การพัฒนาหน่วยการเรียนรู้บูรณาการแบบ STEM เรื่อง เสียง สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

DEVELOPMENT OF STEM INTEGRATED LEARNING UNIT ON SOUND FOR ELEVENTH GRADE STUDENTS

จุฑารัตน์ เกาะหวาย

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

2563

การพัฒนาหน่วยการเรียนรู้บูรณาการแบบ STEM เรื่อง เสียง สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

จุฑารัตน์ เกาะหวาย

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
การศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาการทางการศึกษาและการจัดการเรียนรู้
คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
ปีการศึกษา 2563
ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

DEVELOPMENT OF STEM INTEGRATED LEARNING UNIT ON SOUND FOR ELEVENTH GRADE STUDENTS

JUTHARAT KOAWAI

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of MASTER OF EDUCATION

(Educational Science & Learning Management)

Faculty of Education, Srinakharinwirot University

2020

Copyright of Srinakharinwirot University

ปริญญานิพนธ์

เรื่อง

การพัฒนาหน่วยการเรียนรู้บูรณาการแบบ STEM เรื่อง เสียง

สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

ของ

จุฑารัตน์ เกาะหวาย

ได้รับอนุมัติจากบัณฑิตวิทยาลัยให้นับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาการทางการศึกษาและการจัดการเรียนรู้

ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

.....

(รองศาสตราจารย์ นายแพทย์ฉัตรชัย เอกปัญญาสกุล)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

.....

คณะกรรมการสอบปากเปล่าปริญญานิพนธ์

..... ที่ปรึกษาหลัก

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เกริก ศักดิ์สุภาพ)

..... ประธาน

(รองศาสตราจารย์ ดร.ณสรรค์ ผลโภค)

..... ที่ปรึกษาร่วม

(รองศาสตราจารย์ ดร.สุนีย์ เหมะประสิทธิ์)

..... กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วันเพ็ญ ประทุมทอง)

ชื่อเรื่อง	การพัฒนาหน่วยการเรียนรู้บูรณาการแบบ STEM เรื่อง เสียง สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5
ผู้วิจัย	จุฑารัตน์ เกาะหวาย
ปริญญา	การศึกษามหาบัณฑิต
ปีการศึกษา	2563
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. เกริก ศักดิ์สุภาพ
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	รองศาสตราจารย์ ดร. สุนีย์ เหมะประสิทธิ์

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) พัฒนาหน่วยการเรียนรู้บูรณาการแบบ STEM เรื่อง เสียง 2) ศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เมื่อได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยหน่วยการเรียนรู้บูรณาการแบบSTEM เรื่อง เสียง 3) ศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยหน่วยการเรียนรู้บูรณาการแบบSTEM เรื่อง เสียง เทียบกับเกณฑ์ (ร้อยละ70) 4) ศึกษาความสามารถการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ แบบแผนการวิจัย คือ แบบแผนการทดลองแบบกลุ่มเดียวทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน กลุ่มตัวอย่าง คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนวชิรธรรมสาธิต ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2562 จำนวน 39 คน เครื่องมือในการวิจัย ได้แก่ 1) หน่วยการเรียนรู้บูรณาการแบบ STEM เรื่อง เสียง 2) แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน 3) แบบทดสอบความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ สถิติที่ใช้ทดสอบสมมติฐาน ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานและการทดสอบค่าที (t-test for dependent Samples และ t-test for one sample) ผลการวิจัยพบว่า 1) หน่วยการเรียนรู้บูรณาการแบบ STEM เรื่อง เสียง มีประสิทธิภาพเท่ากับ 83.60/84.35 2) นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 3) นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด (ร้อยละ70) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 4) นักเรียนมีความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .01

คำสำคัญ : สะเต็มศึกษา, ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน, หน่วยการเรียนรู้แบบบูรณาการ, ความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์

Title	DEVELOPMENT OF STEM INTEGRATED LEARNING UNIT ON SOUND FOR ELEVENTH GRADE STUDENTS
Author	JUTHARAT KOAWAI
Degree	MASTER OF EDUCATION
Academic Year	2020
Thesis Advisor	Assistant Professor Krirk Saksupub , Ed.D.
Co Advisor	Associate Professor Sunee Haemaprasith , Ed.D.

The objectives of this research were as follows 1) to Development STEM education on the learning unit on sound 2) to study the achievement. 3) to study the achievement compare learning achievement with the criteria (70 percentage) 4) to study the creative problem solving thinking ability . The research design was a one-group pretest posttest design. The samples consisted of 39 eleven grade students who studied in the first semester of the 2019 academic year at Wachirathamsatit school. The instruments used in the research included the following 1) the learning unit Sound 2) achievement tests 3) creative problem solving ability tests. The statistical analyses used for this research were are mean, standard deviation, t-test for dependent samples and t-test for one sample. The results of this research were as follows 1) STEM Education on the learning unit on Sound of eleventh grade students was qualified at 83.60/84.35 2) The students had higher learning achievement than before learning with statistical significance at the level of .01 3) The students had post-learning achievement passing the specified criteria (70 percent) with statistical significance at the level of .01 and 4) The students had better creative problem solving ability both in the overview and in each area after studying with statistical significance at the level of .01

Keyword : learning unit, STEM education, creative problem solving ability, acheivement

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ สำเร็จลุล่วงด้วยดี ด้วยความเมตตา เสียสละ และเอาใจใส่อย่างดียิ่ง จาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์.ดร.เกริก ศักดิ์สุภาพ อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก และ รองศาสตราจารย์.ดร.สุนีย์ เหมะประสิทธิ์ อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ที่กรุณาให้คำปรึกษา ตลอดจนข้อเสนอแนะ และตรวจแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ ในการทำปริญญานิพนธ์ทุกขั้นตอนจนสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ผู้วิจัยขอขอบพระคุณอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

ขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.ณสรรค์ ผลโภค ประธานการสอบปากเปล่า และผู้ช่วยศาสตราจารย์ วันเพ็ญ ประทุมทองที่ให้ความกรุณาเป็นกรรมการสอบปากเปล่า

ขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. อนุศิษย์ ทองนำ อาจารย์โอภาส สุขหวาน อาจารย์เพ็ญจันทร์ นาคะรังสี อาจารย์อัษฎายุธ จินผล และอาจารย์ไพฑูรย์ ธิราพืช ที่กรุณารับเป็นผู้เชี่ยวชาญในการตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

ขอบพระคุณคณาจารย์สาขาวิชาวิทยาการจัดการศึกษาและการจัดการเรียนรู้ทุกท่านที่ให้ความรู้ และคำแนะนำกับผู้วิจัย นอกจากนี้ขอขอบพระคุณท่านผู้อำนวยการโรงเรียนวชิรธรรมสาธิต และคณะครูกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีทุกท่านที่ช่วยอำนวยความสะดวกตลอดเวลาในการดำเนินการวิจัย และขอบคุณนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่5/1 ปีการศึกษา2562 โรงเรียนวชิรธรรมสาธิตที่ให้ความร่วมมือในการเก็บวิจัยเป็นอย่างดี

ขอบคุณเพื่อนๆสาขาวิทยาการจัดการศึกษาและการจัดการเรียนรู้ทุกคน ที่ได้แลกเปลี่ยนความรู้ ความคิด ปรึกษาหารือและให้ความช่วยเหลือตลอดมา

สุดท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา และครอบครัวของผู้วิจัยที่ให้ความช่วยเหลือสนับสนุน และให้กำลังใจผู้วิจัยจนสำเร็จการศึกษา คุณค่าและประโยชน์ของปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้วิจัยขอมอบเป็นเครื่องบูชาพระคุณของประเทศชาติ และผู้มีพระคุณทุกท่านที่ให้ความช่วยเหลือผู้วิจัยตลอดมา

จุฑารัตน์ เกาะหวาย

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ

กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ

สารบัญ ..... ช

สารบัญตาราง ..... ฎ

สารบัญรูปภาพ ..... ฐ

บทที่ 1 บทนำ 1

ภูมิหลัง 1

ความมุ่งหมายของการวิจัย 4

ความสำคัญของการวิจัย 5

ขอบเขตของการวิจัย 5

นิยามศัพท์เฉพาะ 6

กรอบแนวคิดในการวิจัย 9

สมมติฐานการวิจัย 10

บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 11

1. เอกสารที่เกี่ยวข้องกับหน่วยการเรียนรู้แบบบูรณาการ 13

1.1 ความหมายของหน่วยการเรียนรู้ 13

1.2 ความหมายของการบูรณาการ 13

1.3 ประเภทของการบูรณาการ 13

1.4 การสร้างหน่วยการเรียนรู้แบบบูรณาการ 15

1.5 แนวทางการจัดการเรียนรู้ที่เอื้อต่อการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการ 19

1.6 ประสิทธิภาพของกิจกรรมการเรียนรู้ 20
1.7 ประโยชน์ของการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการ 21
2. เอกสารที่เกี่ยวข้องกับสะเต็มศึกษา 22
2.1 ความหมายของสะเต็มศึกษา 22
2.2 ศาสตร์สาขาของสะเต็มศึกษา 22
2.3 แนวทางการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา 26
2.4 การวัดผลประเมินผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา 28
2.5 ข้อดี ข้อจำกัดของการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา 29
3.เอกสารที่เกี่ยวข้องรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 5 ขั้น (5E)..... 30
3.1 ความหมายของการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 5 ขั้น (5E)..... 30
3.2 ขั้นตอนการสอนตามรูปแบบวัฏจักรการเรียนรู้ 5 ขั้น (5E)..... 31
3.3 บทบาทครูในการเรียนการสอนโดยใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักร 5 ขั้น (5E)
..... 35
4. เอกสารที่เกี่ยวข้องกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน..... 39
4.1 ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน 39
4.2 ทฤษฎีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน 39
4.3 ลักษณะของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่ดี..... 41
4.4 ขั้นตอนการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน 42
5. เอกสารที่เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์..... 44
5.1 ความหมายของการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์..... 44
5.2 กระบวนการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ 44
5.3 การวัดความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ 49
5.4 หลักการในการส่งเสริมการคิดแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์..... 50

6. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 50
6.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาหน่วยการเรียนรู้แบบบูรณาการ 50
6.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา 54
6.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักร 5 ขั้น (5E) 58
6.4 วิจัยที่เกี่ยวข้องกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน 61
6.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ 64
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย 67
ระยะที่ 1 การเตรียมการ 67
ระยะที่ 2 การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย 68
ระยะที่ 3 การดำเนินการวิจัย 81
ระยะที่ 4 การวิเคราะห์ข้อมูล 84
บทที่ 4 ผลการศึกษา 86
สัญลักษณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล 86
ผลการใช้หน่วยการเรียนรู้บูรณาการแบบสะเต็มเรื่อง เสียง 87
บทที่ 5 สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ 91
สรุปผลการวิจัย 92
อภิปรายผลการวิจัย 93
ข้อเสนอแนะ 98
1. ข้อเสนอแนะในการนำผลวิจัยไปใช้ 98
2. ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป 99
บรรณานุกรม 100
ภาคผนวก 107
ประวัติผู้เขียน 186

สารบัญตาราง

หน้า

ตาราง 1 เปรียบเทียบขั้นตอนการสร้างหน่วยการเรียนรู้แบบบูรณาการ 18

ตาราง 2 บทบาทครูในการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 5 ขั้น (5E) 36

ตาราง 3 เปรียบเทียบขั้นตอนการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ 48

ตาราง 4 ความสัมพันธ์ของมาตรฐาน ตัวชี้วัด รายแผนการจัดการเรียนรู้ 69

ตาราง 5 แสดงเนื้อหาของหน่วยการเรียนรู้บูรณาการแบบ STEM เรื่อง เสียง 73

ตาราง 6 ตารางวิเคราะห์เนื้อหาและพฤติกรรมที่ต้องการวัดของแบบสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์ เรื่อง เสียง ในขั้นการพิจารณาความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา 75

ตาราง 7 ตารางวิเคราะห์เนื้อหาและพฤติกรรมที่ต้องการวัดของแบบสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์ เรื่อง เสียง ก่อนนำไป Try out 77

ตาราง 8 ระยะเวลาที่ใช้ในการศึกษาค้นคว้า 82

ตาราง 9 แบบแผนการวิจัยแบบ One-group Pretest-Posttest design 83

ตาราง 10 เปรียบเทียบประสิทธิภาพของหน่วยการเรียนรู้บูรณาการแบบ STEM เรื่อง เสียง โดยวัดจากการทำกิจกรรมระหว่างเรียนและทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนได้ถึงเกณฑ์มาตรฐาน 80/80 87

ตาราง 11 เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนและหลังเรียนของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้หน่วยการเรียนรู้บูรณาการแบบ STEM เรื่อง เสียง 88

ตาราง 12 เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังการจัดการเรียนรู้ด้วยหน่วยการเรียนรู้บูรณาการแบบ STEM เรื่อง เสียง ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เทียบกับเกณฑ์ที่กำหนด (ร้อยละ 70) 89

ตาราง 13 เปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ ก่อนและหลังที่ได้รับการจัดการเรียนรู้หน่วยการเรียนรู้บูรณาการแบบ STEM เรื่อง เสียง 90

ตาราง 14 ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของหน่วยการเรียนรู้บูรณาการแบบสะเต็มเรื่อง เสียง 124

ตาราง 15 ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ 132

ตาราง 16 ผลการวิเคราะห์ค่าความยากง่าย (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์เรื่อง เสียง 133

ตาราง 17 ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ 134

ตาราง 18 คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ก่อนและหลังเรียน ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้บูรณาการแบบสะเต็มเรื่อง เสียง 174

ตาราง 19 คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ระหว่างเรียน ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้บูรณาการแบบสะเต็มเรื่อง เสียง 176

ตาราง 20 คะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้บูรณาการแบบสะเต็มเรื่อง เสียง 178

สารบัญรูปภาพ

หน้า

ภาพประกอบ 1 กรอบแนวคิดในการวิจัย 10

ภาพประกอบ 2 องค์ประกอบของการเรียนรู้แบบสะเต็มเรื่อง เสียง..... 25

ภาพประกอบ 3 ผังมโนทัศน์ความสอดคล้องของตัวชี้วัดกับหลักสูตรแกนกลาง..... 136

ภาพประกอบ 4 แสดงการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของหน่วยการเรียนรู้กับเนื้อหาและกระบวนการวิชาวิทยาศาสตร์ 137

บทที่ 1
บทนำ

ภูมิหลัง

ในโลกยุคปัจจุบันมีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้น รอบตัวเราอยู่มากมายทั้งเศรษฐกิจ สังคม การเมือง วัฒนธรรม สิ่งแวดล้อม หรือแม้แต่สื่อและเทคโนโลยีต่าง ๆ ที่เมื่อก่อนอาจจะเป็นเรื่องไกลตัวค่อนข้างมาก แต่ปัจจุบันสื่อและเทคโนโลยีกลับมามีบทบาทอย่างมากในชีวิตประจำวันซึ่งเราสามารถพบเห็นได้โดยทั่วไปและคงไม่มีใครปฏิเสธการเข้าถึงเทคโนโลยีอย่างแน่นอน เนื่องจากขณะนี้โลกของเราเข้าสู่ยุคแห่งเทคโนโลยีสารสนเทศ ที่มีการติดต่อสื่อสารกันอย่างรวดเร็ว มีการแข่งขันสูงทั้งอาชีพ เศรษฐกิจ และการศึกษา โดยเป้าหมายของการศึกษาคือการเตรียมกำลังคนเพื่อเป็นกำลังคนของชาติในอนาคต เนื่องจากในสังคมโลกสมัยใหม่การเปลี่ยนแปลงลักษณะของกำลังคนที่ตลาดแรงงานต้องการ เป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้เยาวชนต้องการได้รับการเตรียมตัวให้พร้อมสำหรับการแข่งขันในตลาดแรงงาน การเตรียมตัวไม่จำกัดเพียงแต่ความรู้ที่ได้เรียนในโรงเรียนเท่านั้นหากแต่ยังต้องให้สามารถใช้ความรู้และทักษะในสถานการณ์และบริบทต่าง ๆ อย่างกว้างขวางในศตวรรษที่ 21 ต่อไป (สุนีย์ คล้ายนิล, 2555, น.20)

ปัจจุบันสภาพการจัดการเรียนรู้ในห้องเรียน ผู้สอนยังเน้นการบรรยายและจัดการเรียนรู้ตามรายวิชา ไม่มีการเชื่อมโยงเนื้อหาสาระอื่น ๆ เข้าด้วยกัน รวมไปถึงขาดการนำเนื้อหาเชื่อมโยงในชีวิตประจำวัน เห็นได้จาก ผลสอบวิชาวิทยาศาสตร์ ในโครงการประเมินผลนักเรียนนานาชาติ (Programme for International Student Assessment; PISA) ในปี 2015 พบว่า ประเทศไทยอยู่อันดับที่ 55 จากทั้งหมด 70 ประเทศ โดยนักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยวิทยาศาสตร์ 421 คะแนน ซึ่งลดลงจาก PISA ปี 2012 (444 คะแนน) (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2561)

จากสภาพปัญหาที่เกิดขึ้น ทำให้เราทราบว่าความรู้ ความเข้าใจเพียงศาสตร์ใดศาสตร์หนึ่งไม่สามารถพัฒนาคนให้พร้อมสำหรับสังคมในปัจจุบันได้ การนำความรู้ไปปรับใช้ในการแก้ปัญหาและสร้างสรรค์สิ่งใหม่ๆ ที่จะสามารถพัฒนาคนให้มีความรู้ ความสามารถและทักษะที่จำเป็นในอนาคต ปัจจุบันมีการนำความรู้ด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมและคณิตศาสตร์มาบูรณาการเข้าด้วยกัน โดยเน้นกระบวนการไปสู่การคิดแก้ปัญหานำความรู้ในห้องเรียนไปใช้ประโยชน์ผ่านมุมมองความรู้แบบองค์รวมที่เรียกว่า “สะเต็มศึกษา (STEM

Education)" โดยแนวคิดนี้เชื่อว่า ในชีวิตประจำวันเราไม่สามารถแยกส่วนความรู้ออกจากกัน แต่ความรู้นั้นเชื่อมโยงกับสิ่งต่าง ๆ และสถานการณ์รอบตัว นักเรียนจึงต้องเชื่อมโยงบทเรียนในห้องเรียนสู่ชีวิตจริงและสามารถสร้างสรรค์นวัตกรรมใหม่ ๆ ส่งผลให้ประชากรมีคุณภาพที่สูงขึ้น และส่งผลให้สามารถแก้ปัญหาของชาติในด้านอื่น ๆ ได้(Rachel (2008 อ้างถึงในพรทิพย์ ศิริภัทราชัย, 2556, น.51) นักเรียนสามารถวิเคราะห์ข้อมูลข่าวสารในชีวิตประจำวัน โดยอาศัยการประยุกต์ความรู้ด้านต่าง ๆ ผ่านกระบวนการอย่างเป็นระบบบนพื้นฐานทางวิทยาศาสตร์ เพื่อนำมาใช้แก้ปัญหาได้อย่างเหมาะสม รวมถึงสามารถใช้แนวคิดและกระบวนการทางวิทยาศาสตร์มาใช้ในการหาคำตอบเพื่อช่วยในการตัดสินใจและแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้น ซึ่งการนำความรู้ทางวิทยาศาสตร์มาปรับใช้ในชีวิตประจำวัน ให้ผสมผสานกลมกลืนเป็นอันหนึ่งอันเดียวกันนี้ก็คือการศึกษาวิทยาศาสตร์นั่นเอง การศึกษาวิทยาศาสตร์ควรให้ความสำคัญด้านการรู้เรื่องวิทยาศาสตร์ที่รวมถึงความรู้ในเนื้อหาทางวิทยาศาสตร์ ความรู้ด้านกระบวนการและการปลูกฝังสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งมีความหมายกว้างไกลกว่าการเรียนเนื้อหาวิทยาศาสตร์ในห้องเรียน โดยเฉพาะอย่างยิ่งในตอนต้นของระบบโรงเรียน (สุนีย์ คล้ายนิล, 2555, น.51)

