราะห์ปัญหา ขั้นเสนอแนวทางการแก้ปัญหา และขั้นตรวจสอบการแก้ปัญหา จากที่กล่าวมาข้างต้น สามารถสังเคราะห์กระบวนการแก้ปัญหา โดยมีรายละเอียดดังตาราง 4

ตาราง 4 การสังเคราะห์กระบวนการของความสามารถในการแก้ปัญหา

ขั้นตอน	Beecroft et.al. 2003: 17-19	Srinivas (2016: Online)	Weir (1974: 16-18)	Travin (2016: Online)	Williams&Carey.(2016: online)	วันชัย มาชูตระกูล (2561: 28)	สรุปผล (จำนวนคน)
การกำหนดปัญหา	/	/	/	/	/	/	6
การกำหนดเป้าหมาย					/		1
การวิเคราะห์ปัญหา		/	/			/	3
การเสนอแนวทาง			/	/	/	/	4
การกำหนดแนวทาง	/	/					2
การเลือกแนวทาง	/	/		/	/		4
การวิเคราะห์การแก้ปัญหา		/					1
การวางแผนดำเนินการ		/		/	/		3
การตรวจสอบผลลัพธ์และแก้ไข	/		/	/	/	/	5

หมายเหตุ; เลือกใช้กระบวนการแก้ปัญหาที่มีนักวิชาการกล่าวสอดคล้องกันอย่างน้อย 3 คน

จากตาราง 4 การสังเคราะห์กระบวนการของความสามารถในการแก้ปัญหาที่กล่าวมาข้างต้น พบว่า กระบวนการแก้ปัญหาที่มีนักวิชาการกล่าวสอดคล้องกันมากกว่า 3 คนขึ้นไป ประกอบด้วย 6 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นตอนกำหนดปัญหา ขั้นตอนวิเคราะห์ปัญหา ขั้นตอนเสนอแนวทาง ขั้นตอนเลือกแนวทาง ขั้นตอนวางแผนดำเนินการ และขั้นตอนตรวจสอบผลลัพธ์และแก้ไข ซึ่งในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยยึดกระบวนการแก้ปัญหาตามแนวคิดของเวียร์ (Weir, 1974, p. 16-18) ที่เสนอขั้นตอนในการแก้ปัญหาไว้ 4 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นระบุปัญหาหรือวิเคราะห์ปัญหา ขั้นการวิเคราะห์หาสาเหตุปัญหา ขั้นนำเสนอแนวทางการแก้ปัญหาหรือตั้งสมมติฐาน และขั้นการตรวจสอบผลลัพธ์ เนื่องจากมีความสอดคล้องกับกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่มี 5 ขั้นตอน คือ ขั้นตั้งปัญหา ขั้นเก็บรวบรวมข้อมูลหรือข้อเท็จจริง ขั้นสร้างสมมติฐาน ขั้นทดลองพิสูจน์ และขั้นสรุปผล โดยมีรายละเอียด ดังนี้

1. ขั้นระบุปัญหาหรือวิเคราะห์ปัญหา หมายถึง ความสามารถในการระบุประเด็นปัญหาภายในขอบเขตของสถานการณ์ที่กำหนดให้

2. ขั้นการวิเคราะห์หาสาเหตุปัญหา หมายถึง ความสามารถในการบอกสาเหตุที่แท้จริงหรือสาเหตุที่เป็นไปได้ของปัญหาจากสถานการณ์
3. ขั้นนำเสนอแนวทางการแก้ปัญหาหรือตั้งสมมติฐาน หมายถึง ความสามารถในการหาแนวทางการแก้ปัญหาได้ตรงกับสาเหตุของปัญหา
4. ขั้นการตรวจสอบผลลัพธ์ หมายถึง ความสามารถอภิปรายผลที่เกิดจากการดำเนินการตามแนวทางที่ตั้งสมมติฐานได้ พร้อมระบุข้อและหลักฐานประกอบการพิจารณาแนวทางที่นำมาใช้ในการแก้ปัญหา

7.4 ความสำคัญของความสามารถในการแก้ปัญหา

Stanish & Eberle. (1996, p. 9) (อ้างถึงในประพันธ์ศิริ สุเสารัจ, 2556, น. 157) กล่าวว่า คิดแก้ปัญหาสำคัญต่อวิถีการดำเนินชีวิตในสังคมของมนุษย์ ซึ่งต้องใช้การคิดเพื่อแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นตลอดเวลา โดยความสามารถในการคิดแก้ปัญหาของแต่ละบุคคลแตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับระดับสติปัญญาความรู้ อารมณ์ ประสบการณ์ ตลอดจนได้รับการพัฒนา วิธีการคิดแก้ปัญหานั้นไม่มีวิธีการตายตัวขึ้นอยู่กับประสบการณ์ของแต่ละคน ผู้ที่มีความสามารถในการคิดแก้ปัญหาจะสามารถเผชิญกับภาวะสังคมซับซ้อนวุ่นวายได้อย่างเข้มแข็ง มั่นคง ฉะนั้นความสามารถในการแก้ปัญหาจึงมีไม่เพียงการรู้จักคิดและรู้จักการใช้สมองหรือมุ่งพัฒนาสติปัญญาเพื่อแก้ปัญหาแต่เพียงอย่างเดียว แต่ยังพัฒนาทัศนคติ วิธีคิด ค่านิยม ความรู้ และความเข้าใจในสภาพการณ์ของสังคมได้อีกด้วย ซึ่งสอดคล้องกับชัยวัฒน์ สุทธิรัตน์ (2555, น. 66) กล่าวว่า ความสามารถในการแก้ปัญหาช่วยให้นักเรียนมีความกระตือรือร้นในการเรียน ฝึกฝนการคิดอย่างมีระบบเป็นเหตุเป็นผล ความรู้ความเข้าใจในระยะยาว และนำสิ่งที่เรียนรู้ไปใช้ประโยชน์กับชีวิตจริงในปัจจุบันและอนาคต

จึงสรุปได้ว่า ความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ เป็นสิ่งที่สำคัญที่ช่วยแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นในวิถีการดำเนินชีวิตประจำวัน อีกทั้งยังช่วยให้นักเรียนมีความกระตือรือร้นในการเรียนรู้ อย่างมีระบบเป็นเหตุเป็นผล เกิดความรู้ความเข้าใจที่สามารถนำไปใช้กับชีวิตจริงทั้งในปัจจุบันและอนาคตช่วยให้นักเรียนในสังคมสามารถสร้างผลงานแปลกใหม่ที่เอื้อประโยชน์หรืออำนวยความสะดวกให้แก่บุคคล

7.5 การวัดและประเมินผลความสามารถในการแก้ปัญหา

ความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ต้องใช้การคิดระดับสูงเพื่อนำมาใช้ในการแก้ปัญหา หากเป็นปัญหาที่ซับซ้อนและมีหลายแนวทางที่เป็นไปได้ในการแก้ปัญหาก็ยิ่งมีความซับซ้อนมากขึ้น ฉะนั้นการวัดและประเมินผลการแก้ปัญหาจึงควรใช้วิธีการวัดและ

ประเมินผลที่เหมาะสมจึงจะสามารถวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ได้อย่างเหมาะสม ซึ่งสามารถสรุปได้ ดังนี้

สมบุญ ชาติพงษ์ (2538, น. 9-10) กล่าวว่า การวัดความสามารถในการแก้ปัญหา มุ่งวัดว่าบุคคลปฏิบัติในพฤติกรรมหรือคุณลักษณะที่มีประสิทธิภาพสูงต่อการจัดการกับปัญหา หรือสถานการณ์ที่ต้องเผชิญ จึงเสนอแบบทดสอบความสามารถในการแก้ปัญหา 2 ส่วนคือ ส่วนสถานการณ์ที่กำหนดขึ้นเพื่อเป็นตัวแสดงปัญหา และส่วนตัวเลือกทางออกในการแก้ปัญหา ซึ่งเป็นตัวแทนของพฤติกรรมในการแก้ปัญหา การให้คะแนนเป็นอัตราส่วนกันในแต่ละคุณลักษณะ หรือมิติ นอกจากนี้ยังมี บรรดล สุขปิติ (2559, น. 13-14) กล่าวเกี่ยวกับการวัดความสามารถในการแก้ปัญหาที่นิยมใช้มี 6 รูปแบบ ได้แก่ แบบทดสอบการจัดการปัญหา การประเมินการแก้ปัญหาโดยใช้ข้อคำถามแบบเลือกตอบ ข้อคำถามแบบอัตนัย ข้อคำถามแบบอัตนัยประยุกต์ แบบปรนัยประยุกต์และการวัด 3 ชั้น โดยมีรายละเอียด ดังนี้

1. แบบทดสอบการจัดการปัญหา มีลักษณะคล้ายแบบทดสอบถูก-ผิด หลายตัวเลือกหรือแบบสำรวจรายการ โดยจะกำหนดสถานการณ์ที่เป็นปัญหาและมีข้อคำถามให้เลือกว่าในการแก้ปัญหาที่กำหนดขึ้นนั้น ผู้ตอบจะปฏิบัติหรือไม่ ซึ่งจะกำหนดรายการที่เป็นการปฏิบัติให้พิจารณาหลายตัวเลือก ลักษณะสำคัญของแบบทดสอบการจัดการปัญหามี 5 ประการ ได้แก่ การใช้สถานการณ์จำลองที่เกิดขึ้นจริงในการปฏิบัติงาน การใช้ชุดคำถามและตัวเลือกมีความเกี่ยวข้องกับประเด็นตั้งแต่เริ่มเผชิญปัญหา จัดตัวเลือกตอบให้ครอบคลุมทุกกิจกรรมที่ผู้ตอบต้องการเลือก การให้เหตุผลจากการเลือกตัวเลือกนั้นในลักษณะที่คล้ายจริง การใช้เกณฑ์การยอมรับของผู้เชี่ยวชาญตัดสินให้คะแนนการเลือกของผู้ตอบและกำหนดค่าคะแนนแต่ละตัวเลือก และการตัดสินความสามารถของผู้ตอบจากดัชนีประสิทธิภาพ ดัชนีความคล่อง และดัชนีความสามารถ ซึ่งข้อดีของแบบทดสอบลักษณะแบบนี้ สามารถทำให้นักเรียนได้ใช้ความสามารถทางสมองระดับสูงในการคิดแก้ปัญหาจากสถานการณ์จริง แต่ยังมีข้อจำกัดในส่วนของข้อคำถามของนักเรียนต้องอาศัยตัวเลือกที่กำหนดจึงทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนของผลการสอบเนื่องจาก การเดาชุดคำตอบจากตัวเลือกที่กำหนดให้ขาดสารสนเทศในการแก้ปัญหาแท้จริง

2. แบบทดสอบแบบปรนัย เป็นข้อคำถามที่นิยมใช้กันมากในการประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เนื่องจากข้อคำถามแบบเลือกตอบมีจุดเด่นคือ สามารถถามได้จำนวนมาก ข้อซึ่งครอบคลุมเนื้อหาได้อย่างกว้างขวาง สะดวกต่อการตรวจ มีความปรนัย สามารถใช้กับผู้เข้ารับการประเมินเป็นจำนวนมาก โดยสามารถคัดเลือกข้อคำถามที่มีคุณภาพผ่านเกณฑ์การตรวจสอบไปใช้ในการทดสอบ แต่อย่างไรก็ตามยังมีข้อจำกัดอีกหลายประการ อาทิเช่น การมี

ตัวเลือกให้เลือกตอบเป็นการแนะนำคำตอบให้นักเรียน ส่งผลให้นักเรียนมีโอกาสในการเดาได้สูง ขาดสารสนเทศที่ทำให้ทราบวิธีการคิดแก้ปัญหาของนักเรียน จึงไม่เหมาะที่จะนำมาใช้วัดความสามารถในการคิดสร้างสรรค์สิ่งใหม่ ๆ ความคิดริเริ่มหรือซับซ้อน

3. แบบทดสอบแบบอัตนัย เป็นรูปแบบที่แก้ไขจุดอ่อนของการใช้คำถามแบบจัดการกับปัญหาและแบบเลือกตอบ ซึ่งข้อคำถามแบบอัตนัยนี้เหมาะกับการประเมินทักษะการคิดและความสามารถในการแก้ปัญหา ซึ่งเป็นลักษณะของพฤติกรรมเรียนรู้ระดับสูงที่มีความซับซ้อน ข้อดีของการใช้ข้อคำถามแบบอัตนัยนี้สามารถวัดความสามารถของนักเรียนในการเสนอข้อคิดเห็น การเก็บรวบรวมข้อเท็จจริง ความคิดริเริ่มสร้างสรรค์และทักษะกระบวนการแต่จุดจำกัดเป็นการตรวจให้คะแนน เนื่องจากข้อคำถามแบบอัตนัยเปิดโอกาสให้นักเรียนเขียนคำตอบอย่างมีอิสระ มีหลายทางเลือกที่เป็นไปได้ การตรวจคำตอบจึงใช้เวลายุ่งยากและการให้คะแนนไม่มีความเป็นปรนัย ดังนั้นการตรวจให้คะแนนแบบรูบรีค (Scoring Rubric) จึงเหมาะสมเนื่องจากมีแนวทางในการตอบที่เป็นไปได้และกำหนดเกณฑ์การให้คะแนนชัดเจน

4. แบบทดสอบแบบอัตนัยประยุกต์ (Serial Question Test) โดยใช้ข้อคำถามที่มีลักษณะคล้ายคลึงกับข้อคำถามแบบอัตนัยในลักษณะของการกำหนดสถานการณ์ให้แก้ปัญหา แต่ข้อคำถามแบบอัตนัยประยุกต์จะแบ่งการให้ข้อมูลของสถานการณ์ออกเป็นส่วนย่อย ๆ และให้นักเรียนพิจารณาทีละส่วนที่ต่อเนื่องกัน พร้อมแทรกคำถามที่เฉพาะเจาะจงตามกระบวนการของการแก้ปัญหาตั้งแต่ต้นจนถึงขั้นสุดท้าย ซึ่งข้อดีคือสามารถวัดการแก้ปัญหาได้ตามขั้นตอนหรือกระบวนการแก้ปัญหา ส่วนข้อจำกัดที่พบจะเกี่ยวข้องกับการดำเนินการสอบ เช่น การพลิกไปดูเอกสารข้างหน้าหรือย้อนกลับไปแก้ไขคำตอบ การควบคุมเวลาในการคิดคำตอบ ความสับสนในการแจกข้อสอบกรณีใช้ข้อสอบจำนวนหลายชุด เป็นต้น

5. แบบทดสอบแบบปรนัยประยุกต์ ได้รับการพัฒนาขึ้นเพื่อแก้ปัญหการตรวจให้คะแนนของแบบอัตนัยประยุกต์ในส่วนของความเป็นปรนัยของการตรวจ เวลาในการตรวจ และการนำไปใช้กับผู้รับการทดสอบจำนวนมาก โครงสร้างของแบบทดสอบปรนัยประยุกต์มีลักษณะกำหนดสถานการณ์ย่อย ๆ ต่อเนื่องกันคล้ายแบบอัตนัยประยุกต์ แตกต่างสอดแทรกข้อคำถามแบบเลือกตอบในสถานการณ์ย่อยจนครบสมบูรณ์

6. แบบทดสอบแบบการวัด 3 ชั้น (Triple Jump Assessment) เป็นการทดสอบปากเปล่าในลักษณะเผชิญกับสถานการณ์ปัญหาที่เป็นจริง ข้อดีของการประเมินแบบนี้คือสามารถประเมินการแก้ปัญหาได้ดีและสามารถตรวจสอบเบื้องหลังความเข้าใจหลักการที่นำมาแก้ปัญหา แต่มีข้อจำกัดเกี่ยวกับการดำเนินการสอบและการตรวจให้คะแนนใช้ระยะเวลาานาน จึงควรใช้กับ

ผู้รับการทดสอบจำนวนน้อย ซึ่งส่วนใหญ่นำไปใช้กับทางการแพทย์ในกระบวนการแก้ปัญหาผู้ป่วย ประกอบด้วย 3 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นตอนการตอบปัญหาจากสถานการณ์จริง ขั้นการศึกษาค้นคว้าจากแหล่งข้อมูลต่าง ๆ และขั้นสรุปผลหรือปัญหา

จึงสรุปได้ว่า การวัดและประเมินความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ มี 6 รูปแบบ ได้แก่ แบบทดสอบการจัดการปัญหา แบบทดสอบแบบปรนัย แบบทดสอบแบบอัตนัย แบบทดสอบแบบอัตนัยประยุกต์ แบบทดสอบแบบปรนัยประยุกต์ และแบบทดสอบแบบการวัด 3 ขั้น โดยเกณฑ์การให้คะแนนจะเป็นแบบถูกผิดและแบบรูบริค (Scoring Rubric)

7.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์

ศิริพิมล หงษ์เหมและสุเทพ อ่วมเจริญ (2557, น. 91-103) ศึกษาการพัฒนาความสามารถในการคิดแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์และคุณลักษณะใฝ่เรียนรู้ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ โดยมีความมุ่งหมายเพื่อศึกษาความสามารถในการคิดแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ ซึ่งเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย คือ แบบทดสอบความสามารถในการคิดแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ เป็นแบบทดสอบอัตนัยให้คะแนนแยกองค์ประกอบย่อยตามขั้นตอนการแก้ปัญหา คือ การทำความเข้าใจปัญหา การวางแผนแก้ปัญหา การดำเนินการแก้ปัญหาและการประเมิน ผลทดสอบท้ายแผนการจัดการเรียนรู้ แผนละ 1 ข้อ และหลังการจัดการเรียนรู้ จำนวน 2 ข้อรวมทั้งหมด 7 ข้อ พบว่าคุณภาพเครื่องมือมีความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา จากดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับนิยามศัพท์ (IOC) มีค่าเท่ากับ 1.00 และค่าความเชื่อมั่นทั้งฉบับเท่ากับ 0.76

มัทนี เสียงเสนาะ (2559) ศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน การคิดแก้ปัญหา และความคงทนทางการเรียนรู้วิชาชีววิทยาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้นและแบบปกติ โดยใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมตัวแปรพหุนามแบบวัดซ้ำ โดยมีจุดมุ่งหมายเพื่อเปรียบเทียบการคิดแก้ปัญหาของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้นและแบบปกติหลังเรียนทันที โดยมีความรู้เดิมเป็นตัวแปรร่วม ซึ่งมีเครื่องมือที่ใช้คือแบบทดสอบวัดการคิดแก้ปัญหาแบบอัตนัย จำนวน 5 ข้อ และกำหนดเกณฑ์การให้คะแนนรูบริคแบบแยกส่วน (Analytic Rubrics) พบว่าคุณภาพของเครื่องมือมีเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา จากดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับนิยามศัพท์ (IOC) มีค่าอยู่ระหว่าง 0.80 – 1.00 ความยากง่าย (p) มีค่าอยู่ระหว่าง 0.467 – 0.490 อำนาจจำแนก (r) มีค่าอยู่

ระหว่าง 0.92 – 0.98 และความเชื่อมั่นทั้งฉบับ (Reliability) โดยใช้สัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค (Cronbach's Alpha method) มีค่าเท่ากับ 0.81

ภูรินทร์ แตนน้อย (2559) ศึกษาการพัฒนา รูปแบบการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ สาระที่ 6: โลกและการเปลี่ยนแปลง เพื่อส่งเสริมทัศนคติและความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โดยมีจุดมุ่งหมายเพื่อศึกษาประสิทธิผลของการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ สาระที่ 6 โลกและการเปลี่ยนแปลง เพื่อส่งเสริมทัศนคติและความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย คือ แบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ แบ่งเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนที่ 1 แบบทดสอบความสามารถในการแก้ปัญหาโดยใช้ข้อคำถามแบบเลือกตอบ 4 ตัวเลือก และส่วนที่ 2 เป็นแบบทดสอบความสามารถในการแก้ปัญหาโดยใช้ข้อคำถามแบบอัตนัย ซึ่งรูปแบบของข้อคำถามเป็นการกำหนดแบบสถานการณ์มาให้ และใช้ข้อคำถามสอดคล้องกับกระบวนการของการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ตามแนวคิดของ คิวมอลซ์ (Quellmalz, 1985) 5 ขั้นตอน ได้แก่ การระบุปัญหา การตั้งสมมติฐาน การรวบรวมข้อมูลหรือองค์ความรู้เพื่อใช้ในการพิจารณาแก้ปัญหา การเสนอวิธีการแก้ปัญหา และการคาดการณ์ลักษณะของผลที่ได้ โดยเกณฑ์ในการให้คะแนนส่วนที่เป็นปรนัยเลือกตอบ ใช้ตอบถูกได้ 1 คะแนน ตอบผิด ได้ 0 คะแนน ส่วนที่เป็นอัตนัยให้คะแนน 3 ระดับ คือ ตอบถูกต้องและชัดเจน ได้ 3 คะแนน ตอบถูกต้องแต่ไม่ครบถ้วนหรือไม่ชัดเจน ได้ 2 คะแนน และตอบไม่ถูกหรือไม่ตอบ ได้ 1 คะแนน พบว่าคุณภาพเครื่องมือมีความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา จากดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับวัตถุประสงค์ (IOC) ระหว่าง 0.67 – 1.00 ค่าความยากง่าย (p) ระหว่าง 0.33 – 0.63 ค่าอำนาจจำแนก (r) ระหว่าง 0.27 – 0.67 และความเชื่อมั่นทั้งฉบับ แบ่งเป็น 2 ส่วน ซึ่งส่วนที่เป็นปรนัยแบบเลือกตอบ ใช้วิธีการคูเดอร์ ริชาร์ดสัน (KR-20) มีค่าเท่ากับ 0.81 ส่วนที่เป็นอัตนัยใช้วิธีการทางสถิติสหสัมพันธ์ของเพียร์สันมีค่าเท่ากับ 0.83

มนตรา พึ่งไพศาล (2561) การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์และการเปลี่ยนแปลงของลีลาการเรียนรู้นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการสะเต็มศึกษาร่วมกับวัฏจักรการเรียนรู้ของคอร์ป โดยมีจุดมุ่งหมายเพื่อ 1) เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการคิดแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนก่อนและหลังได้รับการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการสะเต็มศึกษาร่วมกับวัฏจักรการเรียนรู้ของคอร์ป ซึ่งเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย คือ แบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งเป็นแบบทดสอบแบบอัตนัย 4 ข้อ ประกอบด้วย

ข้อความที่แสดงสถานการณ์ที่เกี่ยวข้องกับปัญหาทางวิทยาศาสตร์ จำนวน 4 สถานการณ์ แต่ละสถานการณ์จะตั้งคำถาม 4 ข้อ ให้สอดคล้องกับกระบวนการของการแก้ปัญหาตามแนวคิดของเวียร์ พบว่าคุณภาพเครื่องมือ มีความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา จากค่าดัชนีระหว่างข้อคำถามกับพฤติกรรม (IOC) มีค่าระหว่าง 0.60 - 1.00 ค่าความยากง่าย (p) อยู่ระหว่าง 0.41 - 0.58 ค่าอำนาจจำแนก (r) อยู่ระหว่าง 0.42 - 0.68 และความเชื่อมั่นทั้งฉบับ โดยใช้สัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาคมีค่าเท่ากับ 0.61 ซึ่งผลการวิจัยพบว่า หลังจากนักเรียนได้รับการจัดการเรียนรู้แล้วมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์สูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากการศึกษางานวิจัยที่กล่าวมาข้างต้น สามารถสรุปได้ว่า ความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ใช้เครื่องมือในการวัดเป็นแบบทดสอบปรนัยและอัตนัย ที่มีการกำหนดสถานการณ์มาให้ผู้ตอบโดยครอบคลุมกระบวนการของความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ ดังนั้นในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยจึงสร้างแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ ลักษณะเป็นอัตนัย โดยสร้างสถานการณ์มา 1 สถานการณ์ ใช้ตอบคำถาม 4 ข้อ ซึ่งในแต่ละข้อคำถามสอดคล้องกับกระบวนการของการแก้ปัญหาตามแนวคิดของเวียร์ (Weir, 1974, p. 16-18) ที่เสนอขั้นตอนในการแก้ปัญหาไว้ 4 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นระบุปัญหาหรือวิเคราะห์ปัญหา ขั้นการวิเคราะห์หาสาเหตุปัญหา ขั้นนำเสนอแนวทางการแก้ปัญหาหรือตั้งสมมติฐาน และขั้นการตรวจสอบผลลัพธ์ และเกณฑ์การให้คะแนนจะใช้เกณฑ์การให้คะแนนรูปริคแบบแยกส่วน (Analytic Rubrics) เพื่อความชัดเจนในการตรวจให้คะแนนและตัดสินผล

จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องที่กล่าวมาทั้งหมดข้างต้นสามารถสรุปได้ว่า การจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาร่วมกับเทคนิคกลุ่มร่วมมือ เป็นการจัดการเรียนรู้ที่บูรณาการ 4 ศาสตร์วิชาได้แก่ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี กระบวนการทางวิศวกรรม และคณิตศาสตร์ ซึ่งเรียนรู้ผ่านกิจกรรมที่ให้นักเรียนทำงานร่วมกันเป็นกลุ่ม โดยมีการระบุนำที่ความรับผิดชอบตามความถนัดหรือความสนใจ ซึ่งเมื่อนักเรียนได้ใช้ความสามารถในการคิดบูรณาการศาสตร์วิชาที่มีความแตกต่างกันจะทำให้ให้นักเรียนเกิดความคิดหลากหลายแง่มุมที่แตกต่างจากปกติทั่วไป และเมื่อเกิดปัญหาขณะดำเนินกิจกรรม นักเรียนจะนำความรู้ กระบวนการทางวิทยาศาสตร์และวิศวกรรมมาใช้ในการวิเคราะห์หาคำตอบ เพื่อตัดสินใจและแก้ปัญหาที่เกิดขึ้น ส่วนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) ซึ่งเป็นการจัดการเรียนรู้ที่ผู้สอนรายวิชาวิทยาศาสตร์ใช้ในการจัดการเรียนรู้ให้กับนักเรียน เพื่อให้นักเรียนสามารถสร้างองค์ความรู้ได้ด้วย

ตนเอง โดยขั้นตอนของกระบวนการเรียนรู้ขาดขั้นตอนที่ให้นักเรียนได้ออกแบบสร้างสรรค์ผลงานของตนเอง ด้วยเหตุนี้เมื่อนักเรียนได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาร่วมกับเทคนิคกลุ่มร่วมมือจะส่งผลให้นักเรียนได้พัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์และความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ของตนเอง นอกจากนี้เมื่อนักเรียนได้ทำงานร่วมกันเป็นกลุ่มนักเรียนจะแสดงทักษะการทำงานเป็นทีมที่แฝงอยู่ในตัวบุคคลออกมาเพื่อช่วยกันแก้ปัญหาหรือสร้างสรรค์ผลงานให้บรรลุเป้าหมายที่ตั้งไว้ อีกทั้งการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาและการจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือยังพัฒนาทักษะการทำงานเป็นทีมของนักเรียนอีกด้วย ฉะนั้นทักษะการทำงานเป็นทีมจึงเป็นอีกตัวแปรหนึ่งที่ต้องควบคุมไม่ให้ส่งผลต่อความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์และความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน ซึ่งในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยจึงตั้งสมมติฐานไว้ว่า นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาร่วมกับการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคกลุ่มร่วมมือมีความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์และความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน และนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาร่วมกับเทคนิคกลุ่มร่วมมือ มีความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์และความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์สูงกว่าจากนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) เมื่อควบคุมอิทธิพลของทักษะการทำงานเป็นทีม

บทที่ 3

วิธีการดำเนินการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ดำเนินการตามขั้นตอน ดังนี้

1. การกำหนดประชากรและการสุ่มตัวอย่าง
2. เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัย
3. การกำหนดระยะเวลาในการวิจัย
4. แบบแผนที่ใช้ในการวิจัย
5. การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
6. การดำเนินการทดลอง
7. การจัดกระทำและการวิเคราะห์ข้อมูล

1. การกำหนดประชากรและตัวอย่าง

ประชากรในการวิจัย

ประชากรในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ของโรงเรียนการศึกษานานาชาติ กรุงเทพมหานคร เขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 2 ปีการศึกษา 2564 จำนวน 18,673 คน (สารสนเทศสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 2, ออนไลน์)