การจัดการศึกษาแบบบูรณาการที่เน้นให้ความสำคัญกับวิชาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์และคณิตศาสตร์อย่างเท่าเทียมกัน สะเต็มศึกษาจึงเป็นรูปแบบการจัดการศึกษาที่ตอบสนองต่อการเตรียมคนไทยรุ่นใหม่ในศตวรรษที่ 21 เพราะธรรมชาติของทั้ง 4 วิชานี้ที่ส่งเสริมให้นักเรียนมีความรู้ ความสามารถที่จะดำรงชีวิตได้ดีและมีคุณภาพในโลกของศตวรรษที่ 21 ที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่ารวดเร็ว มีความเป็นโลกาภิวัฒน์ ที่ตั้งอยู่บนฐานความรู้เต็มไปด้วยความก้าวหน้าทางเทคโนโลยี อีกทั้งยังเป็นวิชาที่มีความสำคัญกับการเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันทางเศรษฐกิจการพัฒนาคุณภาพชีวิตและความมั่นคั่งของประเทศ นอกจากนี้สะเต็มศึกษายังเป็นการจัดการศึกษาที่สามารถพัฒนาให้นักเรียนนำความรู้ทุกแขนงทั้งด้านความรู้ ทักษะการคิด โดยเฉพาะความคิดสร้างสรรค์ มาใช้ในการแก้ปัญหา การค้นคว้า สร้างสรรค์และพัฒนาคิดค้นสิ่งต่าง ๆในโลกปัจจุบัน การเน้นความเข้าใจอย่างลึกซึ้ง การมีส่วนร่วมของนักเรียนกับการใช้เครื่องมือทางเทคโนโลยีในการค้นคว้าหาข้อมูล การนำเนื้อหารายวิชาไปใช้ในการแก้ไขปัญหาและสร้างนวัตกรรม ความท้าทาย ความสร้างสรรค์ ความแปลกใหม่และการแก้ปัญหาอย่างมีความหมายตามบทเรียนที่กำหนดไว้ในสะเต็มศึกษา จึงเหมาะสมที่จะพัฒนาให้เยาวชนไทยรุ่นใหม่เกิดการเรียนรู้และอยู่ในโลกแห่งอนาคตอย่างแท้จริง (พรทิพย์ ศิริภัทราชัย, 2556, น.55)

การพัฒนาให้เยาวชนไทยเกิดการเรียนรู้เพื่อสร้างสรรค์นวัตกรรมที่เป็นประโยชน์กับสังคม ผู้วิจัยจึงมีความประสงค์ที่จะใช้ออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ เพื่อพัฒนาความสามารถใน

การแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ ซึ่งจากศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องของ (กัญญารัตน์ โคจร , 2554, น.113-126; ดารารัตน์ ชัยพิลา, 2558, น.127-128; สิทธิชัย ชมพูพาทย์, 2554, น.188-206; สุนัชชา ศุภธรรมวิทย์, 2556, น.113-127; สุพีรา ดาวเรือง, 2554, น.125-131) พบว่า การจัดการเรียนรู้ที่เน้นนักเรียนเป็นศูนย์กลาง ควบคู่กับการส่งเสริมให้นักเรียนได้เรียนรู้โดยใช้กระบวนการสืบเสาะและแสวงหาความรู้ด้วยตนเอง โดยครูเป็นผู้นำเสนอกระบวนการในการแสวงหาความรู้ให้กับนักเรียน รวมทั้งกำหนดโจทย์หรือประเด็นปัญหาเพื่อให้นักเรียนร่วมกันแก้ปัญหาโดยใช้กระบวนการดังกล่าว จะช่วยให้นักเรียนสามารถพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ได้ เนื่องจากการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์เป็นระดับของการคิดแก้ปัญหาในระดับสูง นักเรียนจะไม่สามารถใช้ความเข้าใจเพียงผิวเผินจากการจดจำหรือการเรียนรู้ผ่านการฟังบรรยายหรือการศึกษาตำราในการแก้ปัญหาได้ แต่ต้องอาศัยความเข้าใจที่ลึกซึ้งผ่านการสืบค้น การบูรณาการความรู้จากศาสตร์ต่าง ๆ การแก้ปัญหา การปฏิบัติจริง และการสืบเสาะหาความรู้ด้วยตนเองจากแหล่งข้อมูลที่หลากหลาย จนเกิดการสังเคราะห์องค์ความรู้ด้วยตัวของนักเรียนเอง นักเรียนจึงจะสามารถเข้าถึงความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ได้ ซึ่งการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาเป็นกระบวนการจัดการเรียนรู้รูปแบบหนึ่งที่ส่งเสริมให้นักเรียนใช้กระบวนการในการเรียนรู้แบบสืบเสาะเพื่อแก้ปัญหา โดยเน้นการบูรณาการศาสตร์ความรู้หลายแขนง เพื่อการพัฒนาองค์ความรู้และนวัตกรรมผ่านโจทย์ปัญหาที่ถูกออกแบบมาอย่างท้าทายให้นักเรียนได้แก้ปัญหาผ่านการปฏิบัติจริง เน้นให้นักเรียนนำความรู้จากศาสตร์ต่างๆ รวมทั้งเทคโนโลยีที่หลากหลายมาบูรณาการ เพื่อสังเคราะห์เป็นองค์ความรู้และนวัตกรรมขึ้นมาสำหรับการแก้ปัญหาตามโจทย์ที่กำหนดไว้ จึงเป็นอีกแนวทางหนึ่งที่ผู้วิจัยมีความประสงค์ที่จะนำการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษา มาใช้ในการพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์

วิชาฟิสิกส์ถูกบรรจุลงในกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ถือว่าเป็นหัวใจสำคัญของการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี รวมทั้งเป็นวิชาที่ต้องใช้ตรรกศาสตร์และคณิตศาสตร์ซึ่งนำไปสู่การพัฒนาทางด้านทฤษฎีรวมถึงเทคโนโลยีต่าง ๆ วิชาฟิสิกส์มีความมุ่งหวังให้นักเรียนเข้าใจปรากฏการณ์ธรรมชาติ หลักการ กฎ และทฤษฎีที่เป็นพื้นฐานของธรรมชาติที่อยู่รอบตัวเราสามารถนำหลักการทางฟิสิกส์ไปแก้ปัญหาในชีวิตประจำวันได้ แต่สภาพการจัดการเรียนรู้ของผู้สอน ยังเน้นการบรรยาย การแก้โจทย์ปัญหาและขาดการนำความรู้ไปเชื่อมโยงในชีวิตประจำวัน ทำให้นักเรียนยังขาดความเข้าใจในมโนทัศน์ทางฟิสิกส์ ซึ่งสอดคล้องกับ (สุวิทย์ มูลคำ และ อรทัย มูลคำ, 2543, น.123) ที่กล่าวว่า การสอนแบบบรรยายเพียงอย่างเดียวไม่สามารถทำให้นักเรียนเข้าใจถึงทฤษฎี ปรากฏการณ์ต่าง ๆ และไม่สามารถแก้โจทย์ปัญหาในระดับการประยุกต์ใช้ได้

ยิ่งเนื้อหาบางเรื่องเป็นปรากฏการณ์เชิงนามธรรม นักเรียนจะต้องใช้จินตนาการเพื่อเข้าใจลักษณะของปรากฏการณ์ ทำให้นักเรียนไม่สามารถทำความเข้าใจกับเนื้อหาในบางเรื่องได้ เช่น คลื่นเสียง ซึ่งเป็นเนื้อหาเชิงปรากฏการณ์ นักเรียนจำเป็นต้องจินตนาการให้เห็นถึงลักษณะของปรากฏการณ์ ทำให้นักเรียนไม่เข้าใจในเนื้อหาและไม่สามารถประยุกต์เชื่อมโยงเข้ากับชีวิตประจำวันได้ ทั้งที่เรื่องของเสียงเป็นเรื่องที่ใกล้ตัวนักเรียนมาก ด้วยเหตุผลนี้นักเรียนจึงมองว่าวิชาฟิสิกส์เป็นวิชาที่ยาก ส่งผลให้นักเรียนขาดการกระตือรือร้นในการเรียน โดยจะสังเกตได้จากผลการทดสอบทางการระดับชาติขั้นพื้นฐาน (O-net) ปีการศึกษา 2559 ของรายวิชาวิทยาศาสตร์ในสาระการเรียนรู้พลังงาน นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนวชิรธรรมสาธิต กรุงเทพมหานคร ที่มีค่าเฉลี่ยจากทดสอบของนักเรียนโรงเรียนวชิรธรรมสาธิต อยู่ที่ 25.95 คะแนน (สถาบันทดสอบการศึกษาแห่งชาติ. 2559: ออนไลน์) ซึ่งต่ำกว่าเกณฑ์ที่โรงเรียนได้กำหนดไว้ที่ร้อยละ 50 แสดงให้เห็นว่าในสาระการเรียนรู้พลังงานควรได้รับการพัฒนา ผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะนำหน่วยการเรียนรู้เรื่อง เสียง มาพัฒนาการจัดการเรียนรู้ เพื่อให้รูปแบบการจัดการเรียนรู้มีความน่าสนใจ และสร้างแรงจูงใจในการเรียนรู้

จากความเป็นมาและปัญหาดังกล่าว ผู้วิจัยจึงมีการพัฒนาหน่วยการเรียนรู้บูรณาการแบบ STEM เรื่อง เสียง มาใช้ในการจัดการเรียนการสอนเพื่อส่งเสริมผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เพื่อเป็นการฝึกฝนและกระตุ้นให้นักเรียนได้เรียนรู้ กระบวนการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ กระบวนการสร้างความคิดรวบยอด กระบวนการทำงานกลุ่ม และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ โดยนักเรียนจะสามารถสร้างกิจกรรมของตนเองได้ นับว่าจะเป็นแนวทางหนึ่งสำหรับการเตรียมคนให้พร้อมก้าวสู่ศตวรรษที่ 21 ต่อไป