ตัวอย่างในการวิจัย

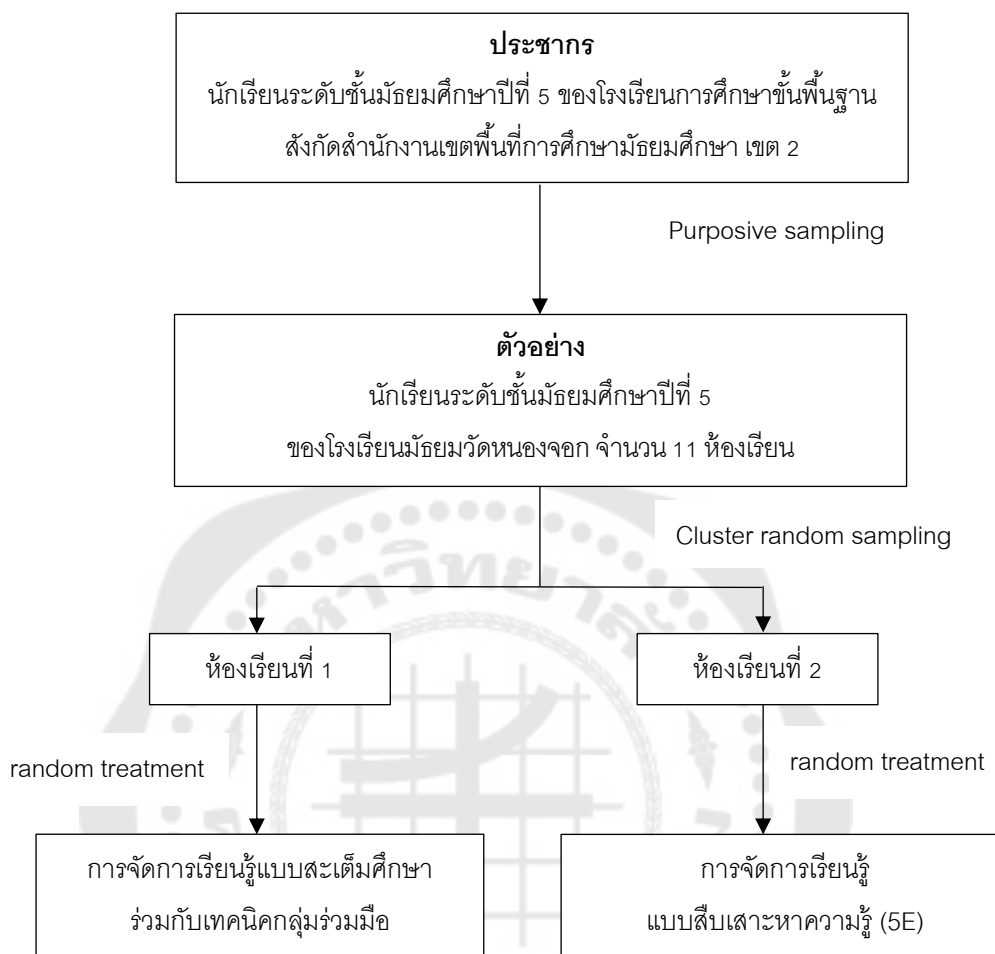
ตัวอย่างในการวิจัยครั้งนี้ เป็นนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2564 โรงเรียนมัธยมวัดหนองจอก ซึ่งกำหนดขนาดตัวอย่างด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป G*Power 3.1.9.4 โดยกำหนดขนาดอิทธิพลจากงานวิจัยของ พนิตธิดา รุ่งแจ้ง (2560, น. 88) ได้ค่าขนาดอิทธิพลเท่ากับ 1.14 ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ทำให้ได้ตัวอย่างรวมทั้งสิ้นจำนวน 36 คน โดยแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มทดลอง จำนวน 18 คน และกลุ่มควบคุม จำนวน 18 คน จากนั้นผู้วิจัยจึงใช้การเลือกแบบหลายขั้นตอน (multi-stage sampling) ดังนี้

ขั้นที่ 1 การเลือกแบบเจาะจง (purposive sampling) โดยใช้เกณฑ์ในการพิจารณา คือ โรงเรียนสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษากรุงเทพมหานคร เขต 2 ที่มีผลการทดสอบทางการศึกษาระดับชาตินานาชาติ (O-NET) ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ปีการศึกษา 2560 - 2562 ในรายวิชาวิทยาศาสตร์ใกล้เคียงกับค่าเฉลี่ยของระดับเขตพื้นที่ และเป็นโรงเรียนที่สามารถให้ความร่วมมือได้จนจบกระบวนการวิจัย จึงได้โรงเรียนมัธยมวัดหนองจอกซึ่งมีจำนวนนักเรียนทั้งสิ้น 11 ห้องเรียน

ขั้นที่ 2 การสุ่มแบบแบ่งกลุ่ม (cluster random sampling) โดยกำหนดห้องเรียนเป็นหน่วยการสุ่ม ซึ่งได้ห้องเรียนที่เป็นตัวอย่าง จำนวน 2 กลุ่ม หลังจากนั้นผู้วิจัยจึงทำการสุ่มสิ่งทดลอง (random treatment) โดยกลุ่มทดลองจะได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาร่วมกับเทคนิคกลุ่มร่วมมือ ส่วนกลุ่มควบคุมจะได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) ดังแสดงในภาพประกอบ 3

เมื่อเสร็จสิ้นกระบวนการวิจัย ผู้วิจัยทำการชดเชยให้นักเรียนที่ได้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาร่วมกับเทคนิคกลุ่มร่วมมือในการสร้างสรรค์ผลงาน เพื่อให้นักเรียนรู้สึกได้รับการจัดการเรียนการสอนอย่างเท่าเทียมกับนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาร่วมกับเทคนิคกลุ่มร่วมมือ





ภาพประกอบ 3 ขั้นตอนการเลือกตัวอย่าง

2. เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัย

ขอบเขตของเนื้อหาที่ในการวิจัยครั้งนี้ อยู่ในสาระพินิจที่ 2 เข้าใจการเคลื่อนไหวที่แบบฮาร์โมนิกอย่างง่าย ธรรมชาติของคลื่น เสียงและการได้ยิน ปรัชญาการณที่เกี่ยวกับเสียง แสง และการเห็น ปรัชญาการณที่เกี่ยวกับแสง รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์ โดยใช้หนังสือเรียน รายวิชาเพิ่มเติม พินิจ เล่ม 4 จัดทำโดยสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี กระทรวงศึกษาธิการ เรื่อง เสียง เหตุผลที่ผู้วิจัยเลือกใช้เรื่อง เสียง เนื่องจากเรื่องนี้มีเนื้อหาเป็นนามธรรม โดยเฉพาะในส่วนที่เป็นทฤษฎีไม่สามารถสังเกตเห็นได้ด้วยตา ต้องใช้ประสาทสัมผัสส่วนอื่นในการเรียนรู้ และมีความเหมาะสมในการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาร่วมกับการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคกลุ่มร่วมมือ ซึ่งมีหน่วยการเรียนรู้ย่อย 3 หน่วย ดังนี้

- หน่วยการเรียนรู้ที่ 1 ธรรมชาติของเสียง
- หน่วยการเรียนรู้ที่ 2 การได้ยินเสียง
- หน่วยการเรียนรู้ที่ 3 ปรัชญาการณ์ของเสียง

3. การกำหนดระยะเวลาในการวิจัย

ระยะเวลาที่ใช้ในการทดลองในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2564 โดยใช้เวลาดทดลองรวม 28 คาบเรียน แบ่งเป็นทำการสอน 24 คาบเรียน คาบเรียนละ 50 นาที และประเมินทักษะการทำงานเป็นทีม ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ และความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ก่อนเรียน 2 คาบเรียน และหลังเรียน 2 คาบเรียน ดังรายละเอียดต่อไปนี้

หน่วยการเรียนรู้ที่ 1 ธรรมชาติของเสียง	8	คาบ
หน่วยการเรียนรู้ที่ 2 การได้ยินเสียง	8	คาบ
หน่วยการเรียนรู้ที่ 3 ปรัชญาการณ์ของเสียง	8	คาบ

4. แบบแผนการทดลอง

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยใช้แบบแผนการทดลองแบบกึ่งทดลอง (Quasi-experimental design) เป็นแบบแผน 2 กลุ่ม วัดก่อนและหลังและมีกลุ่มควบคุม แต่ไม่มีการสุ่มแบบสมบรูณ์ (Nonrandomized control group pretest-posttest design) ดังแสดงในตาราง 5 (อิทธิพัทธ์ สุวทันพรกุล, 2561, น. 145)

ตาราง 5 แบบแผนการทดลอง

ตัวอย่าง	ก่อน	ทดลอง	หลัง
กลุ่ม 1	Obs	Tx	Obs
กลุ่ม 2	Obs	-	Obs

- เมื่อ
- กลุ่ม 1 แทน กลุ่มทดลอง
 - กลุ่ม 2 แทน กลุ่มควบคุม
 - Tx แทน การจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาร่วมกับเทคนิคกลุ่มร่วมมือ
 - แทน การจัดการเรียนรู้ด้วยรูปแบบสืบเสาะหาความรู้ (5E)

Obs แทน การวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์และ
ความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ก่อน
และหลังเรียน

5. การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. แผนการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา ร่วมกับเทคนิคกลุ่มร่วมมือ	จำนวน 6 แผน
2. แผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E)	จำนวน 6 แผน
3. แบบประเมินทักษะการทำงานเป็นทีม	จำนวน 2 ฉบับ
4. แบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์	จำนวน 1 ฉบับ
5. แบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทาง วิทยาศาสตร์	จำนวน 1 ฉบับ

ขั้นตอนในการสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. แผนการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาร่วมกับเทคนิคกลุ่มร่วมมือ

1.1 ศึกษาและวิเคราะห์ข้อมูลพื้นฐานแนวคิด ทฤษฎี เอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องรวมทั้งหลักสูตรแกนกลางและมาตรฐานการเรียนรู้วิชาฟิสิกส์ ระดับมัธยมศึกษาปีที่ 5 ของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) และวิธีการเขียนแผนการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาและเทคนิคกลุ่มร่วมมือ ซึ่งผลการศึกษาได้ข้อมูลพื้นฐานเกี่ยวกับเนื้อหาวิชาฟิสิกส์และองค์ประกอบของแผนการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาและเทคนิคกลุ่มร่วมมือ ซึ่งใช้เป็นข้อมูลในการเขียนแผนการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาร่วมกับเทคนิคกลุ่มร่วมมือต่อไป

1.2 สร้างแผนการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาร่วมกับเทคนิคกลุ่มร่วมมือ รายวิชา ฟิสิกส์ ระดับมัธยมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 6 แผน ซึ่งแต่ละแผนมีองค์ประกอบ ดังนี้ ส่วนที่ 1 ประกอบด้วย ชื่อเรื่อง จำนวนคาบเรียน/ชั่วโมง จำนวนหน่วยกิต ชั้น วิชา รหัสวิชา ครูผู้สอน ภาคเรียนและปีการศึกษา ส่วนที่ 2 ประกอบด้วย มาตรฐานการเรียนรู้ ผลการเรียนรู้ จุดประสงค์ การเรียนรู้ สาระสำคัญ สาระการเรียนรู้ คุณลักษณะอันพึงประสงค์ สมรรถนะสำคัญของนักเรียน กระบวนการจัดการเรียนรู้ สื่อการเรียนรู้ การวัดและประเมินผล และส่วนที่ 3 บันทึกหลังแผนโดย กำหนดหน่วยการเรียนรู้ที่ 1 ธรรมชาติของเสียง จำนวน 2 แผน หน่วยการเรียนรู้ที่ 2 การได้ยินเสียง จำนวน 2 แผน และหน่วยการเรียนรู้ที่ 3 ปฏิกิริยาการณ์ของเสียง จำนวน 2 แผน

1.3 นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่สร้างขึ้นไปเสนออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์และอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม เพื่อพิจารณาความถูกต้อง ความสอดคล้องระหว่างรูปแบบการจัดการเรียนรู้กับจุดประสงค์การเรียนรู้ เนื้อหา และขั้นตอนการจัดการเรียนรู้

1.4 นำแผนการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาร่วมกับเทคนิคกลุ่มร่วมมือที่สร้างไปเสนอผู้เชี่ยวชาญทางการสอนฟิสิกส์ วิทยฐานะ ระดับชำนาญการพิเศษ จำนวน 2 ท่าน และวิทยฐานะ ระดับเชี่ยวชาญ จำนวน 1 ท่าน รวมทั้งหมด 3 ท่าน (ดังรายนามในภาคผนวก ก) เพื่อตรวจสอบความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาร่วมกับเทคนิคกลุ่มร่วมมือ โดยพบว่าค่าความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้ทั้ง 6 แผนมีค่าอยู่ระหว่าง 4.41 - 4.84 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าแผนการจัดการเรียนรู้มีความเหมาะสมมากถึงมากที่สุด

1.5 ปรับปรุงแผนการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาร่วมกับเทคนิคกลุ่มร่วมมือตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ ทั้งนี้ผู้เชี่ยวชาญให้ปรับปรุงสถานการณ์ปัญหาให้สอดคล้องกับชีวิตประจำวันและนักเรียนสามารถดำเนินกิจกรรมจนเกิดผลสำเร็จได้ จากนั้นนำแผนการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาร่วมกับเทคนิคกลุ่มร่วมมือที่ใช้กับตัวอย่างต่อไป

2. แผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E)

2.1 ศึกษาและวิเคราะห์ข้อมูลพื้นฐานแนวคิด ทฤษฎี เอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง รวมทั้งหลักสูตรแกนกลางและมาตรฐานการเรียนรู้วิชาฟิสิกส์ ระดับมัธยมศึกษาปีที่ 5 ของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) และวิธีการเขียนแผนการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาและการจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือ ซึ่งผลการศึกษาได้ข้อมูลพื้นฐานเกี่ยวกับเนื้อหาวิชาฟิสิกส์และองค์ประกอบของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) ซึ่งใช้เป็นข้อมูลในการเขียนแผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E)

2.2 สร้างการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) รายวิชา ฟิสิกส์ ระดับมัธยมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 6 แผน ซึ่งแต่ละแผนมีองค์ประกอบ ดังนี้ ส่วนที่ 1 ประกอบด้วย ชื่อเรื่อง จำนวนคาบเรียน/ชั่วโมง จำนวนหน่วยกิต ชั้น วิชา รหัสวิชา ครูผู้สอน ภาคเรียนและปีการศึกษา ส่วนที่ 2 ประกอบด้วย มาตรฐานการเรียนรู้ ผลการเรียนรู้ จุดประสงค์การเรียนรู้ สาระสำคัญ สาระการเรียนรู้ คุณลักษณะอันพึงประสงค์ สมรรถนะสำคัญของนักเรียน กระบวนการจัดการเรียนรู้ สื่อการเรียนรู้การวัดและประเมินผล และส่วนที่ 3 บันทึกหลังแผน โดยกำหนดหน่วยการเรียนรู้ที่ 1 ธรรมชาติของเสียง จำนวน 2 แผน หน่วยการเรียนรู้ที่ 2 การได้ยินเสียง จำนวน 2 แผน และหน่วยการเรียนรู้ที่ 3 ปฏิกิริยาการได้ยินของเสียง จำนวน 2 แผน

2.3 นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่สร้างขึ้นไปเสนออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์และอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม เพื่อพิจารณาความถูกต้อง ความสอดคล้องระหว่างรูปแบบการจัดการเรียนรู้กับจุดประสงค์การเรียนรู้ เนื้อหา และขั้นตอนการจัดการเรียนรู้

2.4 นำการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) ที่สร้างไปเสนอผู้เชี่ยวชาญทางการสอนฟิสิกส์ วิทยฐานะ ระดับชำนาญการพิเศษ จำนวน 2 ท่าน และวิทยฐานะ ระดับเชี่ยวชาญ จำนวน 1 ท่าน รวมทั้งหมด 3 ท่าน (ดังรายนามในภาคผนวก ก) เพื่อตรวจสอบความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) โดยพบว่าค่าความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้ทั้ง 6 แผนมีค่าอยู่ระหว่าง 4.64 - 4.89 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าแผนการจัดการเรียนรู้มีความเหมาะสมมากที่สุด

2.5 ปรับปรุงแผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) ตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ ทั้งนี้ผู้เชี่ยวชาญให้ปรับปรุงเรื่องสัญลักษณ์ที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้ให้ถูกต้อง จากนั้นนำแผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) ไปใช้กับตัวอย่างต่อไป

โดยการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาร่วมกับเทคนิคกลุ่มร่วมมือและการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) มีรายละเอียดดังตาราง 6

ตาราง 6 แสดงการเปรียบเทียบการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาร่วมกับเทคนิคกลุ่มร่วมมือกับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E)

การจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาร่วมกับเทคนิคกลุ่มร่วมมือ	การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E)
<p>ขั้นที่ 1 การระบุปัญหา</p> <p>เป็นขั้นที่ผู้สอนนำเสนอตัวอย่างสถานการณ์ เพื่อกระตุ้นให้นักเรียนเกิดความสนใจ อยากศึกษาค้นคว้า อยากปฏิบัติ และจากนั้นจัดกลุ่มนักเรียนออกเป็นกลุ่มย่อย ซึ่งลดความสามารถเก่ง ปานกลางและอ่อนร่วมกันทำความเข้าใจปัญหา วิเคราะห์เงื่อนไข เพื่อกำหนดประเด็นปัญหาจากสถานการณ์</p>	<p>ขั้นที่ 1 สร้างความสนใจ</p> <p>เป็นขั้นที่ผู้สอนกระตุ้นความสนใจหรือทบทวนความรู้และประสบการณ์เดิมของนักเรียน เพื่อนำเข้าสู่บทเรียน โดยการซักถาม การเปิดวิดีโอทัศน์ และการสาธิตให้นักเรียนเกิดคำถาม</p>
<p>ขั้นที่ 2 รวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา</p> <p>เป็นขั้นที่นักเรียนร่วมกันกำหนดหัวข้อที่ต้องการศึกษา รวบรวมเอกสาร แนวคิดทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี จากนั้นให้นักเรียนในกลุ่มแต่ละคนเลือกหัวข้อที่ต้องการศึกษาตามความสนใจหรือความถนัดของตนเอง พร้อมทั้งแบ่งหน้าที่รับผิดชอบตามหัวข้อที่แต่ละคนได้เลือกไว้ และให้นักเรียนแต่ละคนนำข้อมูลจากหัวข้อที่ศึกษามารวมกัน ร่วมกันอภิปราย แลกเปลี่ยนแนวคิด ประเมินความเป็นไปได้ของแนวคิด</p> <p>การแก้ปัญหา โดยคำนึงถึงทรัพยากร ข้อจำกัดและเงื่อนไขตามสถานการณ์ที่กำหนด</p>	<p>ขั้นที่ 2 สำรวจและค้นหา</p> <p>เป็นขั้นที่นักเรียนวางแผน ตั้งสมมติฐาน เพื่อกำหนดแนวทางในเก็บรวบรวมข้อมูล โดยมีผู้สอนเป็นผู้กระตุ้น แนะนำ และอำนวยความสะดวกให้นักเรียนเกิดการค้นพบ</p>
<p>ขั้นที่ 3 ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา</p> <p>เป็นขั้นที่นักเรียนแต่ละกลุ่มนำแนวทางการแก้ปัญหาที่ได้จากขั้นที่ 2 มาออกแบบชิ้นงาน โดยคำนึงถึงทรัพยากร ข้อจำกัดและเงื่อนไขตามสถานการณ์ที่กำหนด</p>	<p>ขั้นที่ 3 อธิบายและลงเอกสารสรุป</p> <p>เป็นขั้นที่นักเรียนนำเอกสารที่สืบค้นได้มาวิเคราะห์ สรุปผล อภิปราย และนำเสนอ โดยมีครูเป็นผู้ให้ความรู้หรือข้อมูลเพิ่มเติม</p>

ตาราง 6 แสดงการเปรียบเทียบการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาร่วมกับเทคนิคกลุ่มร่วมมือกับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) (ต่อ)

การจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา ร่วมกับการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคร่วมมือ	การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E)
<p>ขั้นที่ 4 วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา เป็นขั้นที่นักเรียนกำหนดลำดับขั้นตอนสร้างชิ้นงาน และแบ่งหน้าที่รับผิดชอบตามขั้นตอนต่าง ๆ โดยให้ สมาชิกได้เลือกตามความสนใจ พร้อมทั้งลงมือปฏิบัติ ตามหน้าที่ที่ได้รับมอบหมาย</p>	<p>ขั้นที่ 4 ขยายความรู้ เป็นขั้นที่นักเรียนได้ทำกิจกรรม โดยผู้สอนตั้ง คำถามกระตุ้นให้นักเรียนนำความรู้ความเข้าใจ ของตนเองมาประยุกต์ใช้และแลกเปลี่ยน ความคิดเห็นร่วมกัน</p>
<p>ขั้นที่ 5 ทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุงแก้ไข วิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน เป็นขั้นที่นักเรียนนำผลงานที่สร้างเสร็จแล้วมา ทำการทดสอบผล ปรับปรุงแก้ไข สรุปผลการทดสอบ และประเมินผล โดยประเมินผลทั้งกระบวนการ ทำงานและผลงาน เพื่อนำไปเขียนรายงานผลการ ปฏิบัติงาน พร้อมเตรียมการนำเสนอผลงานหน้าชั้น เรียนต่อไป โดยผู้สอนเป็นผู้ช่วยเหลือ ดูแล แนะนำ และอำนวยความสะดวกในการทำงานให้แก่ นักเรียน</p>	<p>ขั้นที่ 5 ประเมินผล เป็นขั้นประเมินการเรียนรู้ของนักเรียน โดยใช้ แบบฝึกหัด แบบทดสอบ และการจัดปಾಯินเทศ นำเสนอ ซึ่งเป็นการประเมินผลรายบุคคลและ รายกลุ่ม</p>
<p>ขั้นที่ 6 นำเสนอผลงาน เป็นขั้นที่นักเรียนแต่ละกลุ่มจะต้องเป็นผู้สรุปผล การทำงาน และนำเสนอชิ้นงานของตน โดย การนำเสนอหน้าชั้นเรียนที่ละกลุ่ม ผู้สอนและนักเรียน ร่วมกันอภิปรายผลงาน แนะนำการปรับปรุงแก้ไข และผู้สอนเป็นผู้ประเมินผลกระบวนการทำงานและ ชิ้นงาน</p>	

3. แบบประเมินทักษะการทำงานเป็นทีม

3.1 ศึกษาและวิเคราะห์ข้อมูลพื้นฐาน แนวคิด ทฤษฎี เอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับทักษะการทำงานเป็นทีม องค์ประกอบและการวัดทักษะการทำงานเป็นทีม ผลจากการศึกษาข้อมูลที่ได้นำมาเป็นแนวทางในสร้างแบบประเมินทักษะการทำงานเป็นทีม ซึ่งในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยยึดองค์ประกอบทักษะการทำงานเป็นทีมตามแนวคิดของ ธีระเดช รุ่งมงคล (2555, น. 23-29) โดยมีโครงสร้างของแบบประเมินทักษะการทำงานเป็นทีมดังตาราง 7 อีกทั้งปรับ

ข้อคำถามจากงานวิจัยของ ประพนธ์ สูดตา (2561: 93) และพิชญา เจริญผล (2561, น. 117-119) อีกทั้งเกณฑ์ การให้คะแนนเป็นแบบมาตราประมาณค่า 5 ระดับ ดังนี้ (ล้วน สายยศและอังคณา สายยศ, 2543, น. 90-93)

5 หมายถึง สอดคล้องกับพฤติกรรมมากที่สุด

4 หมายถึง สอดคล้องกับพฤติกรรมมาก

3 หมายถึง สอดคล้องกับพฤติกรรมปานกลาง

2 หมายถึง สอดคล้องกับพฤติกรรมน้อย

1 หมายถึง สอดคล้องกับพฤติกรรมน้อยที่สุด

สำหรับเกณฑ์การแปลความหมาย เป็นดังนี้

ช่วงคะแนน 4.50 – 5.00 หมายถึง มีระดับทักษะการทำงานมากที่สุด

ช่วงคะแนน 3.50 – 4.49 หมายถึง มีระดับทักษะการทำงานมาก

ช่วงคะแนน 2.50 – 3.49 หมายถึง มีระดับทักษะการทำงานปานกลาง

ช่วงคะแนน 1.50 – 2.49 หมายถึง มีระดับทักษะการทำงานน้อย

ช่วงคะแนน 1.00 – 1.49 หมายถึง มีระดับทักษะการทำงานน้อยที่สุด

ตาราง 7 โครงสร้างของแบบประเมินทักษะการทำงานเป็นทีม

องค์ประกอบ	จำนวนข้อ
ด้านผู้นำทีม	7
ด้านสมาชิกของทีม	7
ด้านกระบวนการในการทำงานเป็นทีม	9
รวม	23

3.2 นำแบบประเมินทักษะการทำงานเป็นทีมฉบับนักเรียนประเมินตนเองและฉบับผู้สอนประเมินนักเรียนที่สร้างขึ้นไปเสนออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์และอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม เพื่อตรวจสอบความถูกต้อง ความเหมาะสมของภาษาและเนื้อหาที่ใช้ จากนั้นจึงทำการปรับปรุงให้มีความสมบูรณ์ก่อนนำไปเสนอผู้เชี่ยวชาญต่อไป

3.3 นำแบบประเมินทักษะการทำงานเป็นทีมฉบับนักเรียนประเมินตนเองและฉบับผู้สอนประเมินนักเรียนที่แก้ไขปรับปรุงเสนอผู้เชี่ยวชาญทางการสอนฟิสิกส์ วิทยฐานะ ระดับชำนาญการพิเศษ จำนวน 2 ท่าน วิทยฐานะ ระดับเชี่ยวชาญ จำนวน 1 ท่าน ผู้เชี่ยวชาญทาง

การสอนพิลึกที่มีคุณวุฒิระดับปริญญาเอก ตำแหน่งทางวิชาการ ระดับผู้ช่วยศาสตราจารย์ จำนวน 1 ท่าน และผู้เชี่ยวชาญทางการวัด ประเมิน และวิจัยการศึกษาที่มีคุณวุฒิระดับปริญญาเอก ตำแหน่งทางวิชาการ ระดับผู้ช่วยศาสตราจารย์ จำนวน 1 ท่าน รวมทั้งหมด 5 ท่าน (ตั้งรายนามในภาคผนวก ก) เพื่อตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (Content Validity)

3.4 คัดเลือกข้อความที่มีค่าดัชนีความสอดคล้องของข้อคำถามกับนิยามศัพท์เฉพาะ (Index of item objective congruence: IOC) ≥ 0.50 ขึ้นไป ซึ่งพบว่าแบบประเมินทักษะการทำงานเป็นทีมฉบับนักเรียนประเมินตนเองมีค่า IOC อยู่ระหว่าง 0.60 – 1.00 และฉบับผู้สอนประเมินนักเรียนมีค่า IOC อยู่ระหว่าง 0.60 – 1.00 โดยประเด็นที่ต้องปรับปรุง ได้แก่ คำผิด และความเหมาะสมของข้อความที่ใช้

3.5 นำแบบประเมินทักษะการทำงานเป็นทีมฉบับนักเรียนประเมินตนเองปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญไปทดลองใช้กับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 30 คน ผลการวิเคราะห์พบว่า ฉบับนักเรียนประเมินตนเองผ่านเกณฑ์ทั้งหมด 23 ข้อ โดยค่าอำนาจจำแนกรายข้อ (r) มีค่าระหว่าง 0.56 – 1.00 และค่าความเชื่อมั่นทั้งฉบับมีค่าเท่ากับ 0.90 ส่วนฉบับผู้สอนประเมินนักเรียนไปทดลองใช้กับผู้สอนรายวิชาวิทยาศาสตร์ ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 30 คน ผลการวิเคราะห์พบว่า ผ่านเกณฑ์ทั้งหมด 23 ข้อ โดยค่าอำนาจจำแนกรายข้อ (r) มีค่าระหว่าง 0.20 – 0.66 และค่าความเชื่อมั่นทั้งฉบับมีค่าเท่ากับ 0.93 จากนั้นนำแบบประเมินทักษะการทำงานเป็นทีมฉบับนักเรียนประเมินตนเอง และฉบับผู้สอนประเมินนักเรียนมาจัดพิมพ์และนำไปเก็บข้อมูลจริงกับตัวอย่าง

ตัวอย่างแบบประเมินทักษะการทำงานเป็นทีม ฉบับนักเรียนประเมินตนเอง

ข้อ	ข้อความ	ระดับความรู้สึกรู้สึกหรือพฤติกรรม				
		5	4	3	2	1
1	ข้าพเจ้าเข้าใจลักษณะของการทำงานเป็นทีม					
2	ข้าพเจ้าสามารถนำเสนอหรือเผยแพร่ข้อมูลให้ผู้อื่นเข้าใจได้					
3	ข้าพเจ้าสามารถควบคุมอารมณ์โกรธได้					
4	ข้าพเจ้ายอมรับฟังความคิดเห็นของสมาชิกในทีมก่อนตัดสินใจ					
5	ข้าพเจ้าใช้หลักเหตุผลในการตัดสินใจ					
6	ข้าพเจ้ามีมนุษยสัมพันธ์ที่ดีและสามารถร่วมงานได้กับทุกคน					
7	ข้าพเจ้ามักจะมีความคิดที่แปลกใหม่หรือแตกต่างจากผู้อื่น					

ตัวอย่างแบบประเมินทักษะการทำงานเป็นทีม ฉบับผู้สอนประเมินนักเรียน

ข้อ	ข้อความ	ระดับความรู้สึกหรือพฤติกรรม				
		5	4	3	2	1
1	นักเรียนเข้าใจลักษณะของการทำงานเป็นทีม					
2	นักเรียนสามารถนำเสนอหรือเผยแพร่ข้อมูลให้ผู้อื่นเข้าใจได้					
3	นักเรียนสามารถควบคุมอารมณ์โกรธได้					
4	นักเรียนยอมรับฟังความคิดเห็นของสมาชิกในทีมก่อนตัดสินใจ					
5	นักเรียนใช้หลักเหตุผลในการตัดสินใจ					
6	นักเรียนมีมนุษยสัมพันธ์ที่ดีและสามารถร่วมงานได้กับทุกคน					
7	นักเรียนมักจะมีความคิดที่แปลกใหม่หรือแตกต่างจากผู้อื่น					

4. แบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์

4.1 ศึกษาและวิเคราะห์ข้อมูลพื้นฐานจากแนวคิดทฤษฎี เอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ การพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ การวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ และการสร้างแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งผลการศึกษาข้อมูลที่ได้นำมาเป็นแนวทางในสร้างแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ที่มีลักษณะเป็นอัตนัย โดยสร้างสถานการณ์มา 1 สถานการณ์ ใช้ตอบคำถาม 1 ข้อ ซึ่งเป็นไปตามองค์ประกอบความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ตามแนวคิดของทอเรนซ์ Torrance. 1965, p. 663-681) ได้แก่ ด้านความคิดคล่องแคล่วทางวิทยาศาสตร์ ด้านความคิดยืดหยุ่นทางวิทยาศาสตร์ ด้านความคิดริเริ่มทางวิทยาศาสตร์ และด้านความคิดละเอียดลออทางวิทยาศาสตร์ จำนวน 3 สถานการณ์และนำเกณฑ์การให้คะแนนความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ตามแนวคิดของ วณิช สุรารัตน์ (2547, น. 225-226) มาปรับใช้เป็นเกณฑ์ในการพิจารณาตรวจให้คะแนนความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ดังนี้

1. คะแนนด้านความคิดคล่องแคล่วทางวิทยาศาสตร์ พิจารณาจากคำตอบที่เป็นไปได้ตามเงื่อนไขของแบบวัด โดยให้คะแนนคำตอบที่เป็นไปได้คำตอบละ 1 คะแนน ไม่ว่าคำตอบนั้นจะซ้ำกับนักเรียนคนอื่นหรือไม่

2. คะแนนด้านความคิดยืดหยุ่นทางวิทยาศาสตร์ พิจารณาจากการจัดกลุ่มคำตอบของนักเรียนแต่ละคนตามวิธีคิดที่แตกต่างกัน แล้วให้คำตอบกลุ่มละ 1 คะแนน ไม่ว่าคำตอบนั้นจะซ้ำกับนักเรียนคนอื่นหรือไม่

3. คะแนนด้านความคิดริเริ่มทางวิทยาศาสตร์ พิจารณาจากความแปลกใหม่ของคำตอบของนักเรียน โดยหาความถี่จากคำตอบของนักเรียนทั้งหมดในกลุ่ม 18 คน ดังต่อไปนี้

คำตอบที่มีความถี่เกิน 5 ขึ้นไป ให้ 0 คะแนน

คำตอบที่มีความถี่เป็น 5 ให้ 1 คะแนน

คำตอบที่มีความถี่เป็น 4 ให้ 2 คะแนน

คำตอบที่มีความถี่เป็น 3 ให้ 3 คะแนน

คำตอบที่มีความถี่เป็น 2 ให้ 4 คะแนน

คำตอบที่มีความถี่เป็น 1 ให้ 5 คะแนน

4. คะแนนความคิดละเอียดลออทางวิทยาศาสตร์ พิจารณาจากคำตอบที่มีลักษณะการขยายในรายละเอียดของความคิดทำให้เกิดความสมบูรณ์ยิ่งขึ้นหรือมีคุณภาพมากขึ้น โดยให้คะแนนตามลักษณะของการออกแบบสิ่งประดิษฐ์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่สามารถบอกรายละเอียดเพิ่มเติมแล้วทำให้เกิดความสมบูรณ์มากขึ้น โดยให้คะแนนตำแหน่งละ 1 คะแนน สำหรับคะแนนความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนแต่ละคน สามารถคำนวณได้จากผลรวมของคะแนนความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ทั้ง 4 ด้าน ได้แก่ ความคิดคล่อง ความคิดยืดหยุ่น ความคิดริเริ่ม และความคิดละเอียดลออทางวิทยาศาสตร์

4.2 นำแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ที่สร้างขึ้นไปเสนออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์และอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม เพื่อตรวจสอบความถูกต้อง ความเหมาะสมของภาษาและเนื้อหาที่ใช้ จากนั้นจึงทำการปรับปรุงให้มีความสมบูรณ์ก่อนนำไปเสนอผู้เชี่ยวชาญต่อไป

4.3 นำแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ที่ปรับปรุงแล้วเสนอผู้เชี่ยวชาญทางการสอนฟิสิกส์ วิทยฐานะ ระดับชำนาญการพิเศษ จำนวน 2 ท่าน วิทยฐานะ ระดับเชี่ยวชาญ จำนวน 1 ท่าน ผู้เชี่ยวชาญทางการสอนฟิสิกส์ที่มีคุณวุฒิระดับปริญญาเอก ตำแหน่งทางวิชาการ ระดับผู้ช่วยศาสตราจารย์ จำนวน 1 ท่าน และผู้เชี่ยวชาญทางการวัดประเมิน และวิจัยการศึกษาที่มีคุณวุฒิระดับปริญญาเอก ตำแหน่งทางวิชาการ ระดับผู้ช่วยศาสตราจารย์ จำนวน 1 ท่าน รวมทั้งหมด 5 ท่าน (ดังรายนามในภาคผนวก ก) เพื่อตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (Content Validity)

4.4 คัดเลือกข้อคำถามที่มีค่าดัชนีความสอดคล้องของข้อคำถามกับนิยามศัพท์ เฉพาะ (Index of item objective congruence: IOC) ≥ 0.50 ขึ้นไป ซึ่งพบว่าแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์มีค่า IOC ระหว่าง 0.60 – 1.00 โดยประเด็นที่ต้องปรับปรุง ได้แก่ ภาษาที่ใช้ในสถานการณ์และความเหมาะสมของสถานการณ์กับชีวิตประจำวัน

4.5 นำแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ที่ปรับปรุงแล้วตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญไปทดลองใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ที่เคยเรียนเรื่อง เสียง จำนวน 30 คน ผลการวิเคราะห์พบว่า ผ่านเกณฑ์ทั้งหมด 3 ข้อ โดยค่าอำนาจจำแนกรายข้อ (r) มีค่าระหว่าง 0.35 – 0.50 และค่าความเชื่อมั่นทั้งฉบับมีค่าเท่ากับ 0.77 จากนั้นนำแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์มาจัดพิมพ์และนำไปใช้เก็บข้อมูลจริงกับตัวอย่าง

ตัวอย่างแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ สถานการณ์ที่ 1

ปองพลรักการเล่นดนตรีเป็นชีวิตจิตใจ จึงมักจะไปเล่นดนตรีกับกลุ่มเพื่อนที่ห้องซ้อมดนตรี แต่เนื่องจากสถานการณ์โรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 (COVID-19) จึงไม่สามารถไปเล่นดนตรีที่ห้องซ้อมดนตรีได้ ดังนั้นปองพลจึงจะใช้ห้องนอนของตนเองเป็นห้องซ้อมดนตรี แต่ยังไม่สามารถใช้ห้องได้ เนื่องจากห้องนอนของปองพลไม่สามารถเก็บเสียงและมีเสียงจากภายนอกสามารถเข้ามาในห้องได้ หากจะต้องเสียเงินในการสร้างห้องเก็บเสียงก็มั่งบประมาณไม่เพียงพอ ฉะนั้นปองพลจึงจะใช้สิ่งของที่สามารถหาซื้อได้ในราคาถูกมาใช้ในการสร้าง ซึ่งพบว่ามีสิ่งของที่น่าสนใจ ได้แก่ ลังไซ่ ฟองน้ำ โฟม แผ่นวอลเปเปอร์ ฝ้านวม พรม และแผ่นกันกระแทกเป็นต้น

จากสถานการณ์ข้างต้นให้ถ้านักเรียนเป็นปองพล นักเรียนจะออกแบบห้องเก็บเสียงจากสิ่งของดังกล่าวอย่างไร เพื่อให้ได้ห้องเก็บเสียงที่ผู้ฟังภายนอกได้ยินความดังของเสียงลดลงร้อยละ 80 โดยใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (วัดความคิดคล่องแคล่ว ความคิดยืดหยุ่น ความคิดริเริ่ม และความคิดละเอียดลออ)

.....

.....

.....

.....

.....

.....

5. แบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์

5.1 ศึกษาและวิเคราะห์ข้อมูลพื้นฐานจากแนวคิดทฤษฎี เอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ การพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ การวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ และการสร้างแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งผลการศึกษาข้อมูลที่ได้นำมาเป็นแนวทางในสร้างแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งมีลักษณะเป็นอัตนัย โดยสร้างสถานการณ์มา 1 สถานการณ์ ใช้ตอบคำถาม 1 ข้อ ซึ่งเป็นไปตามขั้นตอนการแก้ปัญหาตามแนวคิดของเวียร์ (Weir, 1974, p. 16-18) ได้แก่ ขั้นระบุปัญหา ขั้นนิยามสาเหตุของปัญหา ขั้นค้นหาแนวทางแก้ปัญหาหรือตั้งสมมติฐาน ขั้นพิสูจน์วิธีแก้ปัญหาหรือผลลัพธ์ที่ได้จากการแก้ปัญหา และเกณฑ์การให้คะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์นำแนวคิดของสุมาลี กาญจนชาติ (2525, น. 26-27) และพิรุณ เตชะแก้ว (2543, น. 44-45) มาปรับใช้เป็นเกณฑ์ในการพิจารณาตรวจให้คะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ มีรายละเอียดดังตาราง 8

ตาราง 8 เกณฑ์การให้คะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์

ความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ตามแนวคิดของเวียร์ (Weir, 1974, p. 16-18)	การให้คะแนน		
	2	1	0
ขั้นระบุปัญหา	สามารถระบุปัญหาที่เกี่ยวข้องภายในขอบเขตของข้อเท็จจริงและสอดคล้องกับสถานการณ์ที่กำหนดให้	สามารถระบุปัญหาที่เกี่ยวข้องในขอบเขตของข้อเท็จจริงได้ แต่ไม่สอดคล้องกับสถานการณ์ที่กำหนดให้	ไม่สามารถระบุปัญหาที่เกี่ยวข้องในขอบเขตของข้อเท็จจริง
ขั้นวิเคราะห์ปัญหา	สามารถระบุสาเหตุที่ทำให้เกิดปัญหาโดยพิจารณาจากข้อเท็จจริงและสอดคล้องกับสถานการณ์ที่กำหนดให้	สามารถระบุสาเหตุที่ทำให้เกิดปัญหาโดยพิจารณาจากข้อเท็จจริง แต่ไม่สอดคล้องกับสถานการณ์ที่กำหนดให้	ไม่สามารถระบุสาเหตุที่ทำให้เกิดปัญหาได้
ขั้นกำหนดวิธีการเพื่อแก้ปัญหา	สามารถเสนอแนวทางในการแก้ปัญหาและวิธีการแก้ปัญหาได้สอดคล้องกับสาเหตุของปัญหา	สามารถเสนอแนวทางในการแก้ปัญหาและวิธีการแก้ปัญหา แต่ไม่สอดคล้องกับสาเหตุของปัญหา	ไม่สามารถเสนอแนวทางในการแก้ปัญหาและวิธีการแก้ปัญหา
ขั้นตรวจสอบผลลัพธ์	สามารถอธิบายผลที่เกิดขึ้นจากการกำหนดวิธีการแก้ปัญหาได้สอดคล้องกับปัญหาที่ระบุไว้	สามารถอธิบายผลที่เกิดขึ้นจากการกำหนดวิธีการแก้ปัญหาได้ แต่ไม่สอดคล้องกับสาเหตุของปัญหาที่ระบุไว้	ไม่สามารถอธิบายผลที่เกิดขึ้นจากการกำหนดวิธีการแก้ปัญหาได้

5.2 นำแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ที่สร้างขึ้นไปเสนออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์และอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม เพื่อตรวจสอบความถูกต้อง ความเหมาะสมของภาษาและเนื้อหาที่ใช้ จากนั้นจึงทำการปรับปรุงให้มีความสมบูรณ์ก่อนนำไปเสนอผู้เชี่ยวชาญต่อไป

5.3 นำแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ที่ปรับปรุงแล้วเสนอผู้เชี่ยวชาญทางการสอนฟิสิกส์ วิทยฐานะ ระดับชำนาญการพิเศษ จำนวน 2 ท่าน วิทยฐานะ ระดับเชี่ยวชาญ จำนวน 1 ท่าน ผู้เชี่ยวชาญทางการสอนฟิสิกส์ที่มีคุณวุฒิระดับปริญญาเอก ตำแหน่งทางวิชาการ ระดับผู้ช่วยศาสตราจารย์ จำนวน 1 ท่าน และผู้เชี่ยวชาญทางการวัด ประเมิน และวิจัยการศึกษาที่มีคุณวุฒิระดับปริญญาเอก ตำแหน่งทางวิชาการ ระดับผู้ช่วย ศาสตราจารย์ จำนวน 1 ท่าน รวมทั้งหมด 5 ท่าน (ดังรายนามในภาคผนวก ก) เพื่อตรวจสอบ ความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (Content Validity)

5.4 คัดเลือกข้อคำถามที่มีค่าดัชนีความสอดคล้องของข้อคำถามกับนิยามศัพท์ เฉพาะ (Index of item objective congruence: IOC) ≥ 0.50 ขึ้นไป ซึ่งพบว่าแบบวัด ความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์มีค่า IOC ระหว่าง 0.80 – 1.00 โดยประเด็นที่ต้อง ปรับปรุง ได้แก่ ภาษาที่ใช้ในสถานการณ์และความเหมาะสมของสถานการณ์กับชีวิตประจำวัน

5.5 นำแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ที่ปรับปรุงตาม คำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญไปทดลองใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ที่เคยเรียนเรื่อง เสียง จำนวน 30 คน ผลการวิเคราะห์พบว่า ผ่านเกณฑ์ทั้งหมด 3 ข้อ โดยค่าอำนาจจำแนกรายข้อ (r) มี ค่าระหว่าง 0.40 – 0.67 และค่าความเชื่อมั่นทั้งฉบับมีค่าเท่ากับ 0.73 จากนั้นนำแบบวัด ความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์มาจัดพิมพ์และนำไปใช้เก็บข้อมูลจริงกับตัวอย่าง

ตัวอย่างแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ สถานการณ์ที่ 1

โรงเรียนแห่งหนึ่งมีอาคารหอประชุมที่มีอายุการก่อสร้างประมาณ 10 ปี ซึ่ง อาคารแห่งนี้ใช้สำหรับจัดกิจกรรมต่าง ๆ อาทิเช่น การประชุมครูและบุคลากรประจำเดือน การประชุมผู้ปกครองประจำภาคเรียนการปฐมนิเทศ การรับนักเรียนและการอบรมของครูและ นักเรียนเป็นต้น ทั้งนี้ขณะกำลังดำเนินกิจกรรมพบว่า เสียงที่ผู้ฟังภายในห้องประชุมได้ยินจะมีเสียง ก้อง เสียงไมโครโฟนหอน การขาดหายของเสียง และความดังของเสียงในแต่ละบริเวณไม่เท่ากัน

จากสถานการณ์ข้างต้นให้นักเรียนระบุปัญหา สาเหตุของปัญหา พร้อมทั้ง อธิบายวิธีการแก้ปัญหาและการตรวจสอบวิธีการแก้ปัญหานั้น โดยใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์

6. การดำเนินการทดลอง

ในการเก็บรวบรวมข้อมูลครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ดำเนินการตามหัวข้อหลัก ดังนี้

6.1 ระยะเวลาที่ใช้ในการดำเนินการทดลอง

ระยะเวลาที่ใช้ในการทดลองคือ ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2564 ระหว่างเดือน พฤศจิกายน – ธันวาคม พ.ศ.2564 โดยใช้เวลาดทดลองรวม 28 คาบเรียน แบ่งเป็นทำการสอน 24 คาบเรียน คาบเรียนละ 50 นาที และประเมินทักษะการทำงานเป็นทีม ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ และความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ก่อนเรียน 2 คาบเรียน และวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ และความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์หลังเรียน 2 คาบเรียน

6.2 ขั้นตอนการดำเนินการทดลอง

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยดำเนินการทดลอง โดยแบ่งเป็น 3 ช่วงเวลา ดังนี้

ช่วงที่ 1 ก่อนการทดลอง ดำเนินการโดยติดต่อขอหนังสือและนำหนังสือจาก บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อขอความอนุเคราะห์จากผู้บริหารสถานศึกษา ในการเก็บรวบรวมข้อมูลจากโรงเรียนที่เป็นตัวอย่าง พร้อมนัดหมายวัน เวลา สถานที่ที่เก็บรวบรวมข้อมูล ซึ่งก่อนการทดลอง ผู้วิจัยต้องชี้แจงรายละเอียด วิธีการ ขั้นตอนการทดลองกับตัวอย่าง และทำการประเมินทักษะการทำงานเป็นทีม ทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์และ ความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนของตัวอย่างและตรวจให้คะแนน ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์และความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ก่อนเรียน เพื่อนำไปวิเคราะห์เปรียบเทียบกับผลการทดสอบหลังเรียน

ช่วงที่ 2 ระหว่างการทดลอง ดำเนินการโดยให้กลุ่มทดลอง (E) ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาร่วมกับเทคนิคกลุ่มร่วมมือ และให้กลุ่มควบคุม (C) ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E)

ช่วงที่ 3 หลังการทดลอง ดำเนินการประเมินทักษะการทำงานเป็นทีม ทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์และความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนของตัวอย่างและตรวจให้คะแนนความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์และความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์หลังเรียน เพื่อนำไปวิเคราะห์เปรียบเทียบกับผลการทดสอบก่อนเรียน

7. การจัดการทำข้อมูลและการวิเคราะห์ข้อมูล

7.1 การจัดการทำข้อมูลและการวิเคราะห์ข้อมูล

การจัดการทำข้อมูลและการวิเคราะห์ข้อมูลผลการวิจัย ผู้วิจัยได้ดำเนินการตามขั้นตอน ดังนี้

7.1.1 การจัดการทำข้อมูลทักษะการทำงานเป็นทีม

1) รวมคะแนนทักษะการทำงานเป็นทีมของนักเรียนแต่ละคนจากแบบประเมินทักษะการทำงานเป็นทีมฉบับนักเรียนประเมินตนเองและฉบับผู้สอนประเมินนักเรียน

2) หาค่าเฉลี่ยของคะแนนรวมที่ได้จากแบบประเมินทักษะการทำงานเป็นทีมทั้ง 2 ฉบับ

3) นำค่าเฉลี่ยไปวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อตรวจสอบสมมติฐานการวิจัย

7.1.2 การวิเคราะห์คุณภาพเครื่องมือ

1) การประเมินความเหมาะสมของแผนการสอนด้วยแบบประเมินความเหมาะสมแบบมาตราประมาณค่า (rating scale) และกำหนดเกณฑ์ความเหมาะสมเป็นตัวเลข 5 4 3 2 และ 1 ซึ่งมีความหมายของความเหมาะสมมากที่สุด มาก ปานกลาง น้อย และน้อยที่สุดตามลำดับ และกำหนดเกณฑ์การแปลความหมายเป็นค่าเฉลี่ย ดังนี้ 4.51-5.00 หมายถึง มีความเหมาะสมมากที่สุด 3.51- 4.50 หมายถึง มีความเหมาะสมมาก 2.51-3.50 หมายถึง มีความเหมาะสมปานกลาง 1.51-2.50 หมายถึง ความเหมาะสมน้อย และ 1.00-1.50 หมายถึง มีความเหมาะสมน้อยที่สุด (บุญชม ศรีสะอาด, 2553, น. 103)

2) วิเคราะห์หาความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (Content validity) ของแบบประเมินทักษะการทำงานเป็นทีม แบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์และแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ โดยใช้ค่าดัชนีความสอดคล้องของข้อคำถามกับนิยามศัพท์ (Index of item objective congruence: IOC) (อิทธิพัทธ์ สุวทันพรกุล, 2561, น. 214)

3) วิเคราะห์อำนาจจำแนก (r) ของแบบประเมินทักษะการทำงานเป็นทีม โดยใช้การทดสอบค่าที (t-test) ในขณะที่แบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ และแบบวัด

ความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ โดยใช้สูตรของ Whitney and Sabers 1970 (อ้างในล้วน สายยศและอังคณา สายยศ, 2543, น. 199-201) และใช้เทคนิค 50 % ของ Chung The-Fah (พรธณี ลีกิจวัฒน์. 2558, น. 207-209) โดยมีเกณฑ์ในการพิจารณาค่าอำนาจจำแนก ดังนี้ 0.06 – 1.00 หมายถึง จำแนกได้ดีมาก 0.40 – 0.59 หมายถึง จำแนกได้ดี 0.20 – 0.39 หมายถึง จำแนกได้พอใช้ 0.10 – 0.19 หมายถึง จำแนกได้ค่อนข้างต่ำ ควรปรับปรุง และ 0.00 – 0.09 จำแนกได้ต่ำมาก ควรปรับปรุง

4) วิเคราะห์ความเชื่อมั่น (Reliability) ของแบบประเมินทักษะการทำงานเป็นทีม แบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ และแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ โดยใช้วิธีการหาสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค (Cronbach's Alpha) (อิทธิพัทธ์ สุวทันพรกุล, 2561, น. 205)

7.1.2 การวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อตรวจสอบสมมติฐาน

1) การตรวจสอบวิเคราะห์ข้อมูลตามข้อตกลงเบื้องต้นของการใช้สถิติ MANOVA โดยดำเนินการตามขั้นตอน ดังนี้ (ยูทธ์ ไกยวรรณ. 2556, น. 18)

1.1) ตัวแปรตามและตัวแปรร่วมจะต้องเป็นข้อมูลที่อยู่ในมาตรวัดแบบอันตรภาค (Interval Scale) หรือมาตราส่วน (Ratio Scale)

1.2) ตรวจสอบความสัมพันธ์เชิงเส้นตรง (Linearity) ของตัวแปรตามด้วยแผนภูมิการกระจาย (Scatter Diagram)

1.3) ตรวจสอบเมทริกซ์ความแปรปรวนร่วมของทุกกลุ่ม (Homogeneity of Covariance Matrices) โดยใช้ Box's Test เมทริกซ์ความแปรปรวนร่วมของกลุ่มตัวแปรตามต้องไม่แตกต่างกัน หรือไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > .05$)

1.4) ตรวจสอบความแตกต่างของความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนในแต่ละตัวแปรตามระหว่างกลุ่มตัวแปรอิสระ โดยใช้วิธีของ Levene's Test (Levene's Test of Equality of Error Variances) ซึ่งความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อน (Error Variance) ของแต่ละชุดตัวแปรตามนั้นต้องมีค่าเท่ากัน คือไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

1.5) ทดสอบการแจกแจงข้อมูลเป็นแบบโค้งปกติ (Normality) ของตัวแปรตามด้วยสถิติ Shapiro-Wilk Test โดยต้องไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) จึงหมายถึงตัวแปรตามนั้นมีการแจกแจงข้อมูลแบบเป็นโค้งปกติ

1.6) ตรวจสอบลักษณะความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรตามด้วย Bartlett's Test Of Sphericity โดยตัวแปรตามต้องมีความสัมพันธ์กัน โดยผลการทดสอบต้องมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

2) วิเคราะห์สถิติเชิงบรรยายของข้อมูลพื้นฐานและตัวแปรที่ศึกษา ประกอบด้วย ค่าเฉลี่ยคะแนน (Mean) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation)

3) วิเคราะห์เปรียบเทียบความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์และความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มทดลองที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาร่วมกับเทคนิคกลุ่มร่วมมือระหว่างก่อนและหลังเรียน โดยใช้การวิเคราะห์สถิติทดสอบค่าที่ (t-test for dependent samples)

4) วิเคราะห์เปรียบเทียบความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์และความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ หลังเรียนระหว่างนักเรียนกลุ่มทดลองที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาร่วมกับเทคนิคกลุ่มร่วมมือ และนักเรียนกลุ่มควบคุมที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) เมื่อควบคุมอิทธิพลของทักษะการทำงานเป็นทีม โดยใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมตัวแปรพหุนาม (Multivariate Analysis of Covariance: MANCOVA)

5) วิเคราะห์ขนาดอิทธิพล โดยใช้โปรแกรม Effect Size Calculator โดย R.Stat และ Marley W. Watkins ทั้งนี้ผู้วิจัยได้ใช้เกณฑ์การแปลความหมายขนาดอิทธิพลของ Jacob Cohen ซึ่งแบ่งเกณฑ์ขนาดอิทธิพลออกเป็น 3 ระดับ (Jacob Cohen. 1988: 285-287) ดังนี้

ขนาดอิทธิพล (d)	ความหมาย
0.20	ระดับน้อย (Small Effect Size)
0.50	ระดับปานกลาง (Medium Effect Size)
0.80	ระดับมาก (Large Effect Size)

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

สัญลักษณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

การนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลในการวิจัยครั้งนี้ เพื่อให้ผู้อ่านเข้าใจเกี่ยวกับความหมายในการนำเสนอผลการวิเคราะห์ตรงกัน ผู้วิจัยได้ใช้สัญลักษณ์ในการวิเคราะห์ข้อมูลและแปลผลการวิเคราะห์ ดังนี้

n	แทน	จำนวนนักเรียนในตัวอย่าง
Total	แทน	คะแนนเต็ม
M	แทน	ค่าเฉลี่ยของคะแนนของตัวอย่าง
SD	แทน	ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน
SS	แทน	ผลรวมของกำลังสองของค่าความแตกต่างระหว่างการวิเคราะห์และค่าเฉลี่ยของกลุ่มการวิเคราะห์ (Sum of Square)
MS	แทน	ค่าเฉลี่ยของผลรวมยกกำลังสอง (Mean of Square)
df	แทน	ระดับความอิสระ (degree of freedom)
F	แทน	ค่าการแจกแจงของ F (F-test)
p	แทน	ระดับนัยสำคัญทางสถิติ (Sig.)
MIN	แทน	คะแนนต่ำสุด
MAX	แทน	คะแนนสูงสุด
Sk	แทน	ค่าความเบ้
Ku	แทน	ค่าความโด่ง

การนำเสนอผลการวิเคราะห์

การวิจัยครั้งนี้เป็นการศึกษาผลการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาร่วมกับเทคนิคกลุ่มร่วมมือต่อความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์และความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยผู้วิจัยได้นำเสนอผลการศึกษาเป็น 2 ส่วน ดังนี้

ส่วนที่ 1 ผลการวิเคราะห์พื้นฐานของตัวอย่าง

1.1 การวิเคราะห์ค่าสถิติบรรยายความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์และความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ ก่อนและหลังเรียนของกลุ่มทดลอง

1.2 การวิเคราะห์ค่าสถิติบรรยายความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์และความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ ก่อนและหลังเรียนของกลุ่มควบคุม

ส่วนที่ 2 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อตรวจสอบสมมติฐาน

2.1 การเปรียบเทียบความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์และความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มทดลองที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาร่วมกับเทคนิคกลุ่มร่วมมือระหว่างก่อนและหลังเรียน โดยใช้การวิเคราะห์สถิติทดสอบค่าที (t-test for dependent samples)

2.2 การเปรียบเทียบความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์และความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ หลังเรียนระหว่างนักเรียนกลุ่มทดลองที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาร่วมกับ เทคนิคกลุ่มร่วมมือกับนักเรียนกลุ่มควบคุมที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) เมื่อควบคุมอิทธิพลของทักษะการทำงานเป็นทีม โดยใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมตัวแปรพหุนาม (Multivariate Analysis of Covariance: MANCOVA)

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ส่วนที่ 1 ผลการวิเคราะห์พื้นฐานของตัวอย่าง

การวิจัยครั้งนี้ได้เก็บข้อมูลกับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2564 โรงเรียนมัธยมวัดหนองจอก สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษากรุงเทพมหานคร เขต 2 จำนวน 2 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มทดลองที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาร่วมกับเทคนิคกลุ่มร่วมมือ จำนวน 18 คน และกลุ่มควบคุมที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) จำนวน 18 คน

1.1 การวิเคราะห์ค่าสถิติบรรยายความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์และความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ ก่อนและหลังเรียนของกลุ่มทดลอง

ด้านที่ 1 ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์

นักเรียนกลุ่มทดลองที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาร่วมกับเทคนิคกลุ่มร่วมมือมีความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนมีค่าอยู่ระหว่าง 7.00 – 15.00 คะแนน ซึ่งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 11.17 คะแนน ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 2.33 คะแนน ส่วนความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนมีค่าอยู่ระหว่าง 20.00 – 31.00 คะแนน โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 25.44 คะแนน ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 3.13 คะแนน และเมื่อพิจารณาการแจกแจงของข้อมูลพบว่ามีค่าแตกต่างจากโค้งปกติเพียงเล็กน้อย โดยมีรายละเอียดดังตาราง 9

ด้านที่ 2 ความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์

นักเรียนกลุ่มทดลองที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาร่วมกับการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคกลุ่มร่วมมือมีความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนมีค่าอยู่ระหว่าง 5.00 – 15.00 คะแนน ซึ่งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 9.50 คะแนน ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 2.74 คะแนน ส่วนความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนมีค่าอยู่ระหว่าง 15.00 – 24.00 คะแนน ซึ่งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 21.06 คะแนน ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 3.04 คะแนนและเมื่อพิจารณาการแจกแจงของข้อมูลพบว่ามีความแตกต่างจากโค้งปกติเพียงเล็กน้อย โดยมีรายละเอียดดังตาราง 9

ตาราง 9 ผลการวิเคราะห์สถิติบรรยายของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาร่วมกับเทคนิคกลุ่มร่วมมือ (n=18)

ตัวแปร	Total	MIN	MAX	M	SD	Sk	Ku
ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์							
ก่อนเรียน	-	7.00	15.00	11.17	2.33	0.08	-0.77
หลังเรียน	-	20.00	31.00	25.44	3.13	-0.15	-0.67
ความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์							
ก่อนเรียน	24.00	5.00	15.00	9.50	2.74	-0.03	-0.51
หลังเรียน	24.00	15.00	24.00	21.06	3.04	-0.89	-0.67

1.2 การวิเคราะห์ค่าสถิติบรรยายความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์และ ความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ ก่อนและหลังเรียนของกลุ่มควบคุม

ด้านที่ 1 ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์

นักเรียนกลุ่มควบคุมที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) มีความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนมีค่าอยู่ระหว่าง 5.00 – 14.00 คะแนน ซึ่งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 9.50 คะแนน ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 2.74 คะแนน ส่วนความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนมีค่าอยู่ระหว่าง 4.00 – 23.00 คะแนน ซึ่งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 14.61 คะแนนค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 5.23 คะแนน และเมื่อพิจารณาการแจกแจงของข้อมูลพบว่ามีความแตกต่างจากโค้งปกติเพียงเล็กน้อย โดยมีรายละเอียดดังตาราง 10