ความมุ่งหมายของการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้กำหนดความมุ่งหมายไว้ ดังนี้

1. เพื่อพัฒนาหน่วยการเรียนรู้บูรณาการแบบ STEM เรื่อง เสียง สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 80/80

2. เพื่อศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่อง เสียง ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ก่อนและหลังได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยหน่วยการเรียนรู้บูรณาการแบบ STEM เรื่อง เสียง สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

3.เพื่อศึกษาการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ก่อนและหลังได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยหน่วยการเรียนรู้บูรณาการแบบ STEM เรื่อง เสียง สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

ความสำคัญของการวิจัย

การพัฒนาหน่วยการเรียนรู้บูรณาการแบบ STEM เรื่องเสียง สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 มีความสำคัญ ดังนี้

1.ได้หน่วยการเรียนรู้บูรณาการแบบ STEM เรื่อง เสียง สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

2. เพื่อยกระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เมื่อได้รับการจัดการเรียนรู้ผ่านหน่วยการเรียนรู้บูรณาการแบบ STEM เรื่อง เสียง

3. เพื่อพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ซึ่งเป็นทักษะการคิดขั้นสูงซึ่งตอบสนองต่อการเตรียมความพร้อมนักเรียนเข้าสู่ศตวรรษที่ 21

ขอบเขตของการวิจัย

ประชากรที่ใช้ในการวิจัย

นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนวชิรธรรมสาธิต แขวงบางจาก เขตพระโขนง กรุงเทพมหานคร ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2562 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์ – คณิตศาสตร์ จำนวน 3 ห้องเรียน มีนักเรียนจำนวน 120 คน

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย

กลุ่มตัวอย่างที่ในการวิจัยครั้งนี้เป็นนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 5 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์ - คณิตศาสตร์ ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2562 โรงเรียนวชิรธรรมสาธิต แขวงบางจาก เขตพระโขนง กรุงเทพมหานคร จำนวน 1 ห้องเรียน จำนวน 39 คน ซึ่งได้มาโดยการสุ่มแบบกลุ่ม (cluster random sampling)

ระยะเวลาที่ใช้ในการทดลอง

ผู้วิจัยทำการทดลองในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2562 ใช้เวลาในการทดลอง 18 คาบ (คาบละ 50 นาที)

เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัย

ในการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ศึกษาเนื้อหาวิชาฟิสิกส์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง เสียง ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 และอ้างอิงจากคำอธิบายรายวิชารวมทั้งผลการเรียนรู้จากสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.)

ตัวแปรที่ศึกษา

1. ตัวแปรอิสระ คือ การใช้กิจกรรมการเรียนรู้ด้วยหน่วยการเรียนรู้บูรณาการแบบ STEM เรื่อง เสียง สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

2. ตัวแปรตาม ได้แก่

2.1 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

2.2 ความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์

นิยามศัพท์เฉพาะ

1. **หน่วยการเรียนรู้บูรณาการแบบ STEM เรื่อง เสียง** หมายถึง หน่วยการเรียนรู้บูรณาการที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นโดยมีการบูรณาการศาสตร์วิชาต่าง ๆ ได้แก่ วิทยาศาสตร์ (science) เทคโนโลยี (technology) วิศวกรรม (engineering) และคณิตศาสตร์ (mathematics) ในรูปแบบสหวิทยาการ (Interdisciplinary integration) กล่าวคือ ในการจัดการเรียนรู้แต่ละครั้งต้องมีการบูรณาการรายวิชาอย่างน้อย 2 วิชา เข้าด้วยกันซึ่งเน้นศาสตร์การเรียนรู้วิชาวิทยาศาสตร์เป็นแกนหลักสำหรับการเรียนรู้ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยเชื่อมโยงเนื้อหาทั้งหมดเข้ากับหน่วยการเรียนรู้ เรื่อง “เสียง” ประกอบด้วย แผนการจัดการเรียนรู้ จำนวน 8 แผน ได้แก่ 1) มาทำความรู้จักกับเสียง 2) เสียงวิ่งได้ 3) ได้ยินไหม 4) มลพิษทางเสียง 5) ห้องเก็บเสียง 6) การสั่นพ้องของเสียง 7) การเกิดบีตส์ของเสียงและคลื่นนิ่งของเสียง 8) ปรากฏการณ์ดอปเปลอร์และปรากฏการณ์คลื่นกระแทก

ในการพัฒนาหน่วยการเรียนรู้ ผู้วิจัยจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบวัฏจักรการเรียนรู้ 5 ขั้น (5E) ผนวกกับการออกแบบเชิงวิศวกรรม ด้วยหน่วยการเรียนรู้บูรณาการแบบSTEM เรื่อง เสียง ให้สอดคล้องกับรายวิชาหลัก เพื่อให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ตามจุดมุ่งหมายของหน่วยการเรียนรู้ ในการเขียนแผนการจัดการเรียนรู้ ผู้วิจัยใช้รูปแบบแผนการจัดการเรียนรู้ของ (สุนีย์ เหมะประสิทธิ์, 2554, น.7-8) มีองค์ประกอบ คือ สาระสำคัญของความรู้ ความรู้เดิมที่ต้องมีมาก่อน จุดประสงค์การเรียนรู้ ความสอดคล้องกับตัวชี้วัด คุณลักษณะอันพึงประสงค์ หลักฐานและ

ร่องรอยการเรียนรู้ สื่อและแหล่งการเรียนรู้ กิจกรรมการเรียนรู้ การมอบหมายงาน บันทึกหลังการสอน

2. **การจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 5 ขั้น** (5E) หมายถึง การจัดกิจกรรมการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ที่เน้นกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ ประกอบด้วย 5 ขั้นตอนที่สำคัญ (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2561, น.219-220) ดังนี้

ขั้นที่ 1 ขั้นสร้างความสนใจ (Engage) เป็นการนำเข้าสู่บทเรียนหรือเรื่องที่สนใจ ซึ่งเกิดจากความสงสัย ความสนใจของนักเรียน หรือเกิดจากการต่อยอดความรู้เดิมของนักเรียน กระตุ้นนักเรียนให้เกิดการตั้งคำถาม ครูจัดกิจกรรม หรือสถานการณ์ที่กระตุ้นให้นักเรียนสนใจสงสัย ตั้งคำถามจนนำไปสู่การศึกษาค้นคว้า การแก้ปัญหา หรือการทดลอง โดยครูอาจใช้วิธีกระตุ้นความสนใจได้หลายแบบ เช่น นำเสนอข้อมูล สาธิต เล่าเรื่อง อภิปราย สนทนา ใช้สื่อ และการสร้างสถานการณ์

ขั้นที่ 2 ขั้นสำรวจและค้นหา (Explore) นักเรียนดำเนินการสำรวจ ค้นหา ทดลอง รวบรวมข้อมูล มีการวางแผนการสำรวจ ตรวจสอบ ออกแบบการทดลอง ลงมือปฏิบัติกิจกรรม เช่น สังเกต ทดลอง รวบรวมข้อมูล โดยครูเตรียมกิจกรรมและตั้งถามคำถามเพื่อให้นักเรียนได้ค้นคว้าหรือเก็บข้อมูลที่จำเป็น

ขั้นที่ 3 ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explain) นักเรียนนำข้อมูลที่ได้จากการสำรวจและค้นหามาวิเคราะห์และอภิปรายร่วมกัน พร้อมทั้งนำเสนอผลงานในรูปแบบต่าง ๆ อาทิ ภาพวาด แผนผัง ฯลฯ ที่มีความหลากหลายและสนับสนุนสมมติฐานที่ตั้งไว้ตามประเด็นที่กำหนด มีเอกสารอ้างอิงหลักฐานประกอบการให้เหตุผลอย่างชัดเจน

ขั้นที่ 4 ขั้นขยายความรู้ (Elaborate) ครูจัดกิจกรรมหรือสถานการณ์ให้นักเรียนขยายกรอบความคิดให้กว้างขึ้นหรือเชื่อมโยงความรู้เดิมเข้ากับความรู้ใหม่ ผ่านการตั้งประเด็นคำถามเพื่อให้นักเรียนได้อภิปรายร่วมกัน โดยนักเรียนสามารถยกสถานการณ์ ตัวอย่าง ประยุกต์ความรู้ที่ได้ไปใช้ในสถานการณ์อื่นหรือสร้างคำถามใหม่เพื่อนำไปสู่การขยายองค์ความรู้ออกไป

ขั้นที่ 5 ขั้นประเมิน (Evaluate) ครูจัดกิจกรรมให้นักเรียนได้ประเมินการเรียนรู้ของตนเองเพื่อให้นักเรียนนำไปใช้ในการปรับปรุงพัฒนาการเรียนรู้ของตนเอง อีกทั้งให้นักเรียนได้ตรวจสอบความถูกต้องของความรู้ที่ได้และเปรียบเทียบความรู้ใหม่กับความรู้เดิม

3. **ความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์** หมายถึง กระบวนการมุ่งหาคำตอบและแก้ปัญหา รวมถึงการพัฒนาสภาวะที่มีอยู่ให้ดีขึ้น โดยการทำงานร่วมกันระหว่างการคิดสร้างสรรค์ และการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ในการเลือกและประเมินวิธีแก้ปัญหาจนได้วิธีการแก้ปัญญาที่ดีที่สุด ซึ่งวัดออกมาเป็นคะแนนจากแบบทดสอบความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ ผู้วิจัยได้พัฒนาแบบทดสอบมาจาก(ดารารัตน์ ชัยพิลา, 2558, น.137) มีลักษณะเป็นการเขียนตอบ โดยกำหนดสถานการณ์เกี่ยวกับปัญหาที่นักเรียนพบในชีวิตประจำวัน จำนวน 1 สถานการณ์ สถานการณ์ละ 6 คำถาม โดยคำถามคลอบคลุมขั้นตอนการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ 3 ขั้นตอน ได้แก่