ด้านที่ 2 ความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์

นักเรียนกลุ่มควบคุมที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) มีความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนมีค่าอยู่ระหว่าง 3.00 – 14.00 คะแนน ซึ่งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 8.72 คะแนน ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 2.42 คะแนน ส่วนความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนมีค่าอยู่ระหว่าง 9.00 – 23.00 คะแนน ซึ่งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 14.33 คะแนน มีค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 4.59 คะแนน และเมื่อพิจารณาการแจกแจงของข้อมูลพบว่ามีค่าแตกต่างจากโค้งปกติเพียงเล็กน้อย โดยมีรายละเอียดดังตาราง 10

ตาราง 10 ผลการวิเคราะห์สถิติบรรยายของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) (n=18)

ตัวแปร	Total	MIN	MAX	M	SD	Sk	Ku
ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์							
ก่อนเรียน	-	5.00	14.00	9.50	2.74	-0.28	-0.93
หลังเรียน	-	4.00	23.00	14.61	5.23	-0.29	-0.58
ความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์							
ก่อนเรียน	24.00	3.00	14.00	8.72	2.42	-0.16	1.31
หลังเรียน	24.00	9.00	23.00	14.33	4.59	0.53	-0.90

ส่วนที่ 2 ผลการวิเคราะห์เพื่อตรวจสอบสมมติฐาน

ผู้วิจัยได้ทำการตรวจสอบความเท่าเทียมของทักษะการทำงานเป็นทีมของนักเรียนกลุ่มทดลองที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาร่วมกับเทคนิคกลุ่มร่วมมือ และนักเรียนกลุ่มควบคุมที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) ด้วยใช้สถิติทดสอบค่าที (t-test for independent samples)

เนื่องจากการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาร่วมกับเทคนิคกลุ่มร่วมมือ เป็นกระบวนการที่นักเรียนจะต้องลงมือปฏิบัติงานด้วยกระบวนการกลุ่ม เพื่อสร้างชิ้นงานที่เกิดจากการบูรณาการความรู้จาก 4 ศาสตร์วิชา ได้แก่ วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ กระบวนการทางวิศวกรรมศาสตร์ และเทคโนโลยี เมื่อนักเรียนทำงานร่วมกันเป็นกลุ่มนักเรียนจะแสดงทักษะการทำงานเป็นทีมที่แฝงอยู่ในตัวบุคคลออกมา เพื่อช่วยกันแก้ปัญหาหรือสร้างสรรค์ผลงานให้

บรรลุเป้าหมายที่ตั้งไว้ อีกทั้งการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาสามารถพัฒนาทักษะการทำงานเป็นทีมของนักเรียน ฉะนั้นทักษะการทำงานเป็นทีมจึงเป็นอีกตัวแปรหนึ่งที่ต้องควบคุมไม่ให้ส่งผลต่อความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์และความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งจากผลการวิเคราะห์พบว่า นักเรียนกลุ่มทดลองและและนักเรียนกลุ่มควบคุมมีทักษะการทำงานเป็นทีมแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ($t = 7.56, df = 34, p = 0.00$) โดยนักเรียนกลุ่มทดลองที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาร่วมกับเทคนิคกลุ่มร่วมมือมีค่าเฉลี่ยทักษะการทำงานเป็นทีมเท่ากับ 77.97 ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 8.01 ส่วนนักเรียนกลุ่มควบคุมที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) มีค่าเฉลี่ยทักษะการทำงานเป็นทีมเท่ากับ 96.28 ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 6.42 ดังนั้นในการศึกษาครั้งนี้ผู้วิจัยจึงนำทักษะการทำงานเป็นทีมมาเป็นตัวแปรร่วมและนำผลคะแนนก่อนเรียนมาใช้ร่วมในการวิเคราะห์ข้อมูล โดยมีรายละเอียดดังตาราง 11

ตาราง 11 ผลการวิเคราะห์ความเท่าเทียมทักษะการทำงานเป็นทีมก่อนเรียนของนักเรียนกลุ่มทดลองและนักเรียนกลุ่มควบคุม

ด้าน	กลุ่ม	M	SD	Levene's		t	df	p
				Test				
				F	sig			
ทักษะการทำงานเป็นทีม	ทดลอง	77.97	8.01	1.44	0.24	7.56*	34	0.00
	ควบคุม	96.28	6.42					

* $p < 0.05$

2.1 การเปรียบเทียบความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์และความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มทดลองระหว่างก่อนและหลังเรียนแบบสะเต็มศึกษาร่วมกับเทคนิคกลุ่มร่วมมือ โดยใช้การวิเคราะห์สถิติทดสอบค่าที (t-test for dependent samples)

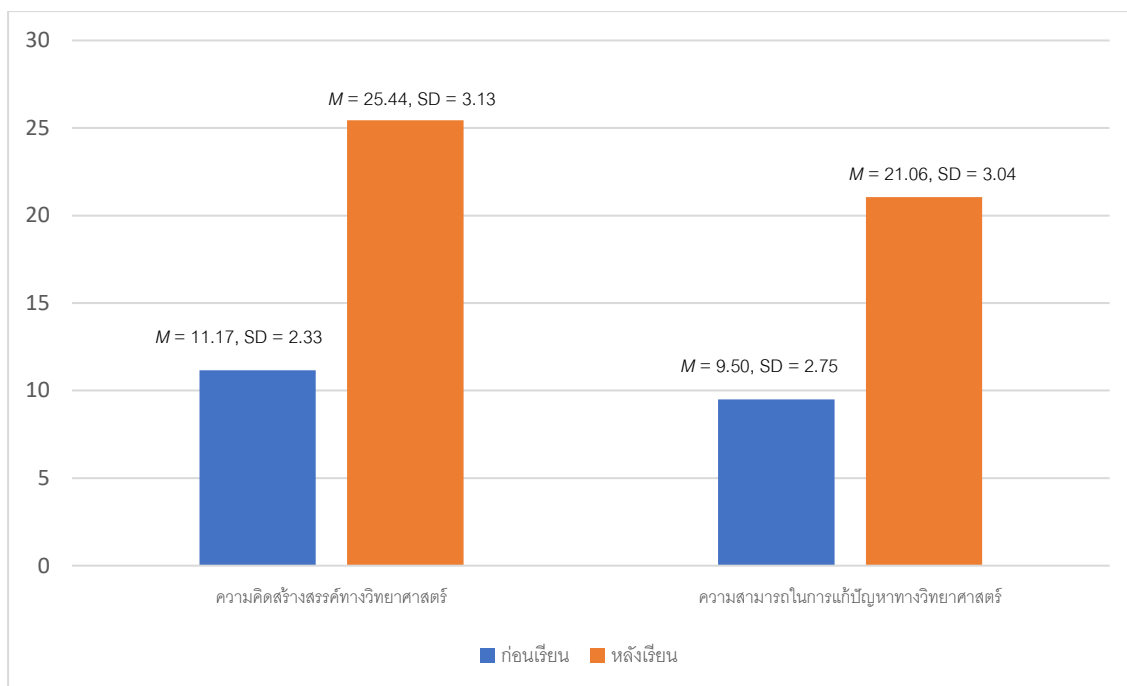
การทดสอบข้อตกลงเบื้องต้นของนักเรียนกลุ่มทดลองที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาร่วมกับเทคนิคกลุ่มร่วมมือ พบว่า ผลการตรวจสอบความสัมพันธ์ภายในกลุ่มของตัวแปรตามโดยใช้สถิติ Bartlett's test of Sphericity พบว่า ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์และความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์มีความสัมพันธ์กันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 (Bartlett's test of Sphericity = 1.51, $df = 2, p = 0.47$) แสดงว่า

ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์และความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ไม่มีความสัมพันธ์กัน จึงทำให้ผลการทดสอบข้อตกลงเบื้องต้นของนักเรียนกลุ่มทดลองที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาร่วมกับเทคนิคกลุ่มร่วมมือไม่เป็นไปตามข้อตกลงเบื้องต้นของการทดสอบสถิติความแปรปรวนตัวแปรพหุนาม (Multivariate Analysis of Variance : MANOVA) โดยใช้ค่าสถิติทดสอบ Hotelling's T^2 ดังนั้นผู้วิจัยจึงใช้สถิติทดสอบค่าที (t-test for dependent samples) เพื่อตรวจสอบสมมติฐานของการวิจัยต่อไป ซึ่งจากผลการวิเคราะห์พบว่า นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาร่วมกับเทคนิคกลุ่มร่วมมือมีความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ($t = 19.65$, $df = 17$, $p = 0.00$) โดยค่าเฉลี่ยความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนเท่ากับ 25.44 ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 3.13 และมีค่าเฉลี่ยความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนเท่ากับ 11.17 ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 2.33 ขณะที่นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาร่วมกับเทคนิคกลุ่มร่วมมือมีความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ($t = 16.82$, $df = 17$, $p = 0.00$) โดยค่าเฉลี่ยความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนเท่ากับ 21.06 ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 3.04 ค่าเฉลี่ยความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนเท่ากับ 9.50 ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 2.75 โดยมีรายละเอียดแสดงดังตาราง 12 และภาพประกอบ 4

ตาราง 12 ผลการวิเคราะห์ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์และความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มทดลองระหว่างก่อนและหลังเรียน

ตัวแปร	ก่อนเรียน		หลังเรียน		correlation	t	df	p
	M	SD	M	SD				
ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์	11.17	2.33	25.44	3.13	0.39	19.65*	17	0.00
ความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์	9.50	2.75	21.06	3.04	0.50	16.82*	17	0.00

* $p < 0.05$



ภาพประกอบ 4 การเปรียบเทียบความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์และความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มทดลองระหว่างก่อนและหลังเรียน

นอกจากนี้ผู้วิจัยได้เปรียบเทียบขนาดอิทธิพล (Effect size) ของการจัดการเรียน โดยใช้โปรแกรม Effect Size Calculator โดย R. Stat พบว่า ค่าขนาดอิทธิพล (Effect size) ของการจัดการเรียนรู้ต่อความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์เท่ากับ 1.50 (Cohen's $d = 1.50$) แสดงว่า อิทธิพลของการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาร่วมกับเทคนิคกลุ่มร่วมมือมีผลต่อความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ในระดับมาก (Large Effect Size) และค่าขนาดอิทธิพล (Effect size) ของการจัดการเรียนรู้ต่อความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์เท่ากับ 1.36 (Cohen's $d = 1.36$) แสดงว่า อิทธิพลของการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาร่วมกับเทคนิคกลุ่มร่วมมือส่งผลต่อความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ในระดับมาก (Large Effect Size)

2.2 การวิเคราะห์เปรียบเทียบความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์และความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ระหว่างนักเรียนกลุ่มทดลองกับนักเรียนกลุ่มควบคุม เมื่อควบคุมอิทธิพลของทักษะการทำงานเป็นทีม โดยใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมตัวแปรพหุนาม (Multivariate Analysis of Covariance: MANCOVA)

การทดสอบข้อตกลงเบื้องต้นของนักเรียนกลุ่มทดลองที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาร่วมกับเทคนิคกลุ่มร่วมมือ และนักเรียนกลุ่มควบคุมที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) พบว่า ผลการตรวจสอบความเป็นเอกพันธ์ของเมทริกซ์ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมของความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์และความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ โดยใช้สถิติ Box's Test of Equality of Covariance Matrices พบว่า ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมของความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์และความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 (Box's M = 7.60, F = 2.37, $df_1 = 3$, $df_2 = 208,080.00$, $p = 0.07$) แสดงว่า ตัวแปรตามทั้งสองตัวมีเมทริกซ์ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมเป็นเอกพันธ์กัน เมื่อทดสอบความแปรปรวนของตัวแปรตามทั้งสองด้วยสถิติ Levene's Test พบว่า ความแปรปรวนของความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนในกลุ่มทดลองและนักเรียนกลุ่มควบคุมแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ($F = 1.52$, $df_1 = 1$, $df_2 = 34$, $p = 0.23$) แสดงว่า ความแปรปรวนของความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนในกลุ่มทดลองที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาร่วมกับเทคนิคกลุ่มร่วมมือและนักเรียนกลุ่มควบคุมที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) ไม่แตกต่างกัน และความแปรปรวนของความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนของนักเรียนในกลุ่มทดลองและนักเรียนกลุ่มควบคุมแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ($F = 0.45$, $df_1 = 1$, $df_2 = 34$, $p = 0.51$) แสดงว่าความแปรปรวนของความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนในกลุ่มทดลองที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาร่วมกับเทคนิคกลุ่มร่วมมือและนักเรียนกลุ่มควบคุมที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) ไม่แตกต่างกัน และการตรวจสอบความสัมพันธ์ภายในกลุ่มของตัวแปรตามโดยใช้สถิติ Bartlett's test of Sphericity พบว่า ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์และความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 (Bartlett's test of Sphericity = 19.67, $df = 2$, $p = 0.00$) แสดงว่า ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์และความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์มีความสัมพันธ์กัน ผู้วิจัยสามารถนำมาวิเคราะห์ร่วมกันได้

ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมตัวแปรพหุนาม (Multivariate Analysis of Covariance : MANCOVA) เพื่อศึกษาอิทธิพลของทักษะการทำงานเป็นทีมต่อความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์และความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ ตามข้อตกลงเบื้องต้นของการเป็นตัวแปรร่วม (Covariate) โดยใช้ค่าสถิติทดสอบ Wilks' Lambda พบว่า ทักษะการทำงานเป็นทีมมีอิทธิพลต่อความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์และความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 (Wilks' Lambda = 0.82, F = 3.31, df = 2, p = 0.05) แสดงว่าทักษะการทำงานเป็นทีมมีอิทธิพลต่อความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์และความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ ดังนั้นในการศึกษาครั้งนี้ผู้วิจัยจึงนำทักษะการทำงานเป็นทีมมาเป็นตัวแปรร่วม

เมื่อศึกษาอิทธิพลของการจัดการเรียนรู้ต่อความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์และความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ พบว่า การจัดการเรียนรู้มีอิทธิพลต่อความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์และความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 (Wilks' Lambda = 0.67, F = 7.69, df = 2, p = 0.00) แสดงว่าการจัดการเรียนรู้มีอิทธิพลต่อความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์และความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ โดยมีรายละเอียดแสดงดังตาราง 13

ตาราง 13 ผลการทดสอบข้อตกลงเบื้องต้นและการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมของตัวแปรพหุนามของนักเรียนในกลุ่มทดลองและนักเรียนกลุ่มควบคุม

Assumption	SS	Statistics				
		F	df ₁	df ₂	p	
Box's M	7.60	2.37	3	208,080.00	0.07	
Bartlett's test of Sphericity	19.67			2	0.00	
Levene's Test						
ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์		1.52	1	34	0.23	
ความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์		0.45	1	34	0.51	
แหล่งความแปรปรวน	สถิติทดสอบ	F	Hypothesis df	Error df	p	
Team	Wilks' Lambda	0.82	3.31*	2.00	31.00	0.05
Group	Wilks' Lambda	0.67	7.69*	2.00	31.00	0.00

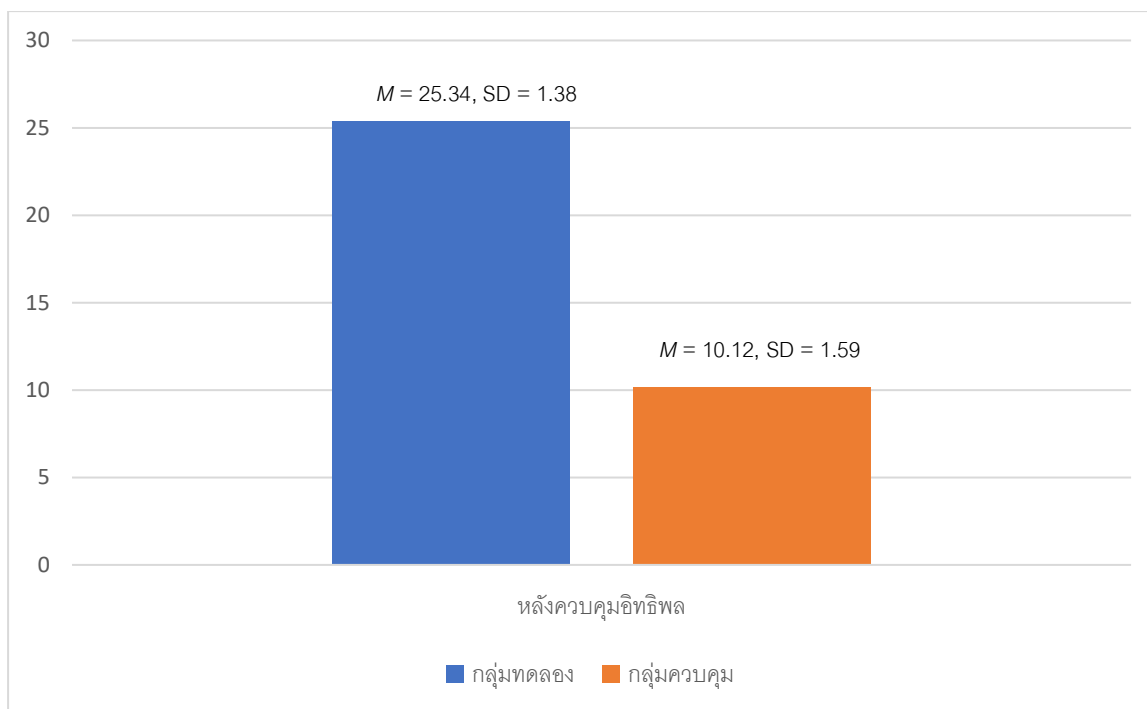
* p < 0.05

เมื่อวิเคราะห์อิทธิพลร่วมรายตัวแปรตาม (Univariate analysis) ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ระหว่างนักเรียนกลุ่มทดลองที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาร่วมกับเทคนิคกลุ่มร่วมมือ และนักเรียนกลุ่มควบคุมที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) เมื่อควบคุมอิทธิพลของทักษะการทำงานเป็นทีม พบว่า นักเรียนกลุ่มทดลองที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาร่วมกับเทคนิคกลุ่มร่วมมือมีความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์สูงกว่านักเรียนกลุ่มควบคุมที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) เมื่อควบคุมอิทธิพลของทักษะการทำงานเป็นทีมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ($F = 52.19$, $df = 1$, $p = 0.00$) โดยนักเรียนกลุ่มทดลองที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาร่วมกับเทคนิคกลุ่มร่วมมือมีค่าเฉลี่ยความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์หลังควบคุมทักษะการทำงานเป็นทีมเท่ากับ 25.34 ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 1.38 ส่วนนักเรียนกลุ่มควบคุมที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) มีค่าเฉลี่ยความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์หลังควบคุมทักษะการทำงานเป็นทีมเท่ากับ 10.12 ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 1.59 โดยตั้งรายละเอียดแสดงในตาราง 14 และภาพประกอบ 5

ตาราง 14 ผลการวิเคราะห์ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม เมื่อควบคุมอิทธิพลทักษะการทำงานเป็นทีม

ตัวแปร	กลุ่ม	หลังควบคุม		SS	MS	F	df	p
		อิทธิพล						
		M	SD					
ความคิดสร้างสรรค์	ทดลอง	25.34	1.38	753.24	753.24	52.19*	1	0.00
ทางวิทยาศาสตร์	ควบคุม	10.12	1.59					

* $p < 0.05$



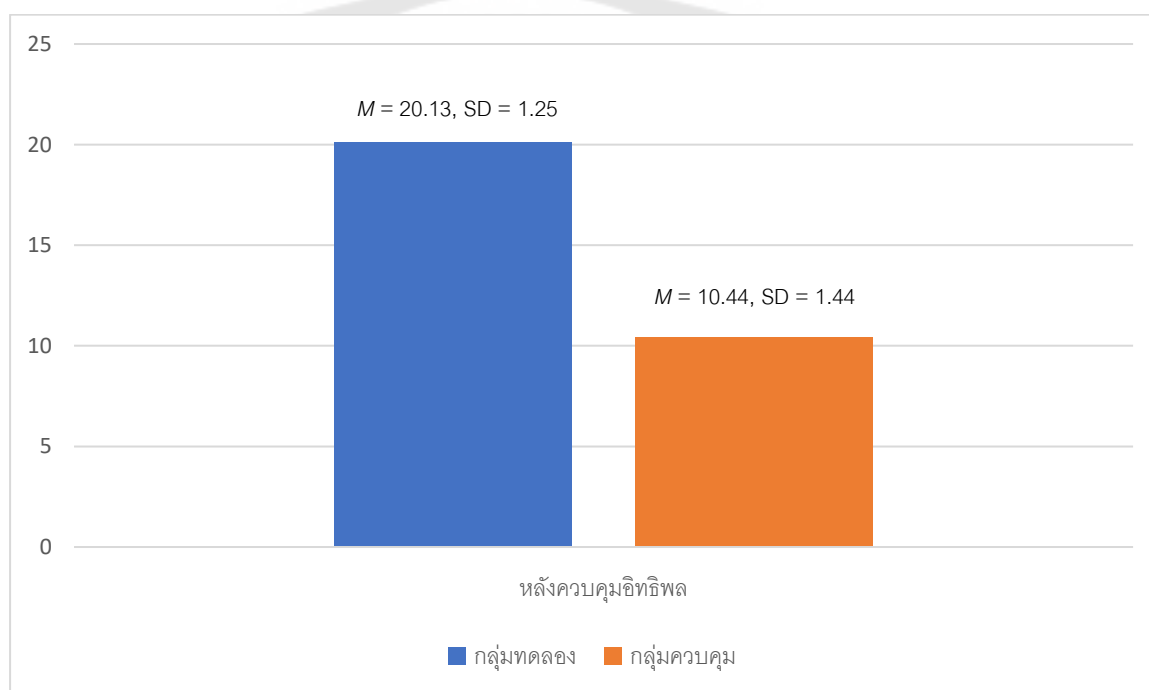
ภาพประกอบ 5 การเปรียบเทียบความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน
กลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม หลังควบคุมอิทธิพลทักษะการทำงานเป็นทีม

ผลการวิเคราะห์ห้อิทธิพลร่วมของตัวแปรความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ระหว่างนักเรียนกลุ่มทดลองที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา ร่วมกับเทคนิคกลุ่มร่วมมือ และนักเรียนกลุ่มควบคุมที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) เมื่อควบคุมอิทธิพลของทักษะการทำงานเป็นทีม พบว่า นักเรียนกลุ่มทดลองที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา ร่วมกับเทคนิคกลุ่มร่วมมือมีความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์สูงกว่านักเรียนกลุ่มควบคุมที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) เมื่อควบคุมอิทธิพลของทักษะการทำงานเป็นทีมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ($F = 25.93$, $df = 1$, $p = 0.00$) โดยนักเรียนกลุ่มทดลองที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา ร่วมกับเทคนิคกลุ่มร่วมมือมีค่าเฉลี่ยความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์หลังควบคุมทักษะการทำงานเป็นทีมเท่ากับ 20.13 ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 1.25 ส่วนนักเรียนกลุ่มควบคุมที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) มีค่าเฉลี่ยความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์หลังควบคุมทักษะการทำงานเป็นทีมเท่ากับ 10.44 ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 1.44 รายละเอียดแสดงในตาราง 15 และภาพประกอบ 6

ตาราง 15 ผลการวิเคราะห์ความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม เมื่อควบคุมอิทธิพลทักษะการทำงานเป็นทีม

ตัวแปร	กลุ่ม	หลังควบคุม		SS	MS	F	df	p
		อิทธิพล						
		M	SD					
ความสามารถในการ	ทดลอง	20.13	1.25	305.31	305.31	25.93*	1	0.00
แก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์	ควบคุม	10.44	1.44					

* $p < 0.05$



ภาพประกอบ 6 การเปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม เมื่อควบคุมอิทธิพลทักษะการทำงานเป็นทีม

นอกจากนี้ผู้วิจัยได้เปรียบเทียบขนาดอิทธิพล (Effect size) ของการทดลอง เมื่อควบคุมทักษะการทำงานเป็นทีม โดยใช้โปรแกรม Effect Size Calculator โดย Marley W. Watkins. พบว่า ค่าขนาดอิทธิพล (Effect size) ของการจัดการเรียนรู้ต่อความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์เท่ากับ 10.21 (Cohen's $d = 10.21$) แสดงว่า อิทธิพลของการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาร่วมกับเทคนิคกลุ่มร่วมมือส่งผลต่อความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน

กลุ่มทดลองสูงกว่านักเรียนกลุ่มควบคุมในระดับมาก (Large Effect Size) และค่าขนาดอิทธิพล (Effect size) ของการจัดการเรียนรู้ต่อความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์เท่ากับ 7.19 (Cohen's $d = 7.19$) แสดงว่า อิทธิพลของการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาร่วมกับเทคนิคกลุ่มร่วมมือส่งผลความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มทดลองสูงกว่านักเรียนกลุ่มควบคุมในระดับมาก (Large Effect Size)



บทที่ 5

สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การวิจัยครั้งนี้เป็นการศึกษาผลการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาร่วมกับเทคนิคกลุ่มร่วมมือต่อความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์และความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เมื่อควบคุมทักษะการทำงานเป็นทีม โดยมีความมุ่งหมายของการวิจัยคือ 1) เพื่อเปรียบเทียบความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์และความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ระหว่างก่อนและหลังได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาร่วมกับเทคนิคกลุ่มร่วมมือ 2) เพื่อเปรียบเทียบความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์และความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 กลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม เมื่อควบคุมอิทธิพลของทักษะการทำงานเป็นทีม

ตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ เป็นนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2564 โรงเรียนมัธยมวัดหนองจอก จำนวนทั้งสิ้น 36 คน โดยแบ่งเป็น 2 กลุ่ม คือกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม กลุ่มละ 18 คน ซึ่งได้มาจากการเลือกแบบหลายขั้นตอน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ 1) เครื่องมือที่ใช้ในการดำเนินการทดลอง ได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาร่วมกับเทคนิคกลุ่มร่วมมือ และแผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) และ 2) เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล ได้แก่ แบบประเมินทักษะการทำงานเป็นทีม แบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ และแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งแบบแผนการวิจัยเป็นแบบกึ่งทดลอง โดยแบ่งตัวอย่างออกเป็นกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม และมีการทดสอบก่อนและหลังการทดลอง ทั้งนี้ผู้วิจัยดำเนินการทดลองในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2564 โดยผู้วิจัยดำเนินการจัดการเรียนรู้ด้วยตนเอง ใช้ระยะเวลาการทดลอง 24 คาบเรียน คาบเรียนละ 50 นาที เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัย เป็นเนื้อหาในรายวิชา ฟิสิกส์ 4 เรื่อง เสียง จากนั้นดำเนินการเก็บรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อตรวจสอบสมมติฐานของการวิจัย โดยการเปรียบเทียบความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์และความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มทดลองระหว่างก่อนและหลังเรียน โดยใช้การวิเคราะห์สถิติทดสอบค่าที (t-test for dependent samples) และการเปรียบเทียบความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์และความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ระหว่างนักเรียนกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม เมื่อควบคุมอิทธิพลของทักษะการทำงานเป็นทีม โดยใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมตัวแปรพหุนาม (Multivariate Analysis of Covariance: MANCOVA)

สรุปผลการวิจัย

การศึกษาผลการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาร่วมกับเทคนิคกลุ่มร่วมมือต่อความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์และความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เมื่อควบคุมทักษะการทำงานเป็นทีม สรุปผลการวิจัยได้ดังนี้

1. ผลการเปรียบเทียบความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์และความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มทดลองที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาร่วมกับเทคนิคกลุ่มร่วมมือระหว่างก่อนและหลังเรียน พบว่า นักเรียนมีความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์และความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และอิทธิพลของการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาร่วมกับเทคนิคกลุ่มร่วมมือส่งผลต่อความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์และความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ในระดับมาก (Large Effect Size)

2. ผลการเปรียบเทียบความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์และความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ หลังเรียนระหว่างนักเรียนกลุ่มทดลองกับนักเรียนกลุ่มควบคุม เมื่อควบคุมอิทธิพลของทักษะการทำงานเป็นทีม พบว่า ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์และความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มทดลองสูงกว่านักเรียนกลุ่มควบคุม และอิทธิพลของการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาร่วมกับเทคนิคกลุ่มร่วมมือส่งผลต่อความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์และความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มทดลองสูงกว่านักเรียนกลุ่มควบคุมในระดับมาก (Large Effect Size)

อภิปรายผล

การศึกษาผลการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาร่วมกับเทคนิคกลุ่มร่วมมือต่อความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์และความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เมื่อควบคุมทักษะการทำงานเป็นทีม สามารถอภิปรายได้ดังนี้

1. นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาร่วมกับเทคนิคกลุ่มร่วมมือมีความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์และความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้ของการวิจัย โดยในขั้นตอนการวิเคราะห์ข้อมูลผู้วิจัยได้ทำการตรวจสอบข้อตกลงของสถิติการวิเคราะห์ความแปรปรวนตัวแปรพหุนาม (Multivariate Analysis of Variance : MANOVA) พบว่า ชุดข้อมูลไม่ผ่านข้อตกลงเบื้องต้นเนื่องจากความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์และความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ไม่มีความสัมพันธ์กัน ทำให้ผู้วิจัยจึงต้องเปลี่ยน

สถิติการทดสอบสมมติฐานจากสถิติการวิเคราะห์ความแปรปรวนตัวแปรพหุนาม เป็นสถิติทดสอบค่าที (t-test for dependent samples) เพื่อไม่ให้เกิดข้อผิดพลาดในการวิเคราะห์ข้อมูลและได้ผลการวิจัยที่ถูกต้องเที่ยงตรง อันนำไปสู่ข้อสรุปผลการวิจัยที่ว่า การจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาร่วมกับเทคนิคกลุ่มร่วมมือมีความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์และความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 เนื่องจากการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาเป็นการบูรณาการ 4 ศาสตร์วิชาเข้าด้วยกัน ได้แก่ ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี กระบวนการทางวิศวกรรม และคณิตศาสตร์ นำไปสู่การสร้างสรรค์ผลงานนวัตกรรมหรือผลิตภัณฑ์ใหม่ ๆ ได้พัฒนาทักษะการคิด ทักษะการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ ทักษะการแก้ปัญหา และทักษะการสื่อสาร และเทคนิคกลุ่มร่วมมือเป็นการเรียนรู้ผ่านการทำงานร่วมกัน แสดงบทบาทตามหน้าที่ที่ตนถนัดอย่างเต็มที่ มีการช่วยเหลือซึ่งกันการแลกเปลี่ยนแนวคิดและร่วมกันทำงานประสบผลสำเร็จ ซึ่งสอดคล้องกับความต้องการจำเป็นในศตวรรษที่ 21 เมื่อมีการจัดการเรียนรู้ที่บูรณาการระหว่างกระบวนการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษากับกระบวนการเรียนรู้ของเทคนิคกลุ่มร่วมมือ ทำให้เกิดเป็นองค์ความรู้ที่หลากหลายนำไปสู่การแก้ปัญหาและการสร้างสรรค์ผลงานที่แปลกใหม่ ประกอบกับผลการวิจัยที่ได้ก่อนเรียนมีค่าเฉลี่ยความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์เท่ากับ 11.17 ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 2.33 ส่วนค่าเฉลี่ยความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์เท่ากับ 9.50 ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 2.75 ในขณะที่หลังเรียนมีค่าเฉลี่ยความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์เท่ากับ 25.44 ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 3.13 ส่วนค่าเฉลี่ยความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์เท่ากับ 21.06 ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 3.04 แสดงให้เห็นว่าข้อมูลทางสถิติที่ได้หลังเรียนจึงสูงกว่าก่อนเรียน

สอดคล้องกับผลงานวิจัยของนันทน์ภัส ลิมสันติธรรม (2561, น. 137) ที่พบว่า การใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้ STEMGM สามารถช่วยส่งเสริมผู้เรียนได้ทั้งกรอบแนวคิดเติบโตความสามารถในการแก้ปัญหาและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนได้พร้อมกันซึ่งหากใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้ แบบสะเต็มหรือรูปแบบการจัดการเรียนรู้ วิธีการส่งเสริมกรอบแนวคิดเติบโตเพียงอย่างเดียวจะพัฒนาตัวแปรข้างต้นได้เพียงบางตัวแปร สอดคล้องกับผลงานวิจัยของอับดุลยามีน หะยีซาเดร์ (2560, น. 170-180) ที่พบว่า นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษามีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา และความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระดับ .01 และมีความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ในระดับมาก สอดคล้องกับผลงานวิจัยของพิทยาภรณ์ ปัญญาหอม (2563, น. 93-104)

ที่พบว่า 1) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ของนักเรียน ชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 เรื่องไฟฟ้า หลังได้รับการจัดกิจกรรมแบบสะเต็มศึกษาสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และ 2) ความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน มนตรา พึ่งไพศาล (2561, น. 91) ที่พบว่า 1) หลังจากนักเรียนได้รับการจัดการเรียนรู้แล้วมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์สูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 2) นักเรียนมีการเปลี่ยนแปลงของลีลาการเรียนรู้โดยมีการรับรู้สร้างจินตนาการ และสามารถไตร่ตรอง จินตนาการเห็นภาพโดยรวม สรุปเป็นความคิดรวบยอดหรือหลักการ ทั้งนี้ นักเรียนส่วนใหญ่สามารถนำความรู้ ไปแก้โจทย์ปัญหาเป็นขั้นตอนถูกต้องและปรับใช้ในสถานการณ์ที่ต่างจากเดิมได้ แสดงให้เห็นว่าการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาช่วยให้นักเรียนพัฒนากระบวนการคิด การแก้ปัญหาและการสร้างสรรค์ผลงานที่มีค่าด้วยตนเอง โดยมีคะแนนทดสอบความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์และความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน

2. นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาร่วมกับเทคนิคกลุ่มร่วมมือมีความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์และความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์สูงกว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) เมื่อควบคุมอิทธิพลทักษะการทำงานเป็นทีม ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานในการวิจัยที่ตั้งไว้ เนื่องด้วยทักษะการทำงานเป็นทีมเป็นความสามารถของทีมที่ได้มาจากการหลอมรวมศักยภาพของแต่ละบุคคลในทีมให้เป็นหนึ่งเดียว ทำให้เกิดการเรียนรู้ซึ่งกันและกัน แต่ละบุคคลได้พัฒนาศักยภาพด้านอื่น ๆ ของตนเอง และมีมุมมองความคิดหลากหลายที่สามารถนำไปปรับใช้ในการแก้ปัญหา สร้างสรรค์สิ่งใหม่ หรือสถานการณ์ต่าง ๆ ซึ่งส่งผลต่อการจัดการเรียนรู้ในทุกรูปแบบ จึงต้องมีการควบคุมทักษะดังกล่าว เพื่อให้เกิดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์และความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ที่แท้จริง และแน่นอน

โดยในขั้นตอนการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมตัวแปรพหุนาม (Multivariate Analysis of Covariance: MANCOVA) ผู้วิจัยพบว่าทักษะการทำงานเป็นทีมของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ที่แตกต่างกันส่งผลต่อความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์และความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ ทำให้ผู้วิจัยมีความคิดเห็นว่าการเรียนจะมีความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์และความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์เปลี่ยนแปลงไปได้ขึ้นอยู่กับการจัดการเรียนรู้ที่นักเรียนได้รับและทักษะการทำงานเป็นทีมในกลุ่มนั้น ๆ

ดังนั้นผู้วิจัยจึงเพิ่มการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาร่วมกับเทคนิคกลุ่มร่วมมือ เป็นอีกหนึ่งรูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่ใช้ในการเรียนการสอนรายวิชาวิทยาศาสตร์ เพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์และความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งสอดคล้องกับผลงานวิจัยของ วิภาวี ทะนันทอง และคณะ (2561, น. 119-131) ที่พบว่า นักเรียนที่เรียนโดยใช้ชุดกิจกรรมสะเต็มศึกษาวิชาพื้นฐานเคมี เรื่อง ปฏิกริยาเคมี เพื่อส่งเสริมทักษะในศตวรรษที่ 21 ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 มีทักษะความคิดสร้างสรรค์และคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 จะเห็นได้ว่าการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็ม ซึ่งพัฒนามาจากการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาทำให้นักเรียนมีความคิดสร้างสรรค์สูงกว่าการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) ประกอบกับผลการวิจัยที่นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาร่วมกับเทคนิคกลุ่มร่วมมือมีค่าเฉลี่ยความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์เท่ากับ 25.34 ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 1.38 และค่าเฉลี่ยความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์เท่ากับ 20.13 ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 1.25 ในขณะที่นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) มีค่าเฉลี่ยความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์เท่ากับ 10.12 ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 1.59 และค่าเฉลี่ยความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์เท่ากับ 10.44 ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 1.44 โดยค่าความแตกต่างทางสถิติมีค่าสูงกว่ากันมาก แสดงให้เห็นว่ายังมีการจัดการเรียนรู้รูปแบบอื่นนอกเหนือจากการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) ที่ทำให้ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์และความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์เพิ่มขึ้น จึงทำให้เกิดองค์ความรู้ใหม่ที่จะใช้ในการจัดการเรียนรู้ให้เกิดความหลากหลาย

ข้อเสนอแนะ

จากผลการศึกษาวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยมีข้อเสนอแนะ ซึ่งอาจเป็นประโยชน์ต่อการจัดการเรียนรู้และการศึกษาวิจัยต่อไป ดังนี้

1. ข้อเสนอแนะในการนำผลวิจัยไปใช้

1.1 การเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาร่วมกับเทคนิคกลุ่มร่วมมือควรใช้กับเนื้อหาที่พบได้ในชีวิตประจำวัน เนื่องจากสถานการณ์ที่ใช้ในการดำเนินกิจกรรมต้องเป็นสถานการณ์ที่ใกล้ตัวสามารถพบเห็นได้ในชีวิตประจำวัน

1.2 เนื่องจากในการทดลองครั้งนี้ผู้วิจัยได้ดำเนินการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาร่วมกับเทคนิคกลุ่มร่วมมือภายใต้สถานการณ์แพร่ระบาดของโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 โดย

ดำเนินการจัดการเรียนรู้รูปแบบออนไลน์ ดังนั้นหากผู้สอนจะนำกิจกรรมไปใช้ในแบบออนไลน์ เช่นกันจึงควรคำนึงถึงการจัดการเรียนรู้ 3 ด้าน ได้แก่ 1) ด้านอุปกรณ์ในการดำเนินกิจกรรม ควรเลือกอุปกรณ์ที่สามารถหาได้ง่ายใกล้ตัวภายในบ้าน หรือจัดส่งอุปกรณ์ที่นักเรียนไม่สามารถหาได้เองไปทางไปรษณีย์ 2) ช่องทางการจัดการเรียนรู้ ควรเลือกแอปพลิเคชันที่นักเรียนเข้าถึงได้ง่ายและเหมาะสม อาทิเช่น Google Meet, Line, Microsoft Team หรือแอปพลิเคชันที่สามารถแบ่งออกเป็นห้องสนทนาอยู่ในช่วงเวลาเดียวกัน อาทิเช่น Zoom เป็นต้น และ 3) บรรยากาศขณะดำเนินการจัดการเรียนรู้ ผู้สอนต้องจัดการเรียนรู้ให้เป็นไปอย่างอิสระ มีความยืดหยุ่น กำหนดระยะเวลาไม่ให้บีบคั้นจนเกินไป เนื่องจากจะทำให้นักเรียนรู้สึกกดดัน หรือเครียด จนกระทั่งไม่สนใจในการเรียนรู้ อีกทั้งควรตั้งคำถามกระตุ้นการคิดที่ไม่ชี้้นำให้เกิดผลลัพธ์ เนื่องจากจะทำให้เรียนไม่เกิดการพัฒนาระบบการคิดดังกล่าวได้

1.3 การจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาร่วมกับเทคนิคกลุ่มร่วมมือ ผู้วิจัยจำเป็นต้องทำความเข้าใจร่วมกับผู้ร่วมวิจัยถึงลักษณะและรูปแบบของการจัดการเรียนรู้ เพื่อเป็นการเตรียมความพร้อมในการเรียนรู้ของนักเรียน และการดำเนินการวิจัยเป็นไปอย่างสมบูรณ์ตามที่ผู้วิจัยกำหนด

1.4 ก่อนดำเนินการเก็บข้อมูลจากแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์และแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ ผู้วิจัยจำเป็นต้องชี้แจง ทำความเข้าใจร่วมกับผู้เข้าร่วมวิจัยถึงลักษณะของข้อคำถาม เพื่อให้ผู้เข้าร่วมวิจัยตอบคำถามได้ตรงกับข้อมูลความเป็นจริง

2. ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

2.1 จากการศึกษาพบว่าทักษะการทำงานเป็นทีมที่เกิดขึ้นระหว่างดำเนินการจัดการเรียนรู้ส่งผลต่อความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์และความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ ดังนั้นในการวิจัยครั้งต่อไปควรศึกษาเกี่ยวกับทักษะการทำงานเป็นทีมหรือทักษะที่จำเป็นในศตวรรษที่ 21 อื่น เพื่อให้นักเรียนมีความสามารถทันต่อการเปลี่ยนแปลงของโลก

2.2 จากการศึกษาพบว่าคะแนนทักษะการทำงานเป็นทีมจากแบบประเมินทักษะการทำงานเป็นทีมฉบับนักเรียนประเมินตนเองและฉบับผู้สอนประเมินนักเรียนมีค่าใกล้เคียงกัน ดังนั้นในการวิจัยครั้งต่อไปควรเลือกใช้เพียงอย่างเดียวอย่างหนึ่ง หากผู้สอนเลือกใช้แบบประเมินทักษะการทำงานเป็นทีมฉบับผู้สอนประเมินนักเรียน ผู้สอนต้องมีความใกล้ชิด สนับสนุนกับนักเรียนพอสมควร เพื่อให้ได้ข้อมูลที่ตรงกับความเป็นจริง

บรรณานุกรม

- Alev Dogan. (2021). "The effect of STEM activities on the scientific creativity of middle school students". *International Journal of Curriculum and Instruction*, 13(2): 1241-1266
- Azzam, Amy. M. (2009, September). "Why Creativity Now? A Conversation with Sir Ken Robinson". *Teaching for the 21st Century*, 67(1): 23
- Beecroft, D.G., Duffy, G.L., Moran W.J. (2003). *The Executive Guide to Improvement and Change*. ASQ Quality Press.
- Cardellini, L. (2006). "Fostering creative problem solving in chemistry through group work." *Chem. Educ. Res. Pract*, 7(2): 131-140.
- Catherine R. Elsey. (2019). *COOPERATIVE GROUPING IN THE INCLUSIVE STEM CLASSROOM*. Rowan University.
- Dalton, J. (1988). *Adventures in Thinking*. Melbourne: Thomas Nelson.
- Gagne, R. M. (1970). *The condition of learning*. New York: Holt, Rinehart and Winston.
- Good, C. V. (1973). *Dictionary of Education*. New York: McGraw-Hill Book.
- Good, C. v. (1973). *Dictionary of Education*. 3rd. New York; Mc Graw Hill.
- Guilford and Hoepfner, R. (1991). *The Analysis of Intelligence*. New York: McGraw-Hill Book Company.
- Guilford, J. P. (1959). *Fundamental statistics in psychology and education*. New York: McGraw-Hill.
- Guilford, J. P. (1967). *The nature of human intelligence*. New York: McGraw-Hill.
- Hilgard Ernest R. (1967). *Introduction to Psychology*. New York: Harcourt, Brace and World, Inc.
- Jellen, G.;&Urban, K. (1986, July). *The creative child and adult quarterly*. 7(3): 137-152.
- John, K. and K. Morrow (1981). *Communication in the classroom: Applications and methods for a communicative approach*. London: Longman.

- Johnson, D. W., Johnson, R. T., & Smith, K. A. (2014). Co-operative learning: Improving university instruction by basing practice on validated theory. *Journal on Excellence in College Teaching*, 25(3&4), 85-118.
- Johnson, D. W. and R. T. Johnson (1994). *Learning Together and Alone: Cooperative Competitive and Individualistic Learning*.
- Johnson, D. W. and F. P. Johnson (2003). *Joining Together : Group Theory and Group Skill*. 8 th ed. Boston : Allyn and Bacon.
- Jonassen, D. (1997). "Instructional design models for well-structured and Ill-structured problem-solving learning outcomes." *Education Technology Research and Development*, 45(1): 65-94.
- Lingard, R.W. (2010). Teaching and assessing teamwork skills in engineering and computer science. *Journal of Systemics, Cybernetics and Informatics*, 8(1), 34-37.
- M.T.Azizan, et al. (2018). "Improving teamwork skills and enhancing deep learning via development of board game using cooperative learning method in Reaction Engineering course." *Education for Chemical Engineers*, 22: 1-13.
- Matthew Salomone&Thomas Kling. (2017). *Required peer-cooperative learning improves retention of STEM majors*. Retrieved 11 October,2020, from <https://stemeducationjournal.springeropen.com/articles/10.1186/s40594-017-0082-3>.
- McClelland, D. C. (1953). *The Achievement Motive*. New York: Appleton Century Crofts.
- McClelland, D. C. (1961). *The Achievement Society*. New York: The Free Press.
- Mednick (2004). *How We Think*. Lexington. D.C. Health and Company.
- Melany Hebles, et al. "Impact of cooperative learning on teamwork competence." *Academia Revista Latinoamericana de Administracion*, 32(1): 93-106.
- Mustafa UGRAS. (2018). The Effects of STEM Activities on STEM Attitudes, Scientific

- Creativity and Motivation Beliefs of the Students and Their Views on STEM Education. *International Online Journal of Educational Sciences*, 10 (5), 165-182.
- O'Farrell, A. and M. Meban (2003). "Arts education and instrumental outcomes: An introduction to research." *methods and indicators*, 52.
- Osborn, A. F. (1957). "**Applied imagination**". New York: Charles Scribner's Sons.
- Piltz, A. and R. Sund (1974). **Creative Teaching of Science in the Elementary School**. Boston :Allyn and Bacon, Inc.
- Prasanta Somintara. (2018). "Strengthening Thai 7th Grade Student Creative Thinking Skills: A Curriculum Development Model." *Asia-Pacific Social Science Review*, 18(2): 152–163.
- Rafsanjani Supardi et al. (2019). "Developing Scientific Attitudes Instrument of Students in Chemistry". *Journal of Physics: Conference Series*, 1233: 1-5.
- Reilly, R. R. and E. L. Lewis (1983). **Educational Psychology**. New York : Macmillan Publishing.
- Robert, A. (2013). "STEM is here Now what ?". *Technology and Engineering Teacher* 73(1): 22-27.
- Secord, P. F. and C. W. Backman (1964). **Social Psychology**. New York: McGraw-Hill Book.
- Slavin Robert E. (1991). Synthesis of Research on Cooperative Learning. *Educational Leadership journal*, p. 73-75.
- Slavin, R. E (1995). **Cooperative learning: Theory, research, and practice**. MA: Allyn and Bacon.
- Souillard, A. and K. A (1990). **Problem Solving Activities for Science and Technology Students**. Creative Teaching English Forum Classroom Washington, D.C.: FPG International.
- Srinivas, H. (2016). **The Problem Solving Process**. Retrieved 5 October, 2020, from <http://www.gdrc.org/decision/problem-solve.html>.
- Tantri Mayasari et al. (2016). **Exploration of student's creativity by integrating STEM knowledge into creative products**. AIP Conference Proceedings.

- Tingsa, C., et al. (2019). "Twelfth Grade students' achievement and problem-solving ability on properties and reactions of organic compounds from learning by using inquiry incorporated with problem-based learning." **Journal of Science and Science Education (JSSE)**.
- Torrance, E. P. (1965). **Rewarding of Creative Behavior**. Experiments in Classroom Creativity.
- Torrance, E. P. (1971). **Creative Learning and Teaching**. New York: Mead and Company.
- Travin, A. (2016). **THE 5 STEPS OF PROBLEM SOLVING**. Retrieved 5 October, 2020, from <http://www.humorthatworks.com/learning/5-steps-of-problem-solving/>.
- Vasquez, J. A., Sneider, C. I and M. W. Comer (2013). **STEM lesson essentials, grades 3-8: Integrating science, technology, engineering, and mathematics**. Heinemann.
- Wallach, M. A. and N. Kogan. (2010). **Modes of Thinking in Young Children**. New York :Holt Rinehart and Winston.
- Wallas, G. (1926). **The Art of Thought: A Pioneering 1926 Model of the Four Stages of Creativity**. Retrieved October 10, 2020, from <https://www.brainpickings.org/2013/08/28/the-art-of-thought-graham-wallas-stages/>.
- Weir, J. J. (1974). "Problem solving is everybody's problem." **The Science Teacher**, 4: 16-18.
- William, D.A., & Carey, M. (2016). **SOLVING THE PROBLEMS OF A CHRONIC ILLNESS: 6-Step Problem Solving**. Retrieved 5 October, 2020, from <http://www.med.umich.edu/painresearch/patients/Problem%20Solving.pdf>.
- Woodcock, M. and D. Francis (1994). **Team Building Strategy**. New Hampshire: Gower Publishing.
- กมลฉัตร กล่อมอิม. (2562). **การพัฒนาหลักสูตรสะเต็มศึกษา**. พิษณุโลก: พิษณุโลก ดอทคอม.
- กระทรวงศึกษาธิการ (2533). **แนวการจัดทำแผนการเรียนรู้หลักสูตรประถมศึกษาและ**

- มัธยมศึกษา ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2533. กรุงเทพฯ : คุรุสภาลาดพร้าว.
- กระทรวงศึกษาธิการ (2545). **พระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2542 และที่แก้ไขเพิ่มเติม (ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2545.** กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์องค์การรับส่งสินค้าและพัสดุ.
- กระทรวงศึกษาธิการ (2548). **การจัดการเรียนการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ. (ชุดการเรียนรู้ด้วยตนเอง ชุดที่ 8 โครงการหนึ่งอำเภอ หนึ่งโรงเรียน).** กรุงเทพฯ: กระทรวงศึกษาธิการ.
- กระทรวงศึกษาธิการ (2551). **หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551.** กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย.
- กระทรวงศึกษาธิการ (2561). **หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ฉบับปรับปรุง 2560.** กรุงเทพฯ: คุรุสภา.
- กันยา สุวรรณแสง. (2544). **จิตวิทยาทั่วไป พิมพ์ครั้งที่ 5.** กรุงเทพฯ: อักษรพิทยา.
- กิ่งฟ้า สีนธวงษ์. (2553). **การสอนเพื่อพัฒนาการคิดและการเรียนรู้**.ขอนแก่น : โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- ขุนทอง คัล้ายทอง. (2554). **การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในวิชาเคมี 1 และความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือโดยใช้เทคนิคการแข่งขันระหว่างกลุ่มและแบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ชั้น.** ปรินญานิพนธ์ กศ.ม. (การมัธยมศึกษา).กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย ศรีนครินทรวิโรฒ.
- จันทร์เพ็ญ เชื้อพานิช. (2542). **“นวัตกรรมการศึกษาไทย: รูปแบบการเรียนการสอน” นวัตกรรมจัดการเรียนรู้ตามแนวปฏิรูปการศึกษา.** ศูนย์ตำราและเอกสารทางวิชาการ คณะศึกษาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- จำรัส อินทลาภาพร. (2558: มกราคม - เมษายน). **การศึกษาแนวทางการจัดการเรียนรู้ สะเต็มศึกษา สำหรับผู้เรียนระดับประถมศึกษา.** ThaiJO Veridian e-Journal ฉบับภาษาไทย สาขามนุษยศาสตร์ สังคมศาสตร์ และศิลปะ, 8(1): 62-74.
- จิรัญญา ไชโย. (2562,มกราคม-พฤษภาคม). **การพัฒนาความคิดสร้างสรรค์วิชาวิทยาศาสตร์ โดยใช้การเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3.**วารสารวิชาการ มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์ สาขามนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ 11(1): 23-37.
- ฉัตรชญา ดิงสะ และคณะ. (2561). **ผลสัมฤทธิ์และความสามารถในการแก้ปัญหา เรื่องสมบัติ**

และปฏิกริยาของสารอินทรีย์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 จากการเรียนรู้แบบ
สืบเสาะผสมผสานกับการเรียนรู้ โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน, **วารสารวิทยาศาสตร์และ
วิทยาศาสตร์ศึกษา**, 1(1): 97-108.

- ชฎาลักษณ์ จิตราช. (2563). การพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาและความคิด
สร้างสรรค์โดยใช้การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาแบบ 6E Learning ร่วมกับการ
ใช้สื่อสังคมออนไลน์ในรายวิชาชีววิทยา ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4. **การประชุม
วิชาการเสนอผลงานวิจัยระดับบัณฑิตศึกษาแห่งชาติ ครั้งที่ 21**, HMP14-1-13.
- ชนกานต์ ไฉนงาม. (2561). การพัฒนาความคิดสร้างสรรค์และการทำงานเป็นทีมผ่านกระบวนการ
เรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาของนักเรียนห้องเรียนวิศวะ-วิทย์ (โครงการ วมว.) มหาวิทยาลัย
เทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี. **ศึกษาศาสตร์สาร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่**, 2(1): 33-55.
- ชัยวัฒน์ สุทธิรัตน์. (2555). **80 นวัตกรรม การจัดการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ**.
กรุงเทพฯ: แดเน็กซ์ อินเทอร์เน็ตคอร์ปอเรชัน.
- ชาติรี เกิดธรรม. (2547). **เทคนิคการสอนแบบโครงงาน**. กรุงเทพฯ : ชมรมเด็ก.
- ชุตินา วงษ์พระลับ. (2553, ตุลาคม - ธันวาคม). ความคิดสร้างสรรค์ที่สร้างสรรค์สร้างได้. **วารสาร
ศึกษาศาสตร์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น**, 33(4): 10-21.
- โชติชนะ โพธิ์นิลและคณะ. (2563, ตุลาคม). การสังเคราะห์งานวิจัยปัจจัยที่ส่งผลต่อความคิด
สร้างสรรค์ของนักเรียนระดับการศึกษาขั้นพื้นฐาน (A Synthesis Research of Factors
Affecting Creative Thinking of Basic Education Students). **ThaiJO e-Journal of
Education Studies, Burapha University**, 1(4): 40-54.
- จิตติวรดา พลเยี่ยม. (2561, กรกฎาคม - ธันวาคม). สะเต็มศึกษา: ความเข้าใจเบื้องต้นสู่ห้องเรียน
บูรณาการ. **วารสารครูพิบูล**, 5(2): 122-135.
- ณัฐพงษ์ เจริญพิทย์. (2542). **การพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ : ทักษะ
แบบองค์รวม**. กรุงเทพฯ : เซ็นเตอร์ ดิสคัฟเวอรี.
- ณัฐษา เพชรธนู. (2557, เมษายน - มิถุนายน). เครื่องมือประเมินการปฏิบัติงาน องค์ประกอบ
สำคัญของการประเมินระดับชั้นเรียน. **วารสารวิชาการ**, 17(2): 2-13.
- ณัฐพล สีจาด. (2559). **ผลของวิธีสืบสอบร่วมกับการเรียนรู้เป็นทีมที่มีต่อความสามารถใน
การแก้ปัญหาทางเคมีและเจตคติต่อการทำงานกลุ่มของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่
5**. **An Online Journal of Education**. 11(2): 320-335.

- ณัฐวุฒิ จันละมุด. (2554). การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์และเจตคติทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบโมเดลชิปปลาและการจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือโดยใช้เทคนิค TGT. ปรินฎยานิพนธ์ กศ.ม. (มัธยมศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- คนยา ชัยเวชสกุล. (2561). การศึกษาความสามารถในการคิดวิเคราะห์และเจตคติทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบผสมผสานที่เน้นรูปแบบการเรียนรู้แบบ 5E ดัดแปลง. ปรินฎยานิพนธ์ การศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิทยาการทางการศึกษาและการจัดการเรียนรู้ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- คนุพล สืบสำราญ. (2563,มกราคม - มิถุนายน). ผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา (STEM Education) ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาชีววิทยาและความสามารถในการแก้ปัญหาของนักศึกษาครู สาขาวิชาวิทยาศาสตร์. **พัฒนวารสาร**. 7(1): 219-230.
- ดวงพร สมจันทร์ตา. (2559). การพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ที่ได้รับการเรียนตามแนวทางสะเต็มศึกษา เรื่องกายวิภาคศาสตร์ของพืช. ปรินฎยานิพนธ์ กศ.ม. (ชีววิทยา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัยมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- เดชา เดชะวัฒน์ไพศาล. (2550,กรกฎาคม - กันยายน). คิดก่อนคิด กระบวนการเสริมสร้างการเรียนรู้และความคิดสร้างสรรค์. **จุฬาลงกรณ์วารสาร**, 19(76): 86-97.
- เดชา จันทร์น้ำใส. (2561). การพัฒนาชุดกิจกรรมสะเต็มศึกษา เรื่อง กังหันน้ำชัยพัฒนา สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น โดยใช้รูปแบบค่ายวิทยาศาสตร์เพื่อส่งเสริมทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการและความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์. ปรินฎยานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาการทางการศึกษาและการจัดการเรียนรู้ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- ทองทิพภา วิริยะพันธุ์. (2551). **มนุษย์สัมพันธ์กับการบริหาร (พิมพ์ครั้งที่ 5)**. กรุงเทพฯ: ดวงกมลสมัย.
- ติศนา เขมณี. (2552). **ศาสตร์การสอน (พิมพ์ครั้งที่ 5)**. กรุงเทพฯ: ด้านสุทธาการพิมพ์จำกัด
- ติศนา เขมณี. (2545). **กลุ่มสัมพันธ์ : เพื่อการทำงานและการจัดการเรียนการสอน**. กรุงเทพฯ: ศูนย์หนังสือแห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

- ธีร์กัญญา โอชรสและคณะ. (2551). ปัจจัยเชิงสาเหตุที่ส่งผลต่อความคิดสร้างสรรค์ทาง
วิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาร้อยเอ็ด เขต 3.
วารสารการวัดผลการศึกษา มหาวิทยาลัยมหาสารคาม, 13-14: 161-168.
- ธีระเดช วิวัฒน์กุล. (2555). **การทำงานเป็นทีม = Teamwork: Hrm 4318 (Hr 414)**. กรุงเทพฯ:
ภาควิชาการบริหารทรัพยากรมนุษย์ มหาวิทยาลัยรามคำแหง.
- นฤมล คนคล่องและคณะ. (2562, มกราคม - มิถุนายน). ผลของการจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือ
โดยเทคนิค STAD ต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการคิดแก้ปัญหาของ
นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 รายวิชาวิทยาศาสตร์ในหน่วยการเรียนรู้เรื่องสารใน
ชีวิตประจำวัน. **วารสารหน่วยวิจัยวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสิ่งแวดล้อมเพื่อการ
เรียนรู้**, 10(1): 66-78.
- นันท์นภัส ลิ้มสันติธรรม. (2561). **การพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ STEM GM เพื่อ
ส่งเสริมกรอบแนวคิดเติบโตและความสามารถในการแก้ปัญหา สำหรับนักเรียนชั้น
มัธยมศึกษาตอนต้น. ปรินญาณิพนธ์ กศ.ด. (วิทยาศาสตร์ศึกษา)**. กรุงเทพฯ:
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- นิตา วิริยาสิตาภรณ์. (2554). **การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมีและความคิด
สร้างสรรค์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนบ
ดินทรเดชา (สิงห์ สิงหเสนี) ที่ได้รับการสอนตามแนวทฤษฎีสรคณิยกับการสอน
อบบอริยส์จ 4. ปรินญาณิพนธ์ กศ.ม. (การมัธยมศึกษา)**. กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- บรรดล สุขปิติ. (2559). **การเขียนข้อคำถามของแบบทดสอบวัดความสามารถในการคิด
แก้ปัญหา. สืบค้นเมื่อ 7 ตุลาคม 2563 จาก**
research.npru.ac.th/development/research_npru/images/stories/98.doc.
- บุญชม ศรีสะอาด. (2541). **การพัฒนาการสอน**. กรุงเทพฯ : สุวีริยาสาสน.
- บุญชม ศรีสะอาด. (2553). **การวิจัยเพื่อแก้ปัญหาและพัฒนาผู้เรียน**. กรุงเทพฯ:
สุวีริยาสาสน.
- บุญเมฆ ภมรสิงห์. (2545). **การจัดกระบวนการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ การสอน
แบบ "การเรียนรู้วิทยาศาสตร์แบบร่วมมือ และวิจัยในชั้นเรียน"**, กรุงเทพฯ: สำนัก
นโยบาย แผน และมาตรฐานการศึกษา ศาสนา และวัฒนธรรม สำนักงานคณะกรรมการ
การศึกษาแห่งชาติ สกศ.