1) การค้นหาความจริง นักเรียนจะต้องมีความสามารถในการระบุปัญหาและสาเหตุของปัญหาที่เกิดขึ้น ภายใต้ของเขตของความเป็นจริงในสถานการณ์ที่เกิดขึ้น รวมไปถึงการเลือกปัญหาที่ต้องการแก้ไขอย่างสมเหตุสมผล

2) การหาแนวทางการแก้ปัญหา นักเรียนคิดวิธีการแก้ปัญหาจากปัญหาที่เลือกมาโดยวิธีการแก้ปัญหามีความหลากหลาย มีความแปลกใหม่ และตัดสินเลือกปัญหาได้อย่างเหมาะสม

3) การวางแผนการแก้ไขปัญหา นักเรียนมีการระดมสมอง ออกแบบการทำงานให้หลากหลายและร่วมหาแผนงานที่เหมาะสม

4. **ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน** หมายถึง คะแนนในการเรียนรู้ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยหน่วยการเรียนรู้บูรณาการแบบ STEM เรื่อง เสียง โดยวัดจากแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นตามตารางวิเคราะห์หลักสูตร ซึ่งแบบทดสอบเป็นข้อสอบเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 20 ข้อ โดยวัดครอบคลุมพฤติกรรมทางการเรียนด้านพุทธิพิสัยของบลูม(Bloom's Taxonomy) 4 ระดับ ได้แก่

1) ความรู้ความจำ (Knowledge) ความสามารถในการเก็บรักษามวลประสบการณ์ต่าง ๆ จากการที่ได้รับรู้ไว้และระลึกสิ่งนั้นได้เมื่อต้องการ

2) ความเข้าใจ (Comprehension) เป็นความสามารถในการจับใจความสำคัญของสื่อ และสามารถแสดงออกมาในรูปของการแปลความ ตีความ คาดคะเน ขยายความ หรือการกระทำอื่น ๆ

3) การนำความรู้ไปใช้ (Application) เป็นขั้นที่นักเรียนสามารถนำความรู้ประสบการณ์ไปใช้ในการแก้ปัญหาในสถานการณ์ต่าง ๆ ได้

4) การวิเคราะห์ (Analysis) นักเรียนสามารถคิด หรือ แยกแยะเรื่องราวสิ่งต่าง ๆ ออกเป็นส่วนย่อยที่เป็นองค์ประกอบที่สำคัญ และมองเห็นความสัมพันธ์ของส่วนที่เกี่ยวข้องกัน

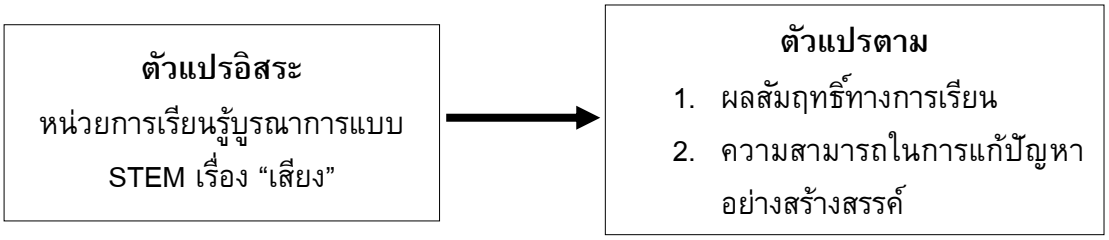
เมื่อพิจารณาจากผลการเรียนรู้ของหน่วยการเรียนรู้บูรณาการแบบ STEM เรื่อง เสียง พบว่าเป็นการอธิบายปรากฏการณ์ต่าง ๆเกี่ยวกับเสียง การเกิดเสียง การได้ยิน และการนำความรู้มาใช้ประโยชน์ในด้านต่าง ๆ จากที่กล่าวมาข้างต้น ผลการเรียนรู้มุ่งเน้นพัฒนานักเรียนในขั้นวิเคราะห์(Analysis) มากกว่าขั้นสังเคราะห์(Synthesis) และประเมินค่า(Evaluation) ผู้วิจัยจึงสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ที่ครอบคลุมพฤติกรรมทางการเรียนด้านพุทธิพิสัยเพียง 4 ระดับ

สำหรับเกณฑ์การประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ผู้วิจัยกำหนดเกณฑ์การผ่านร้อยละ 70 และได้คะแนนเทียบกับเกณฑ์อยู่ในระดับดีทุกรายวิชาที่บูรณาการ ตามที่(สำนักทดสอบทางการศึกษากรมวิชาการ กระทรวงศึกษาธิการ, 2554, น.22) กำหนด

5.การหาประสิทธิภาพของหน่วยการเรียนรู้ หมายถึง การหาค่าเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละของการเรียน โดยพิจารณาจากการทำใบงานและชิ้นงานต่าง ๆ และคะแนนการทดสอบหลังเรียนหลังได้รับการเรียนรู้ด้วยหน่วยการเรียนรู้บูรณาการแบบ STEM เรื่อง เสียง ใช้เกณฑ์การหาประสิทธิภาพหน่วยการเรียนรู้เป็น 80/80 โดย 80 ตัวแรก หมายถึง คะแนนจากการทำใบงานและชิ้นงานต่าง ๆ นำมาคำนวณหาค่าเฉลี่ยแล้วแปลงค่าเฉลี่ยเป็นร้อยละ และ 80 ตัวหลัง หมายถึง คะแนนทดสอบหลังเรียนของนักเรียนทุกคน นำมาคำนวณหาค่าเฉลี่ยแล้วแปลงค่าเป็นร้อยละ

กรอบแนวคิดในการวิจัย

การพัฒนาหน่วยการเรียนรู้บูรณาการแบบ STEM เป็นการนำเอาศาสตร์วิชาต่าง ๆ ได้แก่วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ มาเชื่อมโยงผสมผสานเข้าด้วยกัน เป็นองค์ความรู้ที่สมบูรณ์ เพื่อให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้แบบบูรณาการที่เชื่อมโยงกับการแก้ไขปัญหาต่าง ๆ ในชีวิตประจำวัน ซึ่งจะส่งผลให้เกิดพัฒนาทักษะในศตวรรษที่ 21 (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2561, น.75-80) นอกจากนี้ (พรทิพย์ ศิริภัทราชัย, 2556, น.55) ได้กล่าวถึงการเรียนรู้บูรณาการแบบ STEM ไว้ว่าการศึกษาดังกล่าวช่วยพัฒนาให้นักเรียนเกิดทักษะที่จำเป็นในศตวรรษที่ 21 โดยเฉพาะทักษะในการคิด และการสร้างนวัตกรรมด้วยพื้นฐานความรู้ ความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรม และคณิตศาสตร์ ซึ่งส่งผลให้เกิดนักเรียนได้รับการพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนให้สูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ โดยสรุปเป็นกรอบแนวคิดของการวิจัยดังภาพประกอบ 1 ดังนี้



ภาพประกอบ 1 กรอบแนวคิดในการวิจัย

สมมติฐานการวิจัย

1. หน่วยการเรียนรู้บูรณาการแบบ STEM มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 80/80

2.นักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยหน่วยการเรียนรู้บูรณาการแบบ STEM เรื่อง เสียง มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน

3. นักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยหน่วยการเรียนรู้บูรณาการแบบ STEM เรื่อง เสียง มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70

4. นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยหน่วยบูรณาการแบบ STEM มีความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการวิจัย เรื่อง การพัฒนาหน่วยการเรียนรู้บูรณาการแบบ STEM เรื่อง เสียง สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง และได้นำเสนอหัวข้อต่าง ๆ ดังนี้

1. เอกสารที่เกี่ยวข้องกับหน่วยการเรียนรู้แบบบูรณาการ
   - 1.1 ความหมายของหน่วยการเรียนรู้
   - 1.2 ความหมายของการบูรณาการ
   - 1.3 ประเภทของการบูรณาการ
   - 1.4 การพัฒนาหน่วยการเรียนรู้บูรณาการ
   - 1.5 แนวทางการจัดการเรียนรู้บูรณาการ
   - 1.6 ประสิทธิภาพของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้
2. เอกสารที่เกี่ยวข้องกับสะเต็มศึกษา
   - 2.1 ความหมายของการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา
   - 2.2 ศาสตร์สาขาของสะเต็มศึกษา
   - 2.3 หลักการจัดการเรียนการสอนตามแนวทางสะเต็มศึกษา
   - 2.4 การวัดและประเมินผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา
   - 2.5 ข้อดีและข้อจำกัดของการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา
3. เอกสารที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 5 ขั้น (5E)
   - 3.1 ความหมายของการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 5 ขั้น (5E)
   - 3.2 ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 5 ขั้น (5E)
   - 3.3 บทบาทครูและนักเรียนในการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 5 ขั้น (5E)
4. เอกสารที่เกี่ยวข้องกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
   - 4.1 ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
   - 4.2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
   - 4.3 ลักษณะของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่ดี
   - 4.4 ขั้นตอนการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
5. เอกสารที่เกี่ยวข้องกับความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์

5.1 ความหมายของการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์

5.2 กระบวนการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์

5.3 การจัดกิจกรรมเพื่อพัฒนาการคิดการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์

5.4 การวัดความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์

6. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

6.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับหน่วยการเรียนรู้บูรณาการ

6.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา

6.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 5 ขั้น (5E)