- บุญเลี้ยง จอดนอก. (2549). **ผลการจัดค่ายวิทยาศาสตร์ที่มีต่อการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์และเจตคติต่อวิทยาศาสตร์ของนักเรียนช่วงชั้นที่ 2.** คณะศึกษาศาสตร์.มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- ประคอง สุขนครจิตต์. (2551). **การทำงานเป็นทีม.** กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยเกริก.
- ประทุม อัตชู. (2535,มกราคม-มีนาคม). **กิจกรรมเพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์.** **วารสาร สสวท.** 20(77): 12-14.
- ประพันธ์ศิริ สุเสารัจ. (2556). **การพัฒนาการคิด พินิจครั้งที่ 5.** กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ห้างหุ้นส่วน จำกัด 9119 เทคนิคพรินติ้ง.
- ปาลิตา สุขสารกาญ. (2562,กรกฎาคม - กันยายน). **การพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ วิทยาศาสตร์ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาที่ส่งเสริมจิตวิทยาศาสตร์และทักษะการแก้ปัญหา สำหรับนักเรียนระดับประถมศึกษา. วารสารศึกษาศาสตร์มหาวิทยาลัยนเรศวร, 21(3): 153-166.**
- ปิยะมาศ อจหาญ. (2554). **การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์และความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบ บูรณาการและการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้. ปรินญาณิพนธ์ กศ.ม. (การ มัธยมศึกษา).กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.**
- พนัส หันนาคินทร์. (2521). **การศึกษาของไทย.** กรุงเทพฯ: ไทยวัฒนาพานิช.
- พนิตธิดา รุ่งแจ้ง. (2560). **การพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ ทางวิทยาศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2. ปรินญาณิพนธ์ กศ.ม. (วิทยาการทางการศึกษาและการจัดการเรียนรู้). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.**
- พรรณี ลีกิจวัฒน์. (2558). **วิธีการวิจัย. คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.**
- พวงรัตน์ ทวีรัตน์. (2543). **วิธีการวิจัยทางพฤติกรรมศาสตร์และสังคมศาสตร์ (พินิจครั้งที่ 7).** กรุงเทพมหานคร: สำนักทดสอบทางการศึกษาและจิตวิทยา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- พันธ์ ทองชุมนุม. (2544). **การสอนวิทยาศาสตร์ระดับประถมศึกษา. ปัดตานี: คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.**

พิทยาภรณ์ ปัญญาหอม. (2563,พฤษภาคม –สิงหาคม). ผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบ
 สะเต็มศึกษาที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ทาง
 วิทยาศาสตร์ เรื่องไฟฟ้า สำหรับนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนวัดพรหมสาคร
 จังหวัดสิงห์บุรี. **วารสารบัณฑิตศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรม
 ราชนูปถัมภ์**, 14(2): 93-104.

พิมพ์พิชชา ศาสตราชัย, มารศรี กลางประพันธ์, สมเกียรติ พลະจิตต์. (2564,เมษายน -มิถุนายน).
 การพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ตามแนวสะเต็มศึกษา ร่วมกับการเรียนรู้แบบ
 ร่วมมือที่ส่งผลต่อการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ ทักษะการทำงานเป็นทีมและผลสัมฤทธิ์
 ทางการเรียนของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5. **วารสารบัณฑิตศึกษา**, 18(81): 41-51.

พิมพ์พันธ์ เดชะคุปต์. (2544). การเรียนการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ : แนวคิด วิธีและ
เทคนิคการสอน 1. กรุงเทพฯ : เดอะมาสเตอร์กรุ๊ป แมเนจเม้นท์.

พิรุณ เตชะแก้ว. (2543). ผลการใช้ชุดกิจกรรมเพื่อส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ทาง
 วิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4. วิทยานิพนธ์ ศษ.ม. บัณฑิตวิทยาลัย:
 มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

ไพโรจน์ คะเซนท์. (2559). **ทักษะการแก้ปัญหา**. สืบค้นเมื่อ 5 ตุลาคม 2563 จาก
http://chan2.obec.go.th/wattungpelschool/manage/upload_file/tfNfuJhSITd2015052
 12.

ภพ เลหาไพบูลย์. (2542). **แนวการสอนวิทยาศาสตร์**. กรุงเทพฯ: ไทยวัฒนาพานิช.

ภัสสร ติตมา, มะลิวรรณ นาคขุนทด, สิริณภา กิจเกื้อกูล. (2558,กันยายน - ธันวาคม). การจัด
 การเรียนรู้ตามแนวทาง STEM Education เรื่องระบบของร่างกายมนุษย์ เพื่อส่งเสริม
 ความคิดสร้างสรรค์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2. **วารสารราชพฤกษ์**, 13(3):71-
 76.

ภูรินทร์ แดงน้อย. (2559). การพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ **สาระที่ 6:**
โลกและการเปลี่ยนแปลง เพื่อส่งเสริมมโนทัศน์และความสามารถในการแก้ปัญหา
ทางวิทยาศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1. ปรินญาณิพนธ์ กศ.ด. (วิทยา
 ศาสตร์ศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

- มนตรา พึ่งไพศาล. (2561). การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์และการเปลี่ยนแปลงของลีลาการเรียนรู้ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการสะเต็มศึกษา ร่วมกับวัฏจักรการเรียนรู้ของคอร์ป. ปริญญาานิพนธ์ กศ.ม. (การวิจัยและพัฒนา ศักยภาพมนุษย์). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- มนัสวี ธิณะปัด. (2558). การศึกษาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ระหว่างโรงเรียนสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาในกรุงเทพมหานครและในจังหวัดน่าน โดยการวิเคราะห์เส้นทางแบบกลุ่มพหุ. ปริญญาานิพนธ์ กศ.ม.(การวิจัยและพัฒนา ศักยภาพมนุษย์). มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- มัทนี เสียงเสนาะ. (2559). การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน การคิดแก้ปัญหา และความคงทนทางการเรียนรู้วิชาชีววิทยา ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ชั้น และแบบปกติโดยใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมตัวแปรพหุนามแบบวัดซ้ำ. ปริญญาานิพนธ์ กศ.ม. (การวิจัยและพัฒนา ศักยภาพมนุษย์ แขนงการวิจัยและสถิติทางการศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- ยงยุทธ เกษสาคร. (2554). ภาวะผู้นำและการทำงานเป็นทีม พิมพ์ครั้งที่ 11. กรุงเทพฯ: เอสแอนด์จี กราฟฟิค.
- ยุทธ ไกยวรรณ. (2556). การวิเคราะห์สถิติหลายตัวแปรสำหรับงานวิจัย. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- รอยพิมพ์ใจ ชนะปราชญ์. (2550). การศึกษาปัจจัยบางประการที่ส่งผลต่อความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประจวบคีรีขันธ์. ปริญญาานิพนธ์ กศ.ม. (การวิจัยและสถิติทางการศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- รังสิมา มั่นใจอารีย์. (2549). การเพิ่มประสิทธิภาพในองค์กร. กรุงเทพฯ : พิมพ์พวชาการ.
- ราตรี นันทสุนกณ์. (2553). หลักการวัดและประเมินผลการศึกษา (ฉบับปรับปรุง). กรุงเทพฯ: จุดทอง.
- รุ่งศิริินทร์ จันทร์หอม. (2545, เมษายน). การสร้างเกณฑ์การประเมินผลงานทางคหกรรมศาสตร์ ด้วยรูบรีค (Rubrics Assessment). วารสารศึกษาศาสตร์, 14 (1), 23-29.

- เวรดี ศรีสุข. (2562,มกราคม – มิถุนายน). การประยุกต์ใช้ทฤษฎีการเรียนรู้แบบร่วมมือ (Co-operative learning) ในการออกแบบจัดการเรียนการสอน. **วารสารวิทยาลัยพยาบาลบรมราชชนนีสพพรรณบุรี**, 2(1): 6.
- ล้วน สายยศ, อังคณา สายยศ. (2542). **เทคนิคการวัดผลการเรียนรู้**. กรุงเทพฯ. สุวีริยาสาส์น.
- วนิช สุธาร์ตน์. (2547). **ความคิดและความคิดสร้างสรรค์**. กรุงเทพฯ : สุวีริยาสาส์น.
- วราภรณ์ ตระกูลสฤษดิ์. (2549). **การทำงานเป็นทีม**. กรุงเทพฯ : ศูนย์ส่งเสริมวิชาการ.
- วัฒนาพร ระงับทุกข์ (2545). **เทคนิคและกิจกรรมการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญตามหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พ.ศ.2544**. กรุงเทพฯ: พริกหวานกราฟฟิค.
- วันชัย มาชุตระกูล. (2561). **การพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ 4C/ID เพื่อเสริมสร้างทักษะการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 : การประยุกต์ใช้โมเดลโค้งพัฒนาการกลุ่มพหุ**. วิทยานิพนธ์ ค.อ.ด. (การวิจัยและพัฒนาหลักสูตร). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าคุณทหารลาดกระบัง.
- วันเพ็ญ จันทร์เจริญ. (2542). **การเรียนการสอนปัจจุบัน**. สกลนคร : สถาบันราชภัฏสกลนคร.
- วิกานดา เกษตรเอี่ยม. (2558). **การสร้างทีมงาน**. กรุงเทพฯ: โอเดียนสโตร์.
- วิชชุตา อ้วนศรีเมือง. (2554). **การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการคิดแก้ปัญหาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือ โดยใช้เทคนิค STAD กับการจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือโดยใช้เทคนิค LT**. วิทยานิพนธ์ กศ.ม. (การมัธยมศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- วิเชียร อินทรสมพันธ์. (2558). **เอกสารประกอบการสอนวิชาการพัฒนาเครื่องมือวัดเจตคติ**. กรุงเทพฯ: คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา.
- วิภาวี ทะนานทอง, ปิยรัตน์ ดรบบัณฑิต. (2561,กรกฎาคม). การเปรียบเทียบผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้สะเต็มศึกษากับกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ (5E) เรื่อง ปฏิกริยาเคมี สำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย. **วารสารหน่วยวิจัยวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสิ่งแวดล้อมเพื่อการเรียนรู้**, 9(2): 119-131.
- วิมลรัตน์ สุนทรโรจน์. (2551). **นวัตกรรมตามแนวคิดแบบ Back ward Desing**. ภาควิชาหลักสูตรและการสอน คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสารคาม
- ศักดิ์ สุนทรเสณี. (2531). **เจตคติ**. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์รุ่งวัฒนา.

- ศานิตา ต่ายเมืองและคณะ. (2563,พฤษภาคม - สิงหาคม). การพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้
วิชา วิทยาศาสตร์ โดยการประยุกต์ใช้แนวคิดสะเต็มศึกษาเพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์
และจิตวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2. **วารสารวิจัยรำไพพรรณี**, 14(2):
23-33.
- ศิริพิมล หงษ์เหม, สุเทพ อ่วมเจริญ. (2557,มกราคม - มิถุนายน). การพัฒนาความสามารถใน
การคิดแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์และคุณลักษณะใฝ่เรียนรู้ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่
4 โดยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้. **วารสารศิลปการศึกษาศาสตร์วิจัย**, 6(1):
91-103.
- สกุล มูลแสดง. (2554). **สัมมนาการสอนวิทยาศาสตร์**. กรุงเทพฯ :สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัย
รามคำแหง.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2546). **คู่มือวัดผลประเมินผล
วิทยาศาสตร์**. กรุงเทพฯ: สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2550). **การเรียนการสอนวิทยาศาสตร์แบบ
สืบเสาะหาความรู้ รูปแบบ 5Es**. กรุงเทพฯ: สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และ
เทคโนโลยี.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.). (2557). **คู่มือหลักสูตรอบรมครู
สะเต็มศึกษา**. กรุงเทพฯ: กระทรวงศึกษาธิการ.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2562). **การแถลงข่าวผลการประเมิน
PISA 2018 สืบค้นเมื่อ 10 พฤศจิกายน 2563 จาก <https://pisathailand.ipst.ac.th/news-12/>.**
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2562). **คู่มือครู รายวิชาเพิ่มเติม
วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ฟิสิกส์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เล่ม 4**. กรุงเทพฯ: สถาบัน
ส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.
- สนธิ พลชัยยา. (2557,กรกฎาคม-สิงหาคม). **สะเต็มศึกษากับการคิดขั้นสูง. นิตยสาร สสวท.**
42(189): 7-10.
- สมจิต สวณไพบูลย์ (2546). **รายงานการวิจัย การวิจัย และพัฒนาชุดกิจกรรมการจัด
กระบวนการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญด้วยกิจกรรมหลากหลาย**. กรุงเทพฯ: ศูนย์
วิทยาศาสตร์ศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

- สมชาติ กิจยรรยง, จีรชา ใจเปี่ยม. (2552). **เกมกิจกรรมเพื่อการเสริมสร้างและพัฒนา
ทีมงาน**. กรุงเทพฯ : พาวเวอร์ฟูลไลฟ์.
- สมบูรณ์ ชิตพงษ์. (2538). เครื่องมือวัดแนวคิดแก้ปัญหา. **สารานุกรมศึกษาศาสตร์**, (14): 9-14.
- สมปัญญา ศรีภคานนท์. (2535). **การศึกษาศามารถในการสร้างสิ่งประดิษฐ์และ
ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โดยใช้ชุด
กิจกรรมสร้างสิ่งประดิษฐ์กับชุดกิจกรรมซ่อมแซมสิ่งประดิษฐ์ทางวิทยาศาสตร์.**
ปริญญาานิพนธ์ กศ.ม. (การมัธยมศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- สมศักดิ์ ภูวิภาดาพรรณ. (2544). **เทคนิคการส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ (พิมพ์ครั้งที่ 6)**
กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์ไทยวัฒนาพานิช จำกัด.
- สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ. (2545). **การมีส่วนร่วมของชุมชนในการจัด
การศึกษาของสถานศึกษา**. กรุงเทพฯ : สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ.
- สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา. (2550). **4 แนวทางการจัดการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็น
สำคัญ การจัดเรียนรู้แบบโครงงาน**. กรุงเทพฯ. โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่ง
ประเทศ จำกัด.
- สำนักงานคณะกรรมการข้าราชการพลเรือน (ก.พ.). (2559). **หนังสืออิเล็กทรอนิกส์ การคิด
เชิงสร้างสรรค์**. สืบค้นเมื่อ 5 ตุลาคม 2563 จาก <http://www.ocsc.go.th/>
- สำนักวิชาการ. (2559). **สะเต็มศึกษา**. สืบค้นเมื่อ 6 ตุลาคม 2563
. https://library2.parliament.go.th/ejournal/content_af/2559/jun2559-5.pdf.
- สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเขต 2. (2563). **รายงานผลการทดสอบทาง
การศึกษาขั้นพื้นฐาน (O-NET) ปีการศึกษา 2562**. สืบค้นเมื่อวันที่ 10 พฤศจิกายน
2563 จาก <http://secondary2.obec.go.th/sesao2/file/onet62.pdf>.
- สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน. (2563). **แนวทางการจัดทักษะการเรียนรู้ใน
ศตวรรษที่ 21 ที่เน้นสมรรถนะสาขาวิชาชีพ**. กรุงเทพฯ: สำนักงานคณะกรรมการ
การศึกษาขั้นพื้นฐาน.
- สิรินภา กิจเกื้อกูล. (2558, กรกฎาคม - กันยายน). **สะเต็มศึกษา**. **วารสารศึกษาศาสตร์
มหาวิทยาลัยนเรศวร**, 17(2): 201-207.

- สิริลักษณ์ นิตินทรกุล. (2554). **ความคิดสร้างสรรค์**. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
- สุดาทิพย์ นนตระอุตร. (2556: กรกฎาคม – สิงหาคม) การพัฒนาโมเดลสมการโครงสร้างพหุ
ระดับปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5
ภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบน. **วารสารบัณฑิตศึกษา**, 10 (49): 87-96.
- สุธิดา วงสามิ่งและคณะ. (2560). **การสร้างแบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์ทาง
วิทยาศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6**. สืบค้นเมื่อ 6 ตุลาคม 2563 จาก
http://conference.edu.ksu.ac.th/file/20160809_5851353610.pdf.
- สุนทร ภูรีปริชาเลิศและคณะ. (2563, มกราคม – มิถุนายน). การพัฒนารูปแบบการเรียนการสอน
บูรณาการตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เพื่อส่งเสริมความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์
ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ และความสามารถด้านผลิตภาพสำหรับนักเรียนระดับ
ชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นโรงเรียนสาธิตสังกัดมหาวิทยาลัยของรัฐ. **วารสารหน่วยวิจัย
วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสิ่งแวดล้อมเพื่อการเรียนรู้**, 11(1): 84-114.
- สุนีย์ เหมะประสิทธิ์. (2542). **เอกสารประกอบฝึกอบรม ทักษะ เทคนิค กระบวนการการ
จัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์**. กรุงเทพฯ: ภาควิชาหลักสูตรและการสอน คณะ
ศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- สุพจน์ สิ้นสูงศ์วัฒน์. (2527). **การสร้างแบบทดสอบวัดแรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์ ระดับชั้น
มัธยมศึกษาปีที่ 3 ในจังหวัดบุรีรัมย์**. ปรินูญานิพนธ์ กศ.ม.(การวัดผลการศึกษา).
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- สุพรรณิชา ชาญประเสริฐ. (2557). **สะเต็มศึกษากับการจัดการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21**. **นิตยสาร
สสวท**, 42(186): 3-5.
- สุพัตรา แก้ววิชิต. (2548). **แรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษามหาวิทยาลัย
ราชภัฏจันทรเกษม**. ปรินูญานิพนธ์ กศ.ม.(การอุดมศึกษา).
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- สุพัตรา โคตะวงศ์. (2559). **การส่งเสริมทักษะการทำงานเป็นทีมด้วยกิจกรรมการเรียนรู้
แบบสะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนรู้แบบร่วมมือ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4
โรงเรียนชุมชนแพศึกษา**. ปรินูญาคูศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาคอมพิวเตอร์ศึกษา
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม.
- สุมาลี กาญจนชาติวี. (2525). **การศึกษาพัฒนาการความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของ**

นักเรียนอายุ 11 – 15 ปี ในเขตกรุงเทพมหานคร. วิทยานิพนธ์ ศศ.ม. กรุงเทพฯ:
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สุวิทย์ มูลคำ. (2547). **กลยุทธ์การสอนคิดสร้างสรรค์**. กรุงเทพฯ : ภาพพิมพ์

สุวิทย์ มูลคำ, อรทัย มูลคำ. (2545). **21 วิธีจัดการเรียนรู้เพื่อพัฒนากระบวนการคิด**.
กรุงเทพฯ: ภาพพิมพ์.

อับดุลยามี น. หะยีชาเดร์. (2560มกราคม – เมษายน). ผลของการจัดการเรียนรู้ตาม
แนวทางสะเต็มศึกษาที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา ความคิดสร้างสรรค์ทาง
วิทยาศาสตร์ และความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5.
วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี, 30(1): 170-
180.

อาภรณ์ ใจเที่ยง. (2550). **หลักการสอน (ฉบับปรับปรุง พิมพ์ครั้งที่ 4)**. กรุงเทพฯ:
โอเดียนสโตร์.

อารี พันธุ์มณี. (2546). **จิตวิทยาการเรียนการสอน**. กรุงเทพฯ: ต้นอ้อ 1999

อารี พันธุ์มณี. (2546). **ฝึกให้คิดเป็น คิดสร้างสรรค์ (พิมพ์ครั้งที่ 2)**. กรุงเทพฯ:
ไยใหม่เอ็ดดูเคท.

อิทธิพัทธ์ สุวทันพรกุล. (2562). **การวิจัยทางการศึกษา: แนวคิดและประยุกต์ใช้**.
กรุงเทพฯ: ภาควิชาการวัดผลและวิจัยการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

อุปกาล จีระพันธุ์. (2556,พฤศจิกายน - ธันวาคม). สะเต็มศึกษาของใหม่สำหรับประเทศไทย
หรือไม่. **นิตยสาร สสวท**, 42(185): 32-34.

เอกสิทธิ์ ศรีเมือง. (2556). **ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ของ
นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 จังหวัดศรีสะเกษ : การวิเคราะห์กลุ่มพหุ**. ปริญญา
นิพนธ์ กศ.ม. (การวัดผลการศึกษา) มหาวิทยาลัย มหาวิทาลัยมหาสารคาม.



ภาคผนวก



ภาคผนวก ก
รายนามผู้เชี่ยวชาญในการตรวจเครื่องมือ

รายนามผู้เชี่ยวชาญในการตรวจเครื่องมือ

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.มนตา ตูลย์เมธการ	อาจารย์ประจำภาควิชาการวัดผล และวิจัย การศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.โชคชัย พุทธิรักษา	อาจารย์ประจำภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
นายชูเกียรติ ชัยชนะดารา	ครูเชี่ยวชาญ กลุ่มสาระการเรียนรู้ วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี โรงเรียนสตรีวิทยา
นายสุมิตร สวนสุข	ครูชำนาญการพิเศษ กลุ่มสาระการเรียนรู้ วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี โรงเรียนสวนกุหลาบวิทยาลัย
นายอดิศักดิ์ ยงยุทธ	ครูชำนาญการพิเศษ กลุ่มสาระการเรียนรู้ วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี โรงเรียนมัธยมวัดหนองจอก



ภาคผนวก ข
เอกสารรับรองจริยธรรมในมนุษย์



MF-04-version-2.0

วันที่ 18 ต.ค. 61

หนังสือรับรองจริยธรรมการวิจัยของข้อเสนอการวิจัย
เอกสารข้อมูลคำอธิบายสำหรับผู้เข้าร่วมการวิจัยและใบอนุญาต

หมายเลขข้อเสนอการวิจัย SWUEC-G- 106/2564E

ข้อเสนอการวิจัยนี้และเอกสารประกอบของข้อเสนอการวิจัยตามรายการแสดงด้านล่าง ได้รับการพิจารณาจาก คณะกรรมการจริยธรรมสำหรับพิจารณาโครงการวิจัยที่ทำในมนุษย์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒแล้ว คณะกรรมการฯ มีความเห็นว่าข้อเสนอการวิจัยที่จะดำเนินการมีความสอดคล้องกับหลักจริยธรรมสากล ตลอดจนกฎหมาย ข้อบังคับและ ข้อกำหนดภายในประเทศ จึงเห็นสมควรให้ดำเนินการวิจัยตามข้อเสนอการวิจัยนี้ได้

ชื่อโครงการวิจัยเรื่อง: ผลการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา ร่วมกับการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคกลุ่มร่วมมือต่อ ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์และความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ของ นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เมื่อควบคุมทักษะการทำงานเป็นทีม

ชื่อผู้วิจัยหลัก: นางสาว อูตินันท์ ม่วงจีน

สังกัด: คณะศึกษาศาสตร์

เอกสารที่รับรอง:

1. แบบเสนอโครงการวิจัย
2. โครงการวิจัย
3. เอกสารชี้แจงผู้เข้าร่วมการวิจัย
4. หนังสือให้ความยินยอมเข้าร่วมโครงการวิจัย

เอกสารที่พิจารณาทบทวน

1. แบบเสนอโครงการวิจัย	ฉบับที่ 2	วัน/เดือน/ปี 24 มีนาคม 2564
2. โครงร่างการวิจัย	ฉบับที่ 2	วัน/เดือน/ปี 24 มีนาคม 2564
3. เอกสารชี้แจงผู้เข้าร่วมการวิจัย	ฉบับที่ 2	วัน/เดือน/ปี 24 มีนาคม 2564
4. หนังสือให้ความยินยอมเข้าร่วมโครงการวิจัย	ฉบับที่ 2	วัน/เดือน/ปี 24 มีนาคม 2564

(ลงชื่อ).....

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. พันตแพทย์หญิงณปภา เอี่ยมจิรกุล)

กรรมการและเลขานุการคณะกรรมการจริยธรรมสำหรับพิจารณาโครงการวิจัยที่ทำในมนุษย์

(ลงชื่อ).....

(แพทย์หญิงสุวิพร ภัทรสุวรรณ)

ประธานคณะกรรมการจริยธรรมสำหรับพิจารณาโครงการวิจัยที่ทำในมนุษย์

หมายเลขรับรอง : SWUEC/E/G-106/2564

วันที่ให้การรับรอง : 24/03/2564

วันหมดอายุใบรับรอง : 24/03/2565



ภาคผนวก ค
ผลการตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือวิจัย

ตาราง 16 ค่าประเมินความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาร่วมกับเทคนิค
กลุ่มร่วมมือ

แผนที่	ความคิดเห็นผู้เชี่ยวชาญ			ค่าเฉลี่ย	ผลการพิจารณา
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3		
1	4.85	4.85	4.15	4.62	มีความเหมาะสมมากที่สุด
2	4.85	4.84	3.53	4.41	มีความเหมาะสมมาก
3	4.92	4.93	4.31	4.72	มีความเหมาะสมมากที่สุด
4	4.84	4.84	4.84	4.84	มีความเหมาะสมมากที่สุด
5	4.85	4.85	4.38	4.69	มีความเหมาะสมมากที่สุด
6	4.84	4.85	4.08	4.59	มีความเหมาะสมมากที่สุด

ตาราง 17 ค่าประเมินความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E)

แผนที่	ความคิดเห็นผู้เชี่ยวชาญ			ค่าเฉลี่ย	ผลการพิจารณา
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3		
1	4.85	4.77	4.31	4.64	มีความเหมาะสมมากที่สุด
2	4.85	4.92	4.31	4.69	มีความเหมาะสมมากที่สุด
3	4.92	5.00	4.46	4.79	มีความเหมาะสมมากที่สุด
4	4.92	4.84	4.92	4.89	มีความเหมาะสมมากที่สุด
5	4.84	4.84	4.53	4.74	มีความเหมาะสมมากที่สุด
6	4.85	4.85	4.23	4.64	มีความเหมาะสมมากที่สุด

ตาราง 18 ค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับนิยามศัพท์ (Index of item-object congruence : IOC) ของแบบประเมินทักษะการทำงานเป็นที่มอบบันักเรียนประเมินตนเอง

ข้อ	ความคิดเห็นผู้เชี่ยวชาญ					IOC	ผลการพิจารณา
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5		
1	1	1	1	1	1	1	ใช้ได้
2	1	1	1	1	1	1	ใช้ได้
3	0	0	1	1	1	0.6	ใช้ได้
4	1	1	1	1	1	1	ใช้ได้
5	1	1	1	1	1	1	ใช้ได้
6	1	1	1	1	1	1	ใช้ได้
7	1	1	1	1	0	0.8	ใช้ได้
8	1	1	1	1	1	1	ใช้ได้
9	1	1	1	1	1	1	ใช้ได้
10	1	1	1	1	1	1	ใช้ได้
11	1	1	1	1	1	1	ใช้ได้
12	1	1	1	1	1	1	ใช้ได้
13	1	1	1	1	1	1	ใช้ได้
14	1	1	1	1	1	1	ใช้ได้
15	1	1	1	1	1	1	ใช้ได้
16	1	1	1	1	1	1	ใช้ได้
17	1	1	1	1	1	1	ใช้ได้
18	1	1	1	1	1	1	ใช้ได้
19	1	1	1	1	1	1	ใช้ได้
20	1	1	1	1	1	1	ใช้ได้
21	1	1	1	1	1	1	ใช้ได้
22	1	1	1	1	1	1	ใช้ได้
23	1	0	1	1	1	0.8	ใช้ได้

ตาราง 19 ค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบประเมินทักษะการทำงานเป็นที่มชอบนักเรียนประเมินตนเอง

ข้อ	อำนาจจำแนก	ผลการวิเคราะห์	ผลการพิจารณา
1	0.80	จำแนกได้ดีมาก	คัดเลือก
2	0.77	จำแนกได้ดีมาก	คัดเลือก
3	0.73	จำแนกได้ดีมาก	คัดเลือก
4	0.56	จำแนกได้ดี	คัดเลือก
5	0.58	จำแนกได้ดี	คัดเลือก
6	0.64	จำแนกได้ดีมาก	คัดเลือก
7	1.00	จำแนกได้ดีมาก	คัดเลือก
8	0.80	จำแนกได้ดีมาก	คัดเลือก
9	1.00	จำแนกได้ดีมาก	คัดเลือก
10	0.73	จำแนกได้ดีมาก	คัดเลือก
11	0.67	จำแนกได้ดีมาก	คัดเลือก
12	0.68	จำแนกได้ดีมาก	คัดเลือก
13	0.81	จำแนกได้ดีมาก	คัดเลือก
14	0.79	จำแนกได้ดีมาก	คัดเลือก
15	0.80	จำแนกได้ดีมาก	คัดเลือก
16	0.80	จำแนกได้ดีมาก	คัดเลือก
17	0.76	จำแนกได้ดีมาก	คัดเลือก
18	0.95	จำแนกได้ดีมาก	คัดเลือก
19	0.87	จำแนกได้ดีมาก	คัดเลือก
20	0.78	จำแนกได้ดีมาก	คัดเลือก
21	0.76	จำแนกได้ดีมาก	คัดเลือก
22	0.85	จำแนกได้ดีมาก	คัดเลือก
23	0.89	จำแนกได้ดีมาก	คัดเลือก

แบบประเมินทักษะการทำงานเป็นที่มชอบนักเรียนประเมินตนเองมีค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับนิยามศัพท์ (Index of item-object congruence : IOC) ระหว่าง 0.60 -1.00 โดยคัดเลือกข้อคำถามไว้ทั้งหมด 23 ข้อ มีค่าอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง 0.56 – 1.00 และมีค่าความเชื่อมั่นของแบบวัด (Cronbach's Alpha method) เท่ากับ 0.90

ตาราง 20 ค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับนิยามศัพท์ (Index of item-object congruence : IOC) ของแบบประเมินทักษะการทำงานเป็นที่มอบให้ผู้สอนประเมินนักเรียน

ข้อ	ความคิดเห็นผู้เชี่ยวชาญ					IOC	ผลการพิจารณา
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5		
1	1	1	1	1	1	1	ใช้ได้
2	1	1	1	1	1	1	ใช้ได้
3	0	0	1	1	1	0.6	ใช้ได้
4	1	1	1	1	1	1	ใช้ได้
5	1	1	1	1	1	1	ใช้ได้
6	1	1	1	1	1	1	ใช้ได้
7	1	1	1	1	1	1	ใช้ได้
8	1	1	1	1	1	1	ใช้ได้
9	1	1	1	1	1	1	ใช้ได้
10	1	1	1	1	1	1	ใช้ได้
11	1	1	1	1	1	1	ใช้ได้
12	0	1	1	1	1	0.8	ใช้ได้
13	1	1	1	1	1	1	ใช้ได้
14	1	1	1	1	1	1	ใช้ได้
15	1	1	1	1	1	1	ใช้ได้
16	1	1	1	1	1	1	ใช้ได้
17	1	1	1	1	1	1	ใช้ได้
18	1	1	1	1	1	1	ใช้ได้
19	1	1	1	1	1	1	ใช้ได้
20	0	1	1	1	1	0.8	ใช้ได้
21	1	1	1	1	1	1	ใช้ได้
22	1	1	1	1	1	1	ใช้ได้
23	1	0	1	1	1	0.8	ใช้ได้

ตาราง 21 ค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบประเมินทักษะการทำงานเป็นที่มอบให้ผู้สอนประเมินนักเรียน

ข้อ	อำนาจจำแนก	ผลการวิเคราะห์	ผลการพิจารณา
1	0.37	จำแนกได้พอใช้	คัดเลือก
2	0.58	จำแนกได้ดี	คัดเลือก
3	0.56	จำแนกได้ดี	คัดเลือก
4	0.58	จำแนกได้ดี	คัดเลือก
5	0.50	จำแนกได้ดี	คัดเลือก
6	0.52	จำแนกได้ดี	คัดเลือก
7	0.55	จำแนกได้ดี	คัดเลือก
8	0.58	จำแนกได้ดี	คัดเลือก
9	0.63	จำแนกได้ดีมาก	คัดเลือก
10	0.64	จำแนกได้ดีมาก	คัดเลือก
11	0.66	จำแนกได้ดีมาก	คัดเลือก
12	0.58	จำแนกได้ดี	คัดเลือก
13	0.53	จำแนกได้ดี	คัดเลือก
14	0.54	จำแนกได้ดี	คัดเลือก
15	0.56	จำแนกได้ดี	คัดเลือก
16	0.63	จำแนกได้ดีมาก	คัดเลือก
17	0.48	จำแนกได้ดี	คัดเลือก
18	0.62	จำแนกได้ดีมาก	คัดเลือก
19	0.64	จำแนกได้ดี	คัดเลือก
20	0.57	จำแนกได้ดี	คัดเลือก
21	0.55	จำแนกได้ดี	คัดเลือก
22	0.53	จำแนกได้ดี	คัดเลือก
23	0.20	จำแนกได้พอใช้	คัดเลือก

แบบประเมินทักษะการทำงานเป็นที่มอบให้ผู้สอนประเมินนักเรียนมีค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับนิยามศัพท์ (Index of item-object congruence : IOC) ระหว่าง 0.60 – 1.00 โดยคัดเลือกข้อคำถามไว้ทั้งหมด 23 ข้อ มีค่าอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง 0.20 – 0.66 และมีค่าความเชื่อมั่นของแบบวัด (Cronbach's Alpha method) เท่ากับ 0.93

ตาราง 22 ค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับนิยามศัพท์ (Index of item-object congruence : IOC) ของแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์

ข้อ	ความคิดเห็นผู้เชี่ยวชาญ					IOC	ผลการพิจารณา
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5		
1	1	1	1	1	0	0.8	ใช้ได้
2	1	1	1	1	-1	0.6	ใช้ได้
3	0	1	1	1	0	0.6	ใช้ได้
4	1	1	1	1	0	0.8	ใช้ได้
5	1	1	1	1	1	1	ใช้ได้

ตาราง 23 ค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์

ข้อ	อำนาจจำแนก	ผลการวิเคราะห์	ผลการพิจารณา
1	0.41	จำแนกได้ดี	คัดเลือก
2	0.3	จำแนกได้พอใช้	ตัดทิ้ง
3	0.33	จำแนกได้พอใช้	ตัดทิ้ง
4	0.35	จำแนกได้พอใช้	คัดเลือก
5	0.50	จำแนกได้ดี	คัดเลือก

แบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์มีค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับนิยามศัพท์ (Index of item-object congruence : IOC) ระหว่าง 0.60 – 1.00 โดยคัดเลือกข้อคำถามไว้ทั้งหมด 3 ข้อ มีค่าอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง 0.35 – 0.50 และมีค่าความเชื่อมั่นของแบบวัด (Cronbach's Alpha method) เท่ากับ 0.77


ตาราง 24 ค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับนิยามศัพท์ (Index of item-object congruence : IOC) ของแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์

ข้อ	ความคิดเห็นผู้เชี่ยวชาญ					IOC	ผลการพิจารณา
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5		
1	1	1	1	1	1	1	ใช้ได้
2	1	1	1	1	1	1	ใช้ได้
3	1	1	1	1	1	1	ใช้ได้
4	1	1	1	1	1	1	ใช้ได้
5	1	0	1	1	1	0.8	ใช้ได้

ตาราง 25 ค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์

ข้อ	อำนาจจำแนก	ผลการวิเคราะห์	ผลการพิจารณา
1	0.4	จำแนกได้ดี	คัดเลือก
2	0.67	จำแนกได้ดีมาก	คัดเลือก
3	0.36	จำแนกได้พอใช้	ตัดทิ้ง
4	0.44	จำแนกได้ดี	คัดเลือก
5	0.06	จำแนกได้ต่ำมาก	ตัดทิ้ง

แบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์มีค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับนิยามศัพท์ (Index of item-object congruence : IOC) ระหว่าง 0.80 -1.00 โดยคัดเลือกข้อคำถามไว้ทั้งหมด 3 ข้อ มีค่าอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง 0.40 – 0.67 และมีค่าความเชื่อมั่นของแบบวัด (Cronbach's Alpha method) เท่ากับ 0.73



ภาคผนวก ง
ตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้

- ตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา ร่วมกับการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคกลุ่มร่วมมือ
- ตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E)

ตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาร่วมกับเทคนิคกลุ่มร่วมมือ

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2564		
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4	หน่วยการเรียนรู้ที่ 2	เรื่อง การได้ยินเสียง
รหัสวิชา ว32202	รายวิชา ฟิสิกส์ 4	ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5
หัวข้อเรื่อง ระดับสูงต่ำของเสียง คุณภาพเสียง มลพิษทางเสียงและการป้องกัน		
จำนวน 4 คาบ	ผู้สอน นางสาวฐิตินันท์ ม่วงจิ้น	

1. มาตรฐานการเรียนรู้และผลการเรียนรู้

1.1 มาตรฐานการเรียนรู้

สาระที่ 5 พลังงาน

มาตรฐาน ว 5.1 เข้าใจความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานกับการดำรงชีวิต การเปลี่ยนรูปพลังงาน ปฏิสัมพันธ์ระหว่างสารและพลังงาน ผลของการใช้พลังงานต่อชีวิตและสิ่งแวดล้อม มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

1.2 ผลการเรียนรู้

ม.4-6/2 อธิบายการเกิดคลื่นเสียง บีตส์ของเสียง ความเข้มเสียง ระดับเสียง การได้ยินเสียง คุณภาพเสียงและนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

ม.4-6/3 อภิปรายผลการสืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับมลพิษทางเสียงที่มีต่อสุขภาพของมนุษย์ และการเสนอวิธีป้องกัน

2. จุดประสงค์การเรียนรู้

2.1 นักเรียนสามารถอธิบายเกี่ยวกับระดับสูงต่ำของเสียง คุณภาพเสียง มลพิษทางเสียง และการป้องกันได้

2.2 นักเรียนสามารถออกแบบวิธีการแก้ปัญหาจากการบูรณาการตามแนวคิดสะเต็มศึกษาได้

2.3 นักเรียนสามารถคำนวณปริมาณที่เกี่ยวข้องกับระดับสูงต่ำของเสียง คุณภาพเสียงได้

3. สาระสำคัญ

เสียงจากแหล่งกำเนิดเสียงต่าง ๆ มีระดับสูงต่ำของเสียงและคุณภาพเสียงที่ต่างกัน ระดับสูงต่ำของเสียง (pitch) สัมพันธ์กับความถี่ของเสียง เสียงที่มีความถี่สูง เรียกว่า เสียงสูงหรือเสียงแหลม เสียงที่มีความถี่ต่ำเรียกว่า เสียงต่ำหรือเสียงทุ้ม ส่วนคุณภาพเสียง (quality of sound) เป็นลักษณะเฉพาะของเสียงที่ทำให้ผู้ฟังจำแนกเสียงนั้น ๆ เสียงที่มีคุณภาพเสียงต่างกันมีรูปแบบ

ของเสียงแตกต่างกัน ทั้งนี้เพราะเสียงแต่ละรูปแบบเกิดจากผลรวมของหลายฮาร์โมนิกและแอมพลิจูดแต่ละฮาร์โมนิกที่แตกต่างกัน

เสียงรบกวนเป็นเสียงที่ดังหรือมีระดับเสียงสูง และก่อให้เกิดความรำคาญ ถือว่าเป็นมลพิษทางเสียง (noise pollution) อาจเป็นอันตรายต่อสุขภาพและจิตใจ การลดหรือควบคุมระดับเสียง อาจทำได้ 3 วิธี คือ การควบคุมที่แหล่งกำเนิดเสียง การควบคุมทางผ่านของเสียง และการควบคุมที่ผู้รับฟังเสียง

4. สมรรถนะสำคัญของนักเรียน

- 4.1 ความสามารถในการสื่อสาร
- 4.2 ความสามารถในการคิด
- 4.3 ความสามารถในการแก้ปัญหา
- 4.4 ความสามารถในการใช้ทักษะชีวิต
- 4.5 ความสามารถในการใช้เทคโนโลยี

5. ชิ้นงานหรือภาระงาน

- ใบกิจกรรมที่ 4 เรื่อง แบบจำลองห้องเก็บเสียง
- แบบจำลองห้องเก็บเสียง

6. กิจกรรมการเรียนรู้

6.1 ขั้นก่อนทำกิจกรรม

1. ครูให้นักเรียนปิดตาตัวเองด้วยผ้าที่ครูเตรียมให้ จากนั้นครูเปิดเพลงให้นักเรียนฟัง พร้อมตั้งคำถามกระตุ้นการคิดว่า “เพลงที่ได้ฟังประกอบด้วยเครื่องดนตรีอะไรบ้าง และเสียงได้ยินของเครื่องดนตรีแต่ละชนิดแตกต่างกันอย่างไร

2. นักเรียนอภิปรายร่วมกันได้ว่า เสียงจากแหล่งกำเนิดเสียงมีระดับสูงต่ำของเสียงแตกต่างกัน ขึ้นกับความถี่เสียง โดยเสียงที่มีระดับสูงต่ำของเสียงสูง เป็นเสียงที่มีความถี่สูงเรียกว่าเสียงสูงหรือเสียงแหลม ส่วนเสียงที่มีระดับสูงต่ำของเสียงต่ำเป็นเสียงที่มีความถี่ต่ำเรียกว่า เสียงต่ำหรือเสียงทุ้ม เมื่อความถี่ของเสียงแตกต่างกันจึงทำให้เสียงที่ได้ยินมีลักษณะเฉพาะตัวแตกต่างกัน เรียกว่า มีคุณภาพเสียงแตกต่างกัน

3. ครูตั้งคำถามกระตุ้นการคิด “รถจักรยานยนต์หรือรถยนต์ที่ถอดท่อเก็บเสียงออกหรือดัดแปลงท่อไอเสียเพื่อทำให้เกิดเสียงดังมาก รถดังกล่าวไม่เหมาะสมที่จะนำมาใช้ในเขตชุมชนเพราะเหตุใด”

4. นักเรียนอภิปรายร่วมกันได้ว่า “ไม่เหมาะสมที่จะนำมาใช้ในชุมชน เพราะรดดังกล่าวทำให้เกิดเสียงที่ดังมากกว่าที่มาตรฐานกำหนด ก่อให้เกิดความรำคาญต่อผู้อยู่อาศัยในชุมชน และทำให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพ”

5. ครูนำเข้าสู่การทำกิจกรรมสะเต็มศึกษา โดยจัดกลุ่มนักเรียนออกเป็นกลุ่ม กลุ่มละ 5-6 คน คณะความสามารถเก่ง ปานกลางและอ่อน

6. ครูชี้แจงการทำกิจกรรมสะเต็มศึกษา

6.2 ขั้นทำกิจกรรม

ขั้นที่ 1 การระบุปัญหา

1. ครูกำหนดสถานการณ์ปัญหาเพื่อกระตุ้นความสนใจของนักเรียน โดยสร้างสถานการณ์ในชีวิตจริงที่เกี่ยวข้องดังนี้ มานะรักการเล่นดนตรีเป็นชีวิตจิตใจ จึงมักจะไปเล่นดนตรีกับกลุ่มเพื่อนที่ห้องซ้อมดนตรี แต่เนื่องจากสถานการณ์โรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 (COVID-19) จึงไม่สามารถไปเล่นดนตรีที่ห้องซ้อมดนตรีได้ ดังนั้นมานะจึงจะใช้ห้องนอนของตนเองเป็นห้องซ้อมดนตรี แต่ห้องนอนของมานะไม่สามารถเก็บเสียงได้ และหากจะต้องเสียเงินในการสร้างห้องเก็บเสียง มานะก็มีงบประมาณไม่เพียงพอ จากสถานการณ์ข้างต้นหากนักเรียนเป็นมานะ นักเรียนจะทำห้องเก็บเสียงที่ผู้ฟังภายนอกได้ยินความดังของเสียงลดลงร้อยละ 60 อย่างไร โดยใช้อุปกรณ์ที่กำหนดให้ผสมผสานกับอุปกรณ์ที่มีอยู่ภายในบ้าน

2. ครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันทำความเข้าใจสถานการณ์ วิเคราะห์เงื่อนไข วิเคราะห์ปัญหา กำหนดปัญหาจากสถานการณ์เพื่อมาแก้ไข

ขั้นที่ 2 รวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา

1. ครูให้คำปรึกษานักเรียนในการกำหนดหัวข้อที่ต้องการใช้ในการรวบรวมข้อมูล อาทิเช่น แนวทางการลดมลพิษทางเสียง มาตรการของหน่วยงานต่าง ๆ ทั้งภายในประเทศและนอกประเทศที่เกี่ยวข้องกับการควบคุมมลพิษทางเสียง และนวัตกรรมปัจจุบันที่ช่วยในการลดมลพิษทางเสียง แนวทางในการแก้ปัญหาที่กลุ่มของนักเรียนกำหนด จากนั้นนักเรียนแบ่งหน้าที่รับผิดชอบตามหัวข้อที่แต่ละคนนัดไว้

2. นักเรียนแต่ละคนภายในกลุ่มนำข้อมูลจากการศึกษามารวมกัน ร่วมกันอภิปราย แลกเปลี่ยนแนวคิด กำหนดกรอบแนวคิดในด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรม คณิตศาสตร์ และประเมินความเป็นไปได้ของแนวทางในการแก้ปัญหา โดยคำนึงถึงการใช้อุปกรณ์จากที่กำหนดให้

ขั้นที่ 3 ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา

1. นักเรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอแนวทางในการแก้ปัญหาและกรอบแนวคิดในขั้นที่ 2 เลือกวัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ พร้อมทั้งเขียนแผนผังออกแบบชิ้นงาน เพื่อแก้ปัญหาเสียงรบกวนดัง สถานการณ์ข้างต้น

ขั้นที่ 4 วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา

1. นักเรียนแต่ละกลุ่มกำหนดลำดับขั้นตอนการสร้างชิ้นงาน พร้อมทั้งแบ่งหน้าที่รับผิดชอบขั้นตอนต่าง ๆ ตามความสนใจของสมาชิกแต่ละคนและลงมือปฏิบัติตามหน้าที่ที่ได้รับมอบหมาย

ขั้นที่ 5 ทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน

1. ครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มทำการทดสอบ โดยใช้แอปพลิเคชันวัดระดับเสียง หากความดังเสียงไม่ลดลง นักเรียนทำการปรับปรุงแก้ไขชิ้นงาน จากนั้นสรุปผลการทดสอบ และประเมินผลผลงานที่สร้างเสร็จ โดยประเมินผลทั้งกระบวนการทำงานและผลงาน

2. นักเรียนแต่ละกลุ่มเตรียมการนำเสนอผลงานผ่านโปรแกรมการสนทนาออนไลน์ zoom cloud meetings

ขั้นที่ 6 นำเสนอผลงาน

1. ครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มออกมานำเสนอชิ้นงานของกลุ่มตนเองผ่านโปรแกรมการสนทนาออนไลน์ zoom cloud meetings โดยนำเสนอกรอบแนวคิดในด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรม คณิตศาสตร์ ขั้นตอนกระบวนการทำงาน และหน้าที่ของสมาชิกแต่ละคน

2. ครูให้นักเรียนทดสอบชิ้นงานที่นักเรียนสร้างขึ้น

6.3 ขั้นสรุปและขยายความรู้

1. ครูและเพื่อนร่วมชั้นเรียนร่วมกันอภิปรายผลงาน แนะนำการปรับปรุงแก้ไข และครูเป็นผู้ประเมินผลกระบวนการทำงานและชิ้นงาน

2. ครูและนักเรียนร่วมกันสรุปบทเรียนได้ว่า เสียงจากแหล่งกำเนิดเสียงมีระดับสูงต่ำของเสียงแตกต่างกัน ขึ้นกับความถี่เสียง โดยเสียงที่มีระดับสูงต่ำของเสียงสูง เป็นเสียงที่มีความถี่สูงเรียกว่า เสียงสูงหรือเสียงแหลม ส่วนเสียงที่มีระดับสูงต่ำของเสียงต่ำเป็นเสียงที่มีความถี่ต่ำเรียกว่า เสียงต่ำหรือเสียงทุ้ม เมื่อความถี่ของเสียงแตกต่างกันจึงทำให้เสียงที่ได้ยินมีลักษณะเฉพาะตัวแตกต่างกัน เรียกว่า มีคุณภาพเสียงแตกต่างกัน และเสียงที่มีระดับเสียงสูงมากหรือเสียงที่ก่อให้เกิดความรำคาญ เป็นเสียงรบกวนหรือมลพิษทางเสียง ถ้ารับฟังติดต่อกันเป็นเวลานาน

อาจเป็นอันตราย ต่อการได้ยิน สุขภาพกายและจิตใจ อีกทั้งอาจทำให้ประสาทหูของผู้ฟังเสื่อม
ปวดศีรษะ หงุดหงิด ซึ่งเป็นผลทำให้บุคลิกภาพเปลี่ยนไป

7. สื่อการสอน

7.1 เอกสารประกอบการเรียน

7.2 อุปกรณ์ในการทำกิจกรรมที่ 4 เรื่อง แบบจำลองห้องเก็บเสียง

7.3 โปรแกรมการสอนออนไลน์ zoom cloud meetings

8. การวัดและประเมินผล

สิ่งที่ต้องการวัด	วิธีการวัด	เครื่องมือในการวัดผล	เกณฑ์การประเมิน
1. ความรู้ความเข้าใจ เกี่ยวกับระดับสูงต่ำ ของเสียง คุณภาพ เสียง มลพิษทางเสียง และ การป้องกัน	การสังเกต	ข้อคำถาม	ตอบคำถามได้
2. การออกแบบ วิธีการแก้ปัญหาจาก การบูรณาการตาม แนวคิดสะเต็มศึกษา ได้	ตรวจจากใบกิจกรรม ที่ 4 เรื่อง แบบจำลอง ห้องเก็บเสียง	ใบกิจกรรมที่ 4 เรื่อง แบบจำลองห้องเก็บ เสียง	5 คะแนนขึ้นไป: ดี 3-4 คะแนน: ปานกลาง 0-2 คะแนน: ปรับปรุง

9. บันทึกผลหลังสอน

9.1 ปัญหา/อุปสรรค/แนวทางแก้ไข

.....

.....

.....

9.2 ข้อเสนอแนะ

.....

.....

.....

ลงชื่อ

(นางสาวสุจินต์ ม่วงจีน)

ตำแหน่ง ครูผู้สอน



ตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E)

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2564		
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4	หน่วยการเรียนรู้ที่ 2	เรื่อง การได้ยินเสียง
รหัสวิชา ว32202	รายวิชา ฟิสิกส์ 4	ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5
หัวข้อเรื่อง ระดับสูงต่ำของเสียง คุณภาพเสียง มลพิษทางเสียงและการป้องกัน		
จำนวน 4 คาบ	ผู้สอน นางสาวฐิตินันท์ ม่วงจีน	

1. มาตรฐานการเรียนรู้และผลการเรียนรู้

1.1 มาตรฐานการเรียนรู้

สาระที่ 5 พลังงาน

มาตรฐาน ว 5.1 เข้าใจความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานกับการดำรงชีวิต การเปลี่ยนแปลงพลังงานปฏิสัมพันธ์ระหว่างสารและพลังงาน ผลของการใช้พลังงานต่อชีวิตและสิ่งแวดล้อม มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

1.2 ตัวชี้วัด

ม.4-6/2 อธิบายการเกิดคลื่นเสียง บีตส์ของเสียง ความเข้มเสียง ระดับเสียง การได้ยินเสียง คุณภาพเสียงและนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

ม.4-6/3 อภิปรายผลการสืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับมลพิษทางเสียงที่มีต่อสุขภาพของมนุษย์และการเสนอวิธีป้องกัน

2. จุดประสงค์การเรียนรู้

2.1 นักเรียนสามารถอธิบายเกี่ยวกับระดับสูงต่ำของเสียง คุณภาพเสียง มลพิษทางเสียงและการป้องกันได้

2.2 นักเรียนสามารถคำนวณปริมาณที่เกี่ยวข้องกับระดับสูงต่ำของเสียง คุณภาพเสียงได้

3. สาระสำคัญ

เสียงจากแหล่งกำเนิดเสียงต่าง ๆ มีระดับสูงต่ำของเสียงและคุณภาพเสียงที่ต่างกัน ระดับสูงต่ำของเสียง (pitch) สัมพันธ์กับความถี่ของเสียง เสียงที่มีความถี่สูง เรียกว่า เสียงสูงหรือเสียงแหลม เสียงที่มีความถี่ต่ำเรียกว่า เสียงต่ำหรือเสียงทุ้ม ส่วนคุณภาพเสียง (quality of sound) เป็นลักษณะเฉพาะของเสียงที่ทำให้ผู้ฟังจำแนกเสียงนั้น ๆ เสียงที่มีคุณภาพเสียงต่างกันมีรูปแบบ

ของเสียงแตกต่างกัน ทั้งนี้เพราะเสียงแต่ละรูปแบบเกิดจากผลรวมของหลายฮาร์โมนิกและแอมพลิจูดแต่ละฮาร์โมนิกที่แตกต่างกัน

เสียงรบกวนเป็นเสียงที่ดังหรือมีระดับเสียงสูง และก่อให้เกิดความรำคาญ ถือว่าเป็นมลพิษทางเสียง (noise pollution) อาจเป็นอันตรายต่อสุขภาพและจิตใจ การลดหรือควบคุมระดับเสียง อาจทำได้ 3 วิธี คือ การควบคุมที่แหล่งกำเนิดเสียง การควบคุมทางผ่านของเสียง และการควบคุมที่ผู้รับฟังเสียง

4. สมรรถนะสำคัญของนักเรียน

- 4.1 ความสามารถในการสื่อสาร
- 4.2 ความสามารถในการคิด
- 4.3 ความสามารถในการแก้ปัญหา
- 4.4 ความสามารถในการใช้ทักษะชีวิต
- 4.5 ความสามารถในการใช้เทคโนโลยี

5. ชิ้นงานหรือภาระงาน

- แบบฝึกหัดเรื่อง ระดับสูงต่ำของเสียง คุณภาพเสียง มลพิษทางเสียงและการป้องกัน

6. กิจกรรมการเรียนรู้

ระดับสูงต่ำของเสียง

6.1 ขั้นสร้างความสนใจ

1. ครูนำนักเรียนทบทวนความรู้ในครั้งที่แล้วว่า ครูและนักเรียนร่วมกันสรุปได้ว่า ความเข้มเสียง เป็นกำลังเสียงที่ส่งออกมาจากแหล่งกำเนิดต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่ที่ตั้งฉากกับทิศทางการเคลื่อนที่ของเสียง โดยมีหน่วยเป็น วัตต์ต่อตารางเมตร (W/m^2) ระดับเสียง เป็นปริมาณบ่งบอกความดังของเสียง ความเข้มเสียงที่มนุษย์สามารถได้ยินมีค่าระหว่าง 1012-100 วัตต์ต่อตารางเมตร ระดับเสียงมนุษย์สามารถได้ยินมีค่าระหว่าง 0-120 เดซิเบล และความถี่ที่มนุษย์ได้ยินที่อยู่ระหว่าง 20-20,000 เฮิรตซ์

2. ครูเปิดเพลงที่นักเรียนชื่นชอบให้นักเรียนฟังพร้อมตั้งคำถามกระตุ้นการคิดว่า “เพลงที่ได้ฟังประกอบด้วยเสียงอะไรบ้าง และได้ยินแตกต่างกันอย่างไร

6.2 ขั้นสำรวจและค้นหา

1. ครูให้นักเรียนจับคู่ทำกิจกรรม โดยนำน้ำใส่ขวดแก้วหลาย ๆ ขวดโดยให้ระดับน้ำไม่เท่ากัน แล้ววางเรียงกันไว้ตามระดับของน้ำจากน้อยไปมาก จากนั้นให้นักเรียนเคาะที่ด้านข้างของแต่ละขวด

2. ครูตั้งคำถามกระตุ้นการคิด “เสียงที่ได้ยินหลังจากเคาะด้านข้างของขวดน้ำแต่ละใบเหมือนหรือแตกต่างกันอย่างไร”

6.3 ชั้นอธิบายและลงเอกสารสรุป

1. ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับระดับสูงต่ำของเสียง ตามรายละเอียดในหนังสือเรียน จนสรุปได้ว่า เสียงจากแหล่งกำเนิดเสียงต่าง ๆ มีระดับสูงต่ำของเสียงแตกต่างกัน ขึ้นกับความถี่เสียง โดยเสียงที่มีระดับสูงต่ำของเสียงสูง เป็นเสียงที่มีความถี่สูง เรียกว่า เสียงสูง หรือเสียงแหลม เสียงที่มีระดับสูงต่ำของเสียงต่ำเป็นเสียงที่มีความถี่ต่ำ เรียกว่า เสียงต่ำหรือเสียงทุ้ม

2. ครูอธิบายเพิ่มเติมโดยใช้เอกสารการเรียนประกอบ จนสรุปได้ว่า เสียงความถี่สูงมีความยาวคลื่นสั้นกว่า เสียงที่มีความถี่ต่ำ

คุณภาพเสียง

1. ครูเปิดเสียงเครื่องดนตรีที่บันทึกไว้ทีละชนิด เช่น ขลุ่ย แคน ซอ โดยเล่นโน้ตตัวเดียวกันและไม่ให้นักเรียนเห็นเครื่องดนตรี

2. ครูให้นักเรียนทำนายว่าเสียงที่ได้ยินเป็นเสียงจากเครื่องดนตรีชนิดใด ทราบได้อย่างไร จากนั้นตั้งคำถามกระตุ้นการคิด “เหตุใดเสียงจากเครื่องดนตรีต่างชนิดกันจึงให้เสียงที่แตกต่างกัน”

6.2 ชั้นสำรวจและค้นหา

1. ครูให้นักเรียนดูวีดิทัศน์การเล่นเครื่องดนตรี 1 ชนิด โดยเล่นครบทุกตัวโน้ตและศึกษาข้อมูลเพิ่มเติมเพื่อนำมาตอบคำถามดังกล่าว

6.3 ชั้นอธิบายและลงเอกสารสรุป

1. ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับคุณภาพเสียงว่า เสียงจากเครื่องดนตรีชนิดใดชนิดหนึ่ง ประกอบด้วยเสียงหลาย ๆ ความถี่มารวมกัน โดยเสียงความถี่ต่ำสุด เรียกว่า ความถี่มูลฐานหรือฮาร์โมนิกที่หนึ่ง หรือ f_1 ส่วนเสียงความถี่อื่น ๆ ซึ่งเป็นจำนวนเต็มเท่าของความถี่มูลฐาน เช่น สองเท่า สามเท่า เรียกว่า ฮาร์โมนิกที่สอง หรือ f_2 ฮาร์โมนิกที่สาม หรือ $3f_1$ ตามลำดับ ขณะที่แหล่งกำเนิดเสียงอื่น จะให้เสียงซึ่งมีความถี่มูลฐานและฮาร์โมนิกต่าง ๆ ออกมาพร้อมกัน ฮาร์โมนิกเหล่านี้มีแอมพลิจูด (หรือความเข้มเสียง) ต่างกัน จะรวมกัน ทำให้ลักษณะของรูปคลื่นเสียงแตกต่างกัน เป็นลักษณะเฉพาะตัวของเสียงแต่ละแหล่งกำเนิด