6.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

6.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์

1. เอกสารที่เกี่ยวข้องกับหน่วยการเรียนรู้แบบบูรณาการ

1.1 ความหมายของหน่วยการเรียนรู้

นักวิชาการทางการศึกษาและนักวิจัยหลายท่าน (กระทรวงศึกษาธิการ, 2548b, น. 34; เบญจมาศ อยู่เป็นแก้ว, 2547, น.34; สำนักทดสอบทางการศึกษากรมวิชาการ กระทรวงศึกษาธิการ, 2554, น.11) ได้ให้ความหมายของหน่วยการเรียนรู้ไว้ว่า หน่วยการเรียนรู้ หมายถึง ชุดของแผนที่ใช้สำหรับการจัดการเรียนรู้ โดยที่ผู้สอนจัดเป็นมวลประสบการณ์แบบบูรณาการ ซึ่งโดยทั่วไปแล้วประกอบด้วย ผลการเรียนรู้ สาระการเรียนรู้ ทักษะ/กระบวนการ กิจกรรมการเรียนการสอน ชิ้นงานหรือภาระงานที่ให้นักเรียนปฏิบัติ และการวัดประเมินผล โดยเนื้อหาถูกกำหนดให้จบในตัวของหน่วยการเรียนรู้

จากความหมายของหน่วยการเรียนรู้ข้างต้น จึงสรุปได้ว่าหน่วยการเรียนรู้ หมายถึง แนวทางที่ผู้สอนจัดทำขึ้น เพื่อใช้ในการจัดการเรียนการสอนโดยนำสาระการเรียนรู้แกนกลางหรือสาระการเรียนรู้ต่าง ๆ มาหลอมรวมเข้าด้วยกัน แล้วจำแนกสาระออกเป็นหัวเรื่อง แต่ละเรื่องนั้นให้มีความรู้ครบวงจร เพื่อความสะดวกในการจัดการเรียนรู้

1.2 ความหมายของการบูรณาการ

นักวิชาการทางการศึกษาและนักวิจัยหลายท่าน (กรรยา จิตฟุ้ง, 2556, น.42; ธนพล กลิ่นเมือง, 2550, น.16; นิปัทม์ ทิพยกมลพันธ์, 2558, น.14) ได้ให้ความหมายของการบูรณาการไว้ว่า การบูรณาการ หมายถึง เป็นการนำเอาศาสตร์สาขาวิชาต่าง ๆ ที่มีความสัมพันธ์กันมาผสมผสานเข้าด้วยกัน เพื่อให้มีความครบถ้วนสมบูรณ์ในตัว เน้นการพิจารณาองค์รวมของเนื้อหามากกว่าองค์ความรู้ของรายวิชา สอดคล้องกับความเป็นจริงในชีวิตประจำวันของนักเรียน ส่งผลให้นักเรียนเกิดความรู้และทักษะที่สามารถนำไปใช้ในการดำรงชีวิตได้

จากความหมายของการบูรณาการที่กล่าวมาข้างต้น สรุปได้ว่า การบูรณาการ หมายถึง การนำเอาศาสตร์วิชาต่าง ๆ ที่มีเนื้อหาสาระเชื่อมโยงกัน มาผสมผสานเข้าด้วยกัน ให้เป็นองค์ความรู้ที่มีความสมบูรณ์ และนักเรียนสามารถนำความรู้ที่ได้ไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวัน

1.3 ประเภทของการบูรณาการ

นักวิชาการทางการศึกษา (พิมพันธ์ เดชะคุปต์ และ พเยาว์ ยินดีสุข, 2555, น.2-3) กล่าวถึง ประเภทของบูรณาการไว้ 2 ประเภทหลัก ๆ ดังนี้

1. การบูรณาการระหว่างกลุ่มสาระการเรียนรู้ เป็นการผสมผสานเนื้อหาระหว่างวิชาหรือศาสตร์ระหว่างกลุ่มสาระการเรียนรู้ตั้งแต่สองกลุ่มสาระการเรียนรู้ขึ้นไป ภายใต้หัวเรื่อง (theme) มโนทัศน์ (concept) หรือปัญหา (problem) เดียวกัน ซึ่งเรียกว่าเป็นการบูรณาการข้ามวิชา ข้ามกลุ่มสาระการเรียนรู้ ข้ามศาสตร์

2. การบูรณาการภายในกลุ่มสาระการเรียนรู้ (interdisciplinary integration)เป็นการผสมผสานเนื้อหาระหว่างสาระการเรียนรู้ต่าง ๆ เข้าด้วยกัน ภายใต้หัวเรื่อง (theme) มโนทัศน์ (concept) หรือปัญหา (problem) ซึ่งเป็นการบูรณาการที่ตรงกันข้ามกับการบูรณาการระหว่างกลุ่มสาระการเรียนรู้ ผลการบูรณาการภายใต้หัวข้อเรื่อง (theme) จะได้เป็นหน่วยการเรียนรู้บูรณาการ (integrated) เป็นการศึกษาเกี่ยวกับประเด็นและเนื้อหาเรื่องใดเรื่องหนึ่ง

การนำกระบวนการเรียนรู้จากภายในกลุ่มสาระ หรือระหว่างกลุ่มสาระมาจัดเป็นกิจกรรมการเรียนรู้บูรณาการนั้น สามารถทำได้หลายลักษณะ และมีวิธีการในการจัดการเรียนรู้ที่แตกต่างกันไป ซึ่งนักวิชาการทางการศึกษาหลายท่าน (กรมวิชาการ (2546, น.21-22); กรมสามัญศึกษา (2543, น.68) ได้นำเสนอรูปแบบของการบูรณาการซึ่งสอดคล้องกันไว้ 4 รูปแบบ

1. แบบสอดแทรก (Infusion) เป็นการจัดการเรียนรู้ที่ผู้สอนดำเนินการจัดการเรียนรู้คนเดียว ลักษณะการจัดการเรียนรู้แบบบูรณการสอดแทรกเนื้อหาวิชาอื่น ๆ เข้าไปในวิชาหลัก

2. แบบคู่ขนาน (Paralled Instruction) เป็นการจัดการเรียนรู้ที่ผู้สอน สอนคนละรายวิชา แต่มีการวางแผนร่วมกันและสอนภายใต้หัวข้อเรื่องเดียวกัน

3. แบบสหวิทยาการ (Multidisciplinary Instruction) เป็นการจัดการเรียนรู้ที่นำเนื้อหาจากหลายกลุ่มสาระมาเชื่อมโยงเพื่อจัดการเรียนรู้ ซึ่งโดยทั่วไปผู้สอนมีการจัดการเรียนการสอนแยกตามรายวิชา แต่ในบางครั้งผู้สอนจะจัดการเรียนการสอนในหัวเรื่องเดียวกันได้ เป็นการจัดการเรียนรู้บูรณาการคล้ายกับการจัดการเรียนรู้แบบคู่ขนาน

4. แบบข้ามสาขาวิชาหรือสอนเป็นคณะ (Transdisciplinary Instruction) เป็นการจัดการเรียนรู้ที่ผู้สอนรายวิชาต่าง ๆ ร่วมจัดการเรียนรู้กันเป็นคณะ วางแผนปรึกษาหารือร่วมงานกัน ดำเนินการสอนนักเรียนกลุ่มเดียวกัน

จากประเภทของการบูรณาการที่กล่าวมาข้างต้น สรุปได้ว่า การบูรณาการนั้นสามารถทำได้โดยผู้สอนคนเดียว หรือผู้สอนตั้งแต่ 2 คนขึ้นไป มุ่งเน้นการเชื่อมโยงเนื้อหาสาระ

ที่เกี่ยวข้องและสัมพันธ์กันทั้งจากกลุ่มสาระเดียวกัน หรือระหว่างกลุ่มสาระ เพื่อให้นักเรียนเห็นความสัมพันธ์ของเนื้อหาและเชื่อมโยงความรู้กับการดำเนินชีวิตจริง

1.4 การสร้างหน่วยการเรียนรู้แบบบูรณาการ

กระทรวงศึกษาธิการ (2548a, น.34-41) ได้กล่าวถึง แนวทางการทำหน่วยการเรียนรู้บูรณาการระหว่างกลุ่มสาระการเรียนรู้ ไว้ดังนี้

1. กำหนดหน่วยการเรียนรู้บูรณาการได้มาจากสถานศึกษาและนักเรียน เพื่อกำหนดหน่วยการเรียนรู้ให้สนองต่อสภาพปัญหาของชุมชนและท้องถิ่น

2. กำหนดสาระการเรียนรู้ เมื่อกำหนดหน่วยการเรียนรู้บูรณาการแล้ว จะเกิดกรอบความคิดของกิจกรรมในหน่วยการเรียนรู้นั้น ๆ ให้พิจารณากลุ่มสาระที่มีความสอดคล้องสัมพันธ์กับกรอบความคิด โดยกรอบความคิดจะต้องสัมพันธ์กันหลาย ๆ กลุ่มสาระการเรียนรู้

3. พิจารณาความสอดคล้องระหว่างสาระการเรียนรู้กับมาตรฐานการเรียนรู้ของช่วงชั้นในแต่ละกลุ่มสาระการเรียนรู้

4. กำหนดเวลาเรียน คือ การกำหนดว่าแต่ละหน่วยการเรียนรู้นั้น ต้องใช้เวลาในการจัดการเรียนรู้มากน้อยเพียงใด และต้องคำนึงถึงเวลาเรียนที่สถานศึกษากำหนดไว้ด้วย

5. เขียนแผนการจัดการเรียนรู้รายหน่วยการเรียนรู้

6. ตรวจสอบคุณภาพหน่วยการเรียนรู้แบบบูรณาการ

7. จัดการเรียนรู้ตามแผนการจัดการเรียนรู้

ดวงกมล สินเพ็ง (2553, น.70) กล่าวถึงขั้นตอนการสร้างหน่วยการเรียนรู้ ดังนี้

1. กำหนดหัวข้อเรื่อง (Theme) ซึ่งจะเป็นชื่อหน่วยการเรียนรู้นั้น โดยพิจารณาจากมโนทัศน์ (Concept) ของเนื้อหาและทักษะที่จะมุ่งพัฒนานักเรียน นอกจากนี้อาจพิจารณาจากประเด็นปัญหาและความสนใจของนักเรียน เพื่อนำมากำหนดเป็นหัวเรื่อง

2. ทำเครือข่ายความคิด (web) หรือผังกราฟิก (Graphic Organs) โดยพิจารณาจากเนื้อหาสาระที่เกี่ยวข้องกับหัวเรื่อง (Theme) หัวข้อเรื่อง (Topic) และทักษะของสาระ