2. ครูนำนักเรียนสรุปได้ว่า เสียงที่ได้ยินมีลักษณะเฉพาะตัวแตกต่างกัน เรียกว่า มีคุณภาพเสียงแตกต่างกัน ทำให้ผู้ฟังจำแนกเสียงเหล่านั้นได้

มลพิษทางเสียงและการป้องกัน

6.1 ขั้นสร้างความสนใจ

1. ครูใช้คำถามให้นักเรียนอภิปรายว่า เสียงประเภทใดเป็นเสียงที่นักเรียนไม่ต้องการได้ยิน และเสียงนั้น ๆ มีผลต่อนักเรียนอย่างไร และนักเรียนคาดการณ์ว่ามีแนวทางการลดเสียงนั้นๆ ใดๆ โดยเปิดโอกาสให้นักเรียนตอบอภิปรายอย่างอิสระ ไม่คาดหวังคำตอบที่ถูกต้อง

6.2 ขั้นสำรวจและค้นหา

1. ครูให้นักเรียนสำรวจแหล่งกำเนิดเสียงที่อาจก่อให้เกิดมลพิษทางเสียงในชุมชน ผลของเสียงต่อนักเรียนและครอบครัว รวมไปถึงวิธีลดมลพิษทางเสียงนั้น ๆ

2. ครูเลือกตัวแทนนักเรียนออกมานำเสนอผลของการศึกษา

6.3 ขั้นอธิบายและลงเอกสารสรุป

1. ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายได้ว่า “เสียงที่มีระดับเสียงสูงและเสียงที่ก่อให้เกิดความรำคาญ เสียงดังกล่าวเป็นเสียงรบกวนและเป็นมลพิษทางเสียง ถ้ารับฟังติดต่อกันเป็นเวลานาน อาจเป็นอันตราย ต่อการได้ยิน สุขภาพกายและจิตใจ อีกทั้งอาจทำให้ประสาทหูของผู้ฟังเสื่อม ปวดศีรษะ หงุดหงิด ซึ่งเป็นผลทำให้บุคลิกภาพเปลี่ยนไป

6.4 ขั้นขยายความรู้

1. ครูจับกลุ่มให้นักเรียนออกเป็นกลุ่ม กลุ่มละ 4-5 คน คละความสามารถ

2. ครูตั้งคำถามกระตุ้นการคิดของนักเรียน “รถจักรยานยนต์หรือรถยนต์ที่ถอดท่อเก็บเสียงออก หรือตัดแปลงท่อไอเสียเพื่อทำให้เกิดเสียงดังมาก รถมอเตอร์ไซด์ที่ไม่เหมาะสมที่จะนำมาใช้ในเขตชุมชนเพราะเหตุใด”

3. ครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันแลกเปลี่ยนแนวคิด เพื่อหาคำตอบ

4. ครูให้แต่ละกลุ่มส่งตัวแทนคำถาม พร้อมทั้งให้นักเรียนอภิปราย “ไม่เหมาะสมที่จะนำมาใช้ในชุมชน เพราะรถดังกล่าวทำให้เกิดเสียงที่ดังมากกว่าที่มาตรฐานกำหนด ก่อให้เกิดความรำคาญต่อผู้อยู่อาศัยในชุมชน และทำให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพ”

6.5 ขั้นประเมินผล

1. ครูให้นักเรียนทำแบบฝึกหัด จากนั้นจึงเลือกนักเรียนตอบคำถามแต่ละข้อ

2. ครูนำนักเรียนเฉลยแบบฝึกหัด

7. สื่อการสอน

7.1 เอกสารประกอบการเรียน

8. การวัดและประเมินผล

สิ่งที่ต้องการวัด	วิธีการวัด	เครื่องมือในการวัดผล	เกณฑ์การประเมิน
1. ความรู้ความเข้าใจ ระดับสูงต่ำของเสียง คุณภาพเสียง มลพิษ ทางเสียงและ การป้องกัน	การสังเกต	ข้อคำถาม	ตอบคำถามได้
2. คำนวณปริมาณที่ เกี่ยวข้องกับระดับสูง ต่ำของเสียง คุณภาพ เสียง	ตรวจจากแบบฝึกหัด เรื่อง ระดับสูงต่ำของ เสียง คุณภาพเสียง มลพิษทางเสียงและ การป้องกัน	แบบฝึกหัด เรื่อง ระดับสูงต่ำของเสียง คุณภาพเสียง มลพิษ ทางเสียงและการ ป้องกัน	5 คะแนนขึ้นไป: ดี 3-4 คะแนน: ปานกลาง 0-2 คะแนน: ปรับปรุง

9. บันทึกผลหลังสอน

9.1 ปัญหา/อุปสรรค/แนวทางแก้ไข

.....

.....

.....

9.2 ข้อเสนอแนะ

.....


.....

.....

ลงชื่อ

(นางสาวฐิตินันท์ ม่วงจีน)

ตำแหน่ง ครูผู้สอน



ภาคผนวก จ
เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

- แบบประเมินทักษะการทำงานเป็นทีม
- แบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์
- แบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์

แบบประเมินทักษะการทำงานเป็นทีมฉบับนักเรียนประเมินตนเอง

คำชี้แจง ให้นักเรียนพิจารณาข้อความที่เกี่ยวข้องกับทักษะการทำงานเป็นทีมที่ตรงกับความ
ความคิดเห็นของนักเรียนมากที่สุดหรือนักเรียนปฏิบัติตามข้อความนั้นบ่อยครั้งที่สุด แล้วทำ
เครื่องหมาย ลงในช่องระดับความเห็น โดยมีเกณฑ์การให้คะแนน ดังนี้

5 หมายถึง ข้อความตรงกับความคิดเห็นของนักเรียนมากที่สุดหรือนักเรียนปฏิบัติตาม
ตามข้อความนั้นบ่อยครั้งที่สุด

4 หมายถึง ข้อความตรงกับความคิดเห็นของนักเรียนมากหรือนักเรียนปฏิบัติตาม
ข้อความนั้นบ่อย

3 หมายถึง ข้อความตรงกับความคิดเห็นของนักเรียนปานกลางหรือนักเรียนปฏิบัติ
ตนตามข้อความนั้นบางครั้ง

2 หมายถึง ข้อความไม่ค่อยตรงกับความคิดเห็นของนักเรียนหรือนักเรียนปฏิบัติตาม
ตามข้อความนั้นนาน ๆ ครั้ง

1 หมายถึง ข้อความไม่ตรงกับความคิดเห็นของนักเรียนเลยหรือนักเรียนไม่ปฏิบัติตาม
ตามข้อความนั้น

ข้อ	ข้อความ	ระดับความรู้สึกร หรือพฤติกรรม				
		5	4	3	2	1
ด้านผู้นำทีม						
1	ข้าพเจ้าเข้าใจลักษณะของการทำงานเป็นทีม					
2	ข้าพเจ้าสามารถนำเสนอหรือเผยแพร่ข้อมูลให้ผู้อื่นเข้าใจ ได้					
3	ข้าพเจ้าสามารถควบคุมอารมณ์โกรธได้					
4	ข้าพเจ้ายอมรับฟังความคิดเห็นของสมาชิกในทีมก่อน ตัดสินใจ					
5	ข้าพเจ้าใช้หลักเหตุผลในการตัดสินใจ					
6	ข้าพเจ้ามีมนุษยสัมพันธ์ที่ดีและสามารถร่วมงานได้กับ ทุกคน					

ข้อ	ข้อความ	ระดับความรู้สึก หรือพฤติกรรม				
		5	4	3	2	1
ด้านผู้นำทีม (ต่อ)						
7	ข้าพเจ้ามักจะมีความคิดที่แปลกใหม่หรือแตกต่างจากผู้อื่น					
ด้านสมาชิกของทีม						
8	ข้าพเจ้ารู้และเข้าใจบทบาทหน้าที่ของตนเอง					
9	ข้าพเจ้าเสนอความคิดเห็นระหว่างการทำงานอยู่เสมอ					
10	ข้าพเจ้าให้ความร่วมมือและช่วยเหลือผู้อื่นในการทำงาน					
11	ข้าพเจ้าให้ข้อมูลตามจริง และแสดงความคิดเห็นด้วยเหตุและผล					
12	ข้าพเจ้าเชื่อว่าการทำงานเป็นทีม สามารถทำให้งานประสบความสำเร็จได้ดีกว่าการทำคนเดียว					
13	ข้าพเจ้าเอาใจใส่ต่อหน้าที่ที่ได้รับมอบหมาย					
14	ข้าพเจ้าตั้งใจและรับผิดชอบในการทำงานให้สำเร็จ					
ด้านกระบวนการในการทำงานของทีม						
15	ข้าพเจ้าร่วมกำหนดเป้าหมายหรือวัตถุประสงค์ของการทำงาน					
16	ข้าพเจ้าร่วมวางแผนและกำหนดหน้าที่ต่าง ๆ ในการทำงาน					
17	ข้าพเจ้าปฏิบัติงานตามแผนที่กำหนดไว้					
18	ข้าพเจ้าตรวจสอบและปรับปรุงงานร่วมกับเพื่อน ๆ ในทีมเสมอ					
19	ข้าพเจ้าสามารถประสานงานกับเพื่อน ๆ ในทีมเป็นอย่างดี					
20	ข้าพเจ้ามีความจริงใจ เปิดเผยกับเพื่อน ๆ ในทีม					
21	ข้าพเจ้าปฏิบัติตามระเบียบหรือข้อกำหนดของทีม					
22	ข้าพเจ้าอยากให้การงานร่วมกันมีบรรยากาศที่ดี					

ข้อ	ข้อความ	ระดับความรู้สึก หรือพฤติกรรม				
		5	4	3	2	1
ด้านกระบวนการในการทำงานของทีม (ต่อ)						
23	ข้าพเจ้ามักจะช่วยทีมในการแสวงหาแนวทางที่เหมาะสมเสมอ					



แบบประเมินทักษะการทำงานเป็นทีมฉบับผู้สอนประเมินนักเรียน

คำชี้แจง ให้ผู้สอนพิจารณาข้อความที่เกี่ยวข้องกับทักษะการทำงานเป็นทีมที่ตรงกับ
 ปฏิบัติตนของนักเรียนตามข้อความนั้นบ่อยครั้งที่สุด แล้วทำเครื่องหมาย ลงในช่องระดับ
 ความเห็น โดยมีเกณฑ์การให้คะแนน ดังนี้

5 หมายถึง ข้อความตรงกับความคิดเห็นของนักเรียนมากที่สุดหรือนักเรียนปฏิบัติตาม
 ตามข้อความนั้นบ่อยครั้งที่สุด

4 หมายถึง ข้อความตรงกับความคิดเห็นของนักเรียนมากหรือนักเรียนปฏิบัติตาม
 ข้อความนั้นบ่อย

3 หมายถึง ข้อความตรงกับความคิดเห็นของนักเรียนปานกลางหรือนักเรียนปฏิบัติ
 ตนตามข้อความนั้นบางครั้ง

2 หมายถึง ข้อความไม่ค่อยตรงกับความคิดเห็นของนักเรียนหรือนักเรียนปฏิบัติตาม
 ตามข้อความนั้นนาน ๆ ครั้ง

1 หมายถึง ข้อความไม่ตรงกับความคิดเห็นของนักเรียนเลยหรือนักเรียนไม่ปฏิบัติตาม
 ตามข้อความนั้น

ข้อ	ข้อความ	ระดับความรู้สึกร หรือพฤติกรรม				
		5	4	3	2	1
ด้านผู้นำทีม						
1	นักเรียนเข้าใจลักษณะของการทำงานเป็นทีม					
2	นักเรียนสามารถนำเสนอหรือเผยแพร่ข้อมูลให้ผู้อื่น เข้าใจได้					
3	เมื่อนักเรียนมีอาการงอแง ข้างพเจ้าจะไม่แสดงออกมาให้ เพื่อนร่วมงานทราบ					
4	นักเรียนยอมรับฟังความคิดเห็นของสมาชิกในทีมก่อน ตัดสินใจ					
5	นักเรียนใช้หลักเหตุผลในการตัดสินใจ					
6	นักเรียนมีมนุษยสัมพันธ์ที่ดีและสามารถร่วมงานได้กับ ทุกคน					

ข้อ	ข้อความ	ระดับความรู้สึก หรือพฤติกรรม				
		5	4	3	2	1
ด้านผู้นำทีม (ต่อ)						
7	นักเรียนมักจะมีความคิดที่แปลกใหม่หรือแตกต่างจากผู้อื่น					
ด้านสมาชิกของทีม						
8	นักเรียนมีฐูและเข้าใจบทบาทหน้าที่ของตนเอง					
9	นักเรียนเสนอความคิดเห็นระหว่างการทำงานอยู่เสมอ					
10	นักเรียนให้ความร่วมมือและช่วยเหลือผู้อื่นในการทำงาน					
11	นักเรียนให้ข้อมูลตามจริง และแสดงความคิดเห็นด้วยเหตุและผล					
12	นักเรียนมีเชื่อว่าการทำงานเป็นทีม สามารถทำให้งานประสบความสำเร็จได้ดีกว่าการทำคนเดียว					
13	นักเรียนมีความเข้าใจใส่ต่อหน้าที่ที่ได้รับมอบหมาย					
14	นักเรียนมีความตั้งใจและรับผิดชอบในการทำงานให้สำเร็จ					
ด้านกระบวนการในการทำงานของทีม						
15	นักเรียนเข้าร่วมกำหนดเป้าหมายหรือวัตถุประสงค์ของการทำงาน					
16	นักเรียนเข้าร่วมวางแผนและกำหนดหน้าที่ต่าง ๆ ในการทำงาน					
17	นักเรียนปฏิบัติงานตามแผนที่กำหนดไว้					
18	นักเรียนตรวจสอบและปรับปรุงงานร่วมกับเพื่อน ๆ ในทีมเสมอ					
19	นักเรียนมีความสามารถในประสานงานกับเพื่อน ๆ ในทีมเป็นอย่างดี					
20	นักเรียนมีความจริงใจ เปิดเผยกับเพื่อน ๆ ในทีม					
21	นักเรียนปฏิบัติตามระเบียบหรือข้อกำหนดของทีม					

ข้อ	ข้อความ	ระดับความรู้ลึก หรือพฤติกรรม				
		5	4	3	2	1
ด้านกระบวนการในการทำงานของทีม (ต่อ)						
22	นักเรียนปฏิบัติให้การทำงานร่วมกันมีบรรยากาศที่ดี					
23	นักเรียนมีการแสวงหาแนวทางที่เหมาะสมเสมอ					



แบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์

คำชี้แจง

1. แบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ เป็นแบบทดสอบอัตนัย รูปแบบสถานการณ์ จำนวน 5 สถานการณ์ ซึ่งวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ 4 ด้าน ได้แก่ ความคิดคล่องแคล่ว ความคิดยืดหยุ่น ความคิดริเริ่ม และความคิดละเอียดลออ
2. แบบวัดชุดนี้สร้างขึ้นเพื่อวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน ซึ่งผลจากการศึกษาจะเป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อการจัดการเรียนการสอนในระดับนี้ ข้อมูลที่ได้จากแบบทดสอบชุดนี้จะนำไปใช้ในการวิจัยเท่านั้น จะไม่มีผลเสียต่อนักเรียนและโรงเรียนของนักเรียนแต่ประการใด
3. นักเรียนจะได้คะแนนสูง ถ้านักเรียนตอบได้จำนวนมากที่สุด หลากหลายประเภท มีเหตุผล และเป็นแนวคิดใหม่ที่เป็นของนักเรียนหรือแนวคิดที่ผู้อื่นคิดไม่ถึง
4. แบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์นี้นักเรียนมีระยะเวลาในการทำ 45 นาที

สถานการณ์ที่ 1

ณ โรงเรียนแห่งหนึ่งในห้องเรียนมีจำนวนนักเรียนประมาณ 40 คน ขณะทำการเรียนการสอนมีเสียงรบกวนจากภายนอกเข้ามาในห้องเรียน ทำให้ครูและนักเรียนต้องตะโกนส่งเสียงแข่งส่งผลให้บรรยากาศในการเรียนไม่เหมาะสมต่อการเรียนรู้ ด้วยเหตุนี้ผู้อำนวยการโรงเรียนจึงมีโครงการติดตั้งเครื่องขยายเสียงในห้องเรียน แต่เนื่องจากทางโรงเรียนต้องออกแบบการติดตั้งเองและเพื่อให้เหมาะสมกับการใช้งานจริง จึงทำการจัดประกวดการออกแบบติดตั้งเครื่องขยายเสียงในห้องเรียนที่มีขนาดความกว้าง 6 เมตร ความยาว 8 เมตร รวมมีพื้นที่ทั้งหมด 48 ตารางเมตร

จากสถานการณ์ข้างต้นให้นักเรียนทำการออกแบบการติดตั้งเครื่องขยายเสียงในห้องเรียนที่ผู้ฟังสามารถได้ยินเสียงในบริเวณต่าง ๆ เท่ากัน โดยใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (วัดความคิดคล่องแคล่ว ความคิดยืดหยุ่น ความคิดริเริ่ม และความคิดละเอียดลออ)

.....

.....

.....

.....

.....

.....

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

สถานการณ์ที่ 2

สงกรานต์อาศัยอยู่ในหมู่บ้านที่มีสมาชิกในหมู่บ้านหลากหลายอาชีพและไม่มีเจ้าหน้าที่รักษาความปลอดภัยหน้าหมู่บ้าน เมื่อ 1 สัปดาห์ที่ผ่านมาเพื่อนบ้านของสงกรานต์ถูกขโมยเข้าบ้านในขณะที่ไม่มีคนอยู่ แม้บ้านของสงกรานต์จะติดตั้งกล้องวงจรปิด แต่เพื่อเพิ่มความปลอดภัยสงกรานต์จึงต้องการติดตั้งสัญญาณกันขโมยด้วย และเนื่องจากงบประมาณในการซื้อไม่มากนักสงกรานต์จึงทำสัญญาณกันขโมยจากสิ่งของที่มีอยู่ภายในบ้าน ซึ่งพบว่ามีสิ่งของที่สนใจได้แก่ สวิตช์เซ็นเซอร์เปิดปิดไฟในโรงรถ สวิตช์เปิดปิดไฟ สายไฟ กริ่ง แตรรถจักรยานยนต์ไม่ใช้แล้ว ลำโพงขนาดเล็ก ชุดคิทอิเล็กทรอนิกส์ นีออน ที่หนีบผ้า เชือกและถ่านไฟฉายเป็นต้น

จากสถานการณ์ข้างต้นถ้านักเรียนเป็นสงกรานต์ นักเรียนจะประดิษฐ์สัญญาณกันขโมยที่สามารถส่งเสียงดังไปได้ในระยะไกล 500 เมตร และระดับเสียงดังเกิน 80 เดซิเบลจากสิ่งของดังกล่าวอย่างไร พร้อมทั้งอธิบายโดยใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (วัดความคิดคล่องแคล่ว ความคิดยืดหยุ่น ความคิดริเริ่ม และความคิดละเอียดลออ)

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

แบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์หลังเรียน

คำชี้แจง

1. แบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ เป็นแบบทดสอบอัตนัย รูปแบบสถานการณ์ จำนวน 5 สถานการณ์ ซึ่งวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ 4 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นที่ 1 ขั้นระบุปัญหา ขั้นที่ 2 ขั้นนิยามสาเหตุของปัญหา ขั้นที่ 3 ค้นหาแนวทางแก้ปัญหาหรือตั้งสมมติฐาน ขั้นที่ 4 พิสูจน์วิธีแก้ปัญหาหรือผลลัพธ์ที่ได้จากการแก้ปัญหา

2. แบบวัดชุดนี้สร้างขึ้นเพื่อวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน ซึ่งผลจากการศึกษาจะเป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อการจัดการเรียนการสอนในระดับนี้ ข้อมูลที่ได้จากแบบทดสอบชุดนี้จะนำไปใช้ในการวิจัยเท่านั้น จะไม่มีผลเสียต่อนักเรียนและโรงเรียนของนักเรียนแต่ประการใด

3. นักเรียนจะได้คะแนนสูง ถ้านักเรียนระบุปัญหา สาเหตุ แนวทางในการแก้ปัญหา และอธิบายผลที่เกิดขึ้นจากการตรวจสอบภายในขอบเขตของข้อเท็จจริงและสอดคล้องกับสถานการณ์ที่กำหนดให้

4. แบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์นี้นักเรียนมีระยะเวลาในการทำ 45 นาที

สถานการณ์ที่ 1

โรงเรียนแห่งหนึ่งมีอาคารหอประชุมที่มีอายุการก่อสร้างประมาณ 10 ปี ซึ่งอาคารแห่งนี้ใช้สำหรับจัดกิจกรรมต่าง ๆ อาทิเช่น การประชุมครูและบุคลากรประจำเดือน การประชุมผู้ปกครองประจำภาคเรียนการปฐมนิเทศ การรับนักเรียนและการอบรมของครูและนักเรียนเป็นต้น ทั้งนี้ขณะกำลังดำเนินกิจกรรมพบว่า เสียงที่ผู้ฟังภายในห้องประชุมได้ยินจะมีเสียงก้อง เสียงไมโครโฟนหอน การขาดหายของเสียง และความดังของเสียงในแต่ละบริเวณไม่เท่ากัน

จากสถานการณ์ข้างต้นให้นักเรียนระบุปัญหา สาเหตุของปัญหา พร้อมทั้งอธิบายวิธีการแก้ปัญหาและการตรวจสอบวิธีการแก้ปัญหานั้น โดยใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์

.....

.....

.....

.....

.....

สถานการณ์ที่ 2

มานพไปเที่ยวทะเลกับครอบครัวและได้ลงเล่นน้ำทะเลที่มีคลื่นพัดเข้าสู่ชายหาดอย่างสบายใจ เวลาผ่านไป 3 ชั่วโมงจึงขึ้นจากน้ำ ขณะกำลังเดินเข้าหาชายหาดสังเกตเห็นว่าจำนวนลูกคลื่นของน้ำทะเลที่เคลื่อนผ่านตัวขณะที่อยู่นิ่ง เดินเข้าหาทะเล และเดินเข้าหาชายหาดแตกต่างกันมานพจึงเกิดความสงสัยว่า ทำไมจำนวนลูกคลื่นที่เคลื่อนผ่านตัวขณะที่อยู่นิ่ง เดินเข้าหาทะเล และเดินเข้าหาชายหาดจึงไม่เท่ากัน

จากสถานการณ์ข้างต้นนักเรียนจะหาคำตอบให้กับมานพอย่างไร โดยให้นักเรียนระบุปัญหา สาเหตุของปัญหา พร้อมทั้งอธิบายวิธีการแก้ปัญหาและการตรวจสอบวิธีการแก้ปัญหาที่สอดคล้องกับความรู้ทางวิทยาศาสตร์

สถานการณ์ที่ 3

อารีไปเที่ยวตลาดนัดคนเดินของจังหวัดเชียงใหม่ เมื่อเดินไปได้สักครู่จึงไปพบกับคุณลุงคนหนึ่งกำลังบรรเลงเพลงจึงได้หยุดดูและสังเกตเห็นว่าคุณลุงคนนั้นนำนิ้วมือลูบวนไปที่แก้วแต่ละใบ ซึ่งภายในแก้วแต่ละใบใส่น้ำไว้ไม่เท่ากัน จากนั้นเกิดเป็นเสียงเพลงอันไพเราะออกมา อารีจึงเกิดความสงสัยว่า ทำไมเสียงเพลงจึงออกมาแก้วได้

จากสถานการณ์ข้างต้นนักเรียนจะหาคำตอบให้กับอารีอย่างไร โดยให้นักเรียนระบุปัญหา สาเหตุของปัญหา พร้อมทั้งอธิบายวิธีการแก้ปัญหาและการตรวจสอบวิธีการแก้ปัญหาที่สอดคล้องกับความรู้ทางวิทยาศาสตร์

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....



ภาคผนวก จ ผลการเก็บรวบรวมข้อมูล

- คะแนนความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา ร่วมกับการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคกลุ่มร่วมมือ
- คะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา ร่วมกับการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคกลุ่มร่วมมือ
- คะแนนความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E)
- คะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E)
- คะแนนเฉลี่ยทักษะการทำงานเป็นทีมฉบับนักเรียนประเมินตนเอง ฉบับนักเรียนประเมินเพื่อน และฉบับผู้สอนประเมินนักเรียน ก่อนได้รับการจัดการเรียนรู้

ตาราง 26 คะแนนความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์และความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ก่อนและหลังเรียนของนักเรียนกลุ่มทดลองที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา ร่วมกับเทคนิคกลุ่มร่วมมือ

คนที่	ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์		ความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์	
	ก่อนเรียน	หลังเรียน	ก่อนเรียน	หลังเรียน
1	7.00	20.00	8.00	22.00
2	10.00	21.00	9.00	17.00
3	12.00	26.00	11.00	23.00
4	9.00	21.00	8.00	18.00
5	11.00	24.00	7.00	24.00
6	8.00	30.00	12.00	23.00
7	13.00	31.00	5.00	24.00
8	9.00	22.00	8.00	17.00
9	11.00	27.00	12.00	22.00
10	9.00	28.00	11.00	21.00
11	11.00	25.00	10.00	22.00
12	14.00	28.00	5.00	15.00
13	11.00	23.00	6.00	16.00
14	15.00	26.00	12.00	21.00
15	10.00	28.00	11.00	24.00
16	15.00	27.00	9.00	23.00
17	13.00	25.00	12.00	23.00
18	13.00	26.00	15.00	24.00

ตาราง 27 คะแนนความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์และความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์คะแนนก่อนและหลังเรียนของนักเรียนกลุ่มควบคุมที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E)

คนที่	ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์		ความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์	
	ก่อนเรียน	หลังเรียน	ก่อนเรียน	หลังเรียน
1	5.00	4.00	7.00	9.00
2	6.00	8.00	10.00	9.00
3	8.00	14.00	7.00	13.00
4	10.00	8.00	3.00	9.00
5	6.00	9.00	6.00	9.00
6	12.00	14.00	9.00	14.00
7	5.00	20.00	8.00	20.00
8	8.00	15.00	8.00	14.00
9	10.00	20.00	11.00	20.00
10	12.00	21.00	11.00	21.00
11	10.00	11.00	8.00	12.00
12	8.00	18.00	10.00	10.00
13	11.00	13.00	11.00	13.00
14	13.00	16.00	8.00	14.00
15	12.00	20.00	7.00	20.00
16	10.00	13.00	10.00	14.00
17	14.00	23.00	9.00	23.00
18	11.00	16.00	14.00	14.00

ตาราง 28 คะแนนทักษะการทำงานเป็นทีมก่อนเรียนของนักเรียนกลุ่มทดลองที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาร่วมกับเทคนิคกลุ่มร่วมมือ

คนที่	ฉบับนักเรียนประเมิน ตนเอง	ฉบับผู้สอนประเมิน นักเรียน	รวม	ค่าเฉลี่ย
1	66.00	65.00	131.00	65.50
2	85.00	85.00	170.00	85.00
3	79.00	81.00	160.00	80.00
4	84.00	84.00	168.00	84.00
5	88.00	89.00	177.00	88.50
6	68.00	67.00	135.00	67.50
7	87.00	87.00	174.00	87.00
8	70.00	70.00	140.00	70.00
9	79.00	78.00	157.00	78.50
10	68.00	67.00	135.00	67.50
11	69.00	69.00	138.00	69.00
12	82.00	84.00	166.00	83.00
13	93.00	93.00	186.00	93.00
14	82.00	81.00	163.00	81.50
15	75.00	75.00	150.00	75.00
16	80.00	80.00	160.00	80.00
17	73.00	73.00	146.00	73.00
18	77.00	77.00	154.00	77.00

ตาราง 29 คะแนนทักษะการทำงานเป็นทีมก่อนเรียนของนักเรียนกลุ่มควบคุมที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E)

คนที่	ฉบับนักเรียนประเมิน ตนเอง	ฉบับผู้สอนประเมิน นักเรียน	รวม	ค่าเฉลี่ย
1	66.00	65.00	131.00	65.50
2	85.00	85.00	170.00	85.00
3	79.00	81.00	160.00	80.00
4	84.00	84.00	168.00	84.00
5	88.00	89.00	177.00	88.50
6	68.00	67.00	135.00	67.50
7	87.00	87.00	174.00	87.00
8	70.00	70.00	140.00	70.00
9	79.00	78.00	157.00	78.50
10	68.00	67.00	135.00	67.50
11	69.00	69.00	138.00	69.00
12	82.00	84.00	166.00	83.00
13	93.00	93.00	186.00	93.00
14	82.00	81.00	163.00	81.50
15	75.00	75.00	150.00	75.00
16	80.00	80.00	160.00	80.00
17	73.00	73.00	146.00	73.00
18	77.00	77.00	154.00	77.00

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-สกุล	จิตินันท์ ม่วงจีน
วัน เดือน ปี เกิด	28 กุมภาพันธ์ 2536
สถานที่เกิด	ลพบุรี
วุฒิการศึกษา	พ.ศ. 2554 ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 จากโรงเรียนพิบูลวิทยาลัย จังหวัดลพบุรี พ.ศ. 2559 ระดับปริญญาตรี การศึกษาด้านจิต (กศ.บ.) สาขาวิทยาศาสตร์ - ฟิสิกส์ จากมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ พ.ศ. 2565 ระดับปริญญาโท การศึกษามหาบัณฑิต (กศ.ม.) สาขาการวัด ประเมิน และวิจัยการศึกษา จากมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
ที่อยู่ปัจจุบัน	12 หมู่ 8 ตำบลบางขันหมาก อำเภอเมืองลพบุรี จังหวัดลพบุรี 15000