3. จัดเรียงลำดับเนื้อหา และทักษะต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับหัวเรื่อง (Theme) เพื่อนำไปจัดทำแผนการจัดการเรียนรู้

พิมพันธ์ เดชะคุปต์ และ พเยาว์ ยินดีสุข (2555, น.4-6) กล่าวถึง ขั้นตอนการสร้างหน่วยการเรียนบูรณาการไว้ดังนี้

1. กำหนดหัวเรื่อง (Theme) วิธีกำหนดรูปแบบที่ 1 กำหนดหัวเรื่องก่อน (Theme) หลังจากผสมผสานวัตถุประสงค์การเรียนรู้ร่วมของกลุ่มสาระการเรียนรู้ต่าง ๆ โดยกำหนดจากประเด็น ดังนี้

1.1 มโนทัศน์ (Concept)

1.2 ประเด็นปัญหา (Problem)

1.3 เรื่องที่เป็นปัญหา (Issue)

1.4 เรื่องที่ต้องการใช้ การสืบสอบ/แก้ปัญหา (Problem Solving)

1.5 แหล่งการเรียนรู้ที่เอื้อต่อการค้นคว้า (Resource Learning)

1.6 ความสนใจของนักเรียน (Students Interest)

2. ทำเครือข่ายความคิด (Web) หรือผังความคิด (Concept Map) หรือผังกราฟ (Graphic Organizers) เกี่ยวข้องกับข้อความดังนี้

2.1 เนื้อหาในกลุ่มสาระการเรียนรู้ต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับหัวเรื่อง (Theme)

2.2 หัวข้อเรื่อง (Topic) และทักษะกลุ่มสาระการเรียนรู้ต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง

3. จัดเรียงลำดับเนื้อหาและทักษะต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับหัวเรื่อง เพื่อนำไปวางแผนการจัดการเรียนรู้

4. วางแผนจัดการเรียนรู้

4.1 ระบุมโนทัศน์สำคัญ

4.2 กำหนดวัตถุประสงค์การเรียนรู้

4.3 จัดกิจกรรมการเรียนรู้

4.4 เตรียมสื่อการเรียนรู้ และแหล่งการเรียนรู้

4.5 กำหนดวิธีการประเมินการเรียนรู้

ได้เสนอขั้นตอนการจัดทำหน่วยการเรียนรู้ ไว้ดังนี้

1. เลือกหัวข้อหน่วยการเรียนที่มีความสอดคล้องกับชั้นปีที่จะสอน และกำหนดประเด็นคำถามเพื่อการเรียนรู้ที่เป็นจุดเน้นของหัวข้อหน่วยการเรียนนั้น โดยวิเคราะห์โครงสร้างหลักสูตรและนำจุดประสงค์การเรียนรู้มากำหนดเป็นประเด็นคำถาม เพื่ออำนวยความสะดวกแก่ผู้สอนในการออกแบบหน่วยการเรียน

2. เลือกองค์ความรู้และมาตรฐานช่วงชั้นที่เห็นว่าสอดคล้องกับจุดเน้นของหัวข้อหน่วยการเรียน

3. กำหนดกิจกรรมการเรียนรู้ในหัวข้อหน่วยการเรียนนั้น ที่มีความสอดคล้องและเป็นไปเพื่อบรรลุมาตรฐานที่คัดเลือกไว้ ออกแบบการประเมินงาน และกิจกรรมที่นักเรียนต้องปฏิบัติให้มีความสอดคล้องและเพื่อให้บรรลุตามมาตรฐานที่คัดเลือกไว้

4. ทบทวนงานที่ออกแบบไว้ทั้งหมด โดยพิจารณาว่าทำไมจึงออกแบบหัวข้อหน่วยการเรียนนี้ ทำไมจึงจำเป็นต้องสอนนักเรียนในหัวข้อหน่วยการเรียนนี้ หัวข้อหน่วยการเรียนนี้จะทำให้นักเรียนได้มาตรฐานอะไรบ้าง นักเรียนบรรลุตามมาตรฐานที่กำหนดได้อย่างไรและจะทราบได้อย่างไรว่านักเรียนบรรลุมาตรฐานจากการเรียนตามหัวข้อของหน่วยการเรียนนี้

จากแนวคิดของนักวิชาการในการสร้างหน่วยการเรียนรู้แบบบูรณาการข้างต้น ผู้วิจัยได้สังเคราะห์ขั้นตอนแล้วนำเสนอในรูปแบบของตารางเปรียบเทียบการสร้างหน่วยการเรียนรู้แบบบูรณาการตามแนวคิดของนักวิชาการ ดังตาราง 1 แล้วได้ดำเนินการสังเคราะห์เป็นขั้นตอนของการพัฒนาหน่วยการเรียนรู้บูรณาการแบบSTEM เรื่อง เสียง ไว้ดังนี้ 1) กำหนดขั้นตอนหัวเรื่องให้หัวเรื่องสอดคล้องกับมาตรฐานการเรียนรู้และชั้นปีตามที่กำหนดไว้ 2) กำหนดสาระการเรียนรู้ ผู้สอนต้องสร้างกรอบความคิดในการจัดกิจกรรมของหน่วยการเรียนรู้นั้น ๆ ให้พิจารณากลุ่มสาระที่มีความสอดคล้องสัมพันธ์กับกรอบความคิดและต้องมีความสัมพันธ์กันหลาย ๆ กลุ่มสาระการเรียนรู้ 3) พิจารณาความสอดคล้องระหว่างสาระการเรียนรู้กับมาตรฐานการเรียนรู้ในแต่ละกลุ่มสาระการเรียนรู้ 4) จัดเรียงลำดับเนื้อหา และกำหนดเวลาเพื่อให้สอดคล้องกับเวลาเรียนที่สถานศึกษากำหนด 5) วางแผนการจัดการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ

ตาราง 1 เปรียบเทียบขั้นตอนการสร้างหน่วยการเรียนรู้แบบบูรณาการ

นักวิชาการทางการศึกษา				
กระทรวงศึกษาธิการ (2548)	**Vermont (2000)**	**ดวงกมล สินเพ็ง (2554)**	**พิมพันธ์ เดชะคุปต์ และพเยาว์ ยินดีสุข (2555)**	**ผู้วิจัย**
1. กำหนดหน่วยการเรียนรู้ 2. กำหนดสาระการเรียนรู้ 3. พิจารณาความสอดคล้องระหว่างสาระการเรียนรู้กับมาตรฐานการเรียนรู้ในแต่ละกลุ่มสาระการเรียนรู้ 4. กำหนดเวลาเรียน 5. เขียนแผนการจัดการเรียนรู้ 6. ตรวจสอบคุณภาพหน่วย 7. จัดการเรียนรู้ตามที่วางแผนไว้	1. เลือกหัวข้อหน่วยการเรียนรู้ 2. กำหนดประเด็นคำถาม 3. เลือกองค์ความรู้มาตรฐานและมาตรฐานช่วงชั้น 4. กำหนดกิจกรรมที่จะเรียนเพื่อบรรลุมาตรฐานที่คัดเลือกไว้ 5. ออกแบบการประเมินงานและกิจกรรม 6. ทบทวนงานที่ออกแบบไว้ทั้งหมด	1. กำหนดหัวข้อเรื่อง 2. ทำเครือข่ายความคิด 3. จัดเรียงลำดับเนื้อหา และทักษะต่าง ๆ	1. กำหนดหัวเรื่อง (Theme) 2. ทำเครือข่ายความคิด (Web) 3. จัดเรียงลำดับเนื้อหาและทักษะต่าง ๆ 4. วางแผนจัดการเรียนรู้	1. กำหนดประเด็น/หัวเรื่อง 2. กำหนดสาระการเรียนรู้ 3. พิจารณาความสอดคล้องระหว่างสาระการเรียนรู้กับมาตรฐานการเรียนรู้ในแต่ละกลุ่มสาระการเรียนรู้ 4. จัดเรียงลำดับเนื้อหา และกำหนดเวลา 5. วางแผนการจัดการเรียนรู้

1.5 แนวทางการจัดการเรียนรู้ที่เอื้อต่อการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการ

เพื่อให้การจัดการเรียนรู้ให้มีประสิทธิภาพ ผู้สอนจะต้องมีการวางแนวทางการจัดการเรียนรู้ โดยการเขียนแผนการจัดการเรียนรู้ที่สร้างสรรค์ เพื่อให้นักเรียนบรรลุตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ (สุนีย์ เหมะประสิทธิ์, 2554, น.7-8) ได้กล่าวถึง ขั้นตอนการเขียนแผนการจัดการเรียนรู้ว่ามีองค์ประกอบ ไว้ดังนี้

1. สาระสำคัญของความรู้ คือ องค์ความรู้ที่เป็นมโนทัศน์ หลักการ หรือทฤษฎี

2. ความรู้เดิมที่ต้องมีมาก่อน คือ องค์ความรู้เดิมที่นักเรียนควรจะมีหรือเรียนรู้มาแล้ว ซึ่งจะเป็นพื้นฐานในการเรียนรู้มโนทัศน์ใหม่

3. จุดประสงค์การเรียนรู้ คือ ส่วนที่แสดงว่านักเรียนได้รับการพัฒนาศักยภาพทั้ง 3 ด้าน ได้แก่ ความรู้ ทักษะ และคุณลักษณะอันพึงประสงค์

4. ความสอดคล้องกับตัวชี้วัด คือ ส่วนที่ระบุว่าการออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ในแผนการจัดการเรียนรู้มีความสอดคล้องกับมาตรฐานและตัวชี้วัดชั้นปี

5. คุณลักษณะอันพึงประสงค์ คือ ส่วนที่ระบุว่าแผนการจัดการเรียนรู้ มุ่งพัฒนาคุณลักษณะอันพึงประสงค์ในด้านใดบ้าง ตามคุณลักษณะอันพึงประสงค์ 8 ประการ รวมถึงการแสดงหลักฐานและร่องรอยการเรียนรู้ (การวัดและประเมินผล) หรืออีกนัยหนึ่ง คือ การระบุถึงพฤติกรรมที่สะท้อนว่านักเรียนเกิดการเรียนรู้

6. หลักฐานร่องรอยการเรียนรู้ (การวัดและประเมินผล) คือ ส่วนที่ระบุถึงพฤติกรรมที่สะท้อนว่านักเรียนเกิดการเรียนรู้ พร้อมทั้งวิธีการ เทคนิคการวัดผล และเกณฑ์การประเมิน

7. สื่อและแหล่งการเรียนรู้ คือ ส่วนที่ระบุถึงสื่อการสอนและสื่อการเรียนรู้ รวมทั้งการใช้แหล่งเรียนรู้นอกห้องเรียนทั้งแหล่งเรียนรู้ที่เป็นตัวของบุคคล สถานที่ทางธรรมชาติ และสถานที่ที่มนุษย์สร้างขึ้น เป็นต้น

8. กิจกรรมการเรียนรู้ คือ ส่วนที่ออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ที่มุ่งพัฒนาความเก่งความดี และความสุขของนักเรียน นั่นคือการพัฒนาการคิด การส่งเสริมสมรรถนะที่สำคัญ รวมทั้งคุณลักษณะอันพึงประสงค์

9. การมอบหมายงาน คือ ส่วนที่ ครู วางแผนว่าหลังสิ้นสุดการสอนจากแผนการจัดการเรียนรู้แล้วนักเรียนต้องปฏิบัติสิ่งใดบ้าง เช่น การบ้าน หรือการเตรียมวัสดุอุปกรณ์ ในบทเรียนถัดไป

10 บันทึกหลังการสอน คือ ส่วนที่ครูบันทึกและสรุปผลของการจัดการเรียนการสอน เพื่อเป็นข้อมูลสำหรับปรับปรุงคุณภาพการสอนและคุณภาพในการเรียนให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น

จึงสรุปได้ว่า แนวทางการจัดการเรียนรู้เป็นกระบวนการสำคัญในการส่งผ่านความรู้ ทักษะและคุณลักษณะอันพึงประสงค์ ก่อให้เกิดการเรียนรู้อย่างมีคุณภาพสอดคล้องตามเป้าหมายที่หลักสูตรกำหนดไว้

1.6 ประสิทธิภาพของกิจกรรมการเรียนรู้

การทดสอบประสิทธิภาพของหน่วยการเรียนรู้ เป็นการพิจารณาว่าหน่วยการเรียนรู้บูรณาการที่พัฒนาขึ้นช่วยให้การจัดการเรียนรู้ดำเนินไปอย่างมีประสิทธิภาพหรือไม่ โดย (ชัยยงค์ พรหมวงศ์, 2556, น.8-9) ได้กล่าวถึงวิธีการหาประสิทธิภาพ E_1/E_2 ไว้ดังนี้

สำหรับ E_1 คือ ค่าประสิทธิภาพของงานและแบบฝึกปฏิบัติ กระทำได้โดยการนำคะแนนงานทุกชิ้นในแต่ละกิจกรรม แต่ละคนมารวมกัน แล้วหาค่าเฉลี่ยและเทียบส่วนเป็นร้อยละ

สำหรับ E_2 คือ ค่าประสิทธิภาพผลลัพธ์ของการประเมินหลังเรียนของแต่ละสื่อหรือชุดการสอน กระทำได้โดยการเอาคะแนนจากงานสุดท้ายของนักเรียนทั้งหมดรวมกันแล้วหาค่าเฉลี่ยและเทียบสัดส่วนเพื่อหาค่าร้อยละ

ค่าประสิทธิภาพ E_1/E_2 ที่เป็นไปตามเกณฑ์ควรมีความคลาดเคลื่อนหรือความแปรปรวนของผลลัพธ์ไม่เกิน (บวกลบ) 2.5 และหากคะแนน E_1 และ E_2 ห่างกันเกิน 5% แสดงว่ากิจกรรมที่ให้นักเรียนทำกับการสอนหลังเรียนไม่สมดุลกัน จำเป็นที่ต้องแก้ไข

จึงสรุปได้ว่าการทดสอบประสิทธิภาพของหน่วยการเรียนรู้ เป็นการประเมินว่าหน่วยการเรียนรู้ที่ได้พัฒนาขึ้นทำให้นักเรียนมีความรู้เพิ่มขึ้นหรือไม่ ช่วยให้กระบวนการเรียนการสอนดำเนินไปอย่างมีประสิทธิภาพเพียงใด ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ใช้เกณฑ์ประสิทธิภาพหน่วยการเรียนรู้ E_1/E_2 คือ 80/80 โดย 80 ตัวแรก หมายถึง คะแนนจากการทำใบงานและชิ้นงานต่าง ๆ นำมาคำนวณหาค่าเฉลี่ยแล้วคิดเป็นร้อยละ และ 80 ตัวหลัง หมายถึง คะแนนทดสอบหลังเรียนของนักเรียนทุกคน นำมาคำนวณหาค่าเฉลี่ยแล้วคิดเป็นร้อยละ

1.7 ประโยชน์ของการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการ

พัชรี บุญโสม (2555, น.13-14) ได้กล่าวถึงประโยชน์ของการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการ ไว้ดังนี้

1. ทำให้ผู้เรียนเข้าใจเนื้อหาในลักษณะองค์รวม มองเห็นความสัมพันธ์ระหว่างเนื้อหาวิชา ทำให้ผู้เรียนระลึกถึงข้อมูลได้อย่างรวดเร็ว กระตุ้นนักเรียนให้มีความรู้ทั้งลึกและกว้าง ทำให้เป็นผู้มีทัศนะกว้างไกล ลดความซ้ำซ้อนของเนื้อหาแต่ละวิชา และทำให้มีเวลาเรียนมากขึ้น

2. ทำให้ผู้เรียนได้เรียนรู้จากประสบการณ์จริง ส่งเสริมให้เกิดกิจกรรมการเรียนรู้ได้อย่างกว้างขวาง และหลากหลายรูปแบบ โดยผสมผสานความรู้ คุณธรรม ค่านิยม คุณลักษณะอันพึงประสงค์ มีเจตคติที่ดี ผู้เรียนได้เรียนรู้ตลอดชีวิต และสามารถนำความรู้ที่ได้ไปใช้ในชีวิตจริงอย่างเหมาะสมตามความสนใจ

3. ส่งเสริมให้เกิดกิจกรรมการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ ส่งเสริมกระบวนการคิด การจัดการ การเผชิญสถานการณ์และการประยุกต์ความรู้มาใช้เพื่อป้องกันและแก้ปัญหา และการประยุกต์ใช้ทักษะต่าง ๆ

4.ส่งเสริมการปกครองระบบประชาธิปไตย รู้จักเคารพสิทธิเสรีภาพของผู้อื่น โดยคำนึงถึงความคิดเห็นและผลประโยชน์ของส่วนรวมเป็นหลัก การยอมรับผู้อื่น การรู้สึกเป็นส่วนหนึ่งของหมู่คณะ และเกิดการเรียนรู้จากการทำร่วมกัน

5. ช่วยทำให้ผู้เรียนเข้าใจสภาพและปัญหาสังคมได้ดีกว่า สามารถพิจารณาปัญหาและที่มาของปัญหาอย่างกว้าง ๆ ใช้ความรู้อย่างหลากหลายมาสัมพันธ์กัน ส่งเสริมให้เกิดทักษะและความสามารถในการแก้ปัญหาทั้งผู้เรียนและผู้สอน รวมทั้งส่งเสริมการค้นคว้าวิจัย

6. ช่วยทำให้การสอนและการให้การศึกษามีคุณค่ามากขึ้น สามารถช่วยเน้นการพัฒนาทักษะที่จำเป็น ให้เกิดความคิดรวบยอดที่กระจ่างขึ้น ถูกต้อง และสามารถปลูกฝังค่านิยมที่พึงประสงค์ได้

7. ช่วยส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดความคิดสร้างสรรค์ในด้านต่าง ๆ และเกิดความสนุกสนานเพราะได้เรียนรู้หลายด้าน พัฒนาค่านิยม พัฒนาวินัยตนเอง ส่งเสริมความสามารถในการทำงาน

สรุปได้ว่า การจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการ เป็นการจัดการเรียนรู้ที่มีคุณค่าต่อการพัฒนานักเรียน เพราะสิ่งที่ได้เรียนรู้เป็นสิ่งที่สัมพันธ์กับชีวิตจริง ช่วยฝึกให้ผู้เรียนรู้จักนำความรู้ที่

ได้รับไปผสมผสานกัน ฝึกให้รู้จักใช้เหตุผล และสามารถนำไปประยุกต์ใช้เพื่อแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวันได้

2. เอกสารที่เกี่ยวข้องกับสะเต็มศึกษา

2.1 ความหมายของสะเต็มศึกษา

นักวิชาการทางการศึกษาได้ให้ความหมายของสะเต็มศึกษา ไว้หลายความหมาย (นัสรินทร์ บือชา, 2558, น.10; พรทิพย์ ศิริภัทราชัย, 2556, น.49; พลศักดิ์ แสงพรมศรี, 2559, น. 11) ซึ่งสามารถวิเคราะห์และสรุปความหมายได้ว่า สะเต็มศึกษา คือ การจัดการเรียนรู้ที่มีการบูรณาการศาสตร์วิชาต่าง ๆ ได้แก่ วิทยาศาสตร์ (science) เทคโนโลยี (technology) วิศวกรรม (engineering) และคณิตศาสตร์ (mathematics) เข้าด้วยกัน โดยมุ่งเน้นการแก้ปัญหาในชีวิตจริง ค้นคว้า สร้างสรรค์และออกแบบพัฒนาผลงานหรือนวัตกรรมขึ้น เป็นการส่งเสริมให้นักเรียนเกิดการพัฒนาทักษะต่าง ๆ ที่สำคัญ

จากความหมายของสะเต็มศึกษาที่กล่าวมาข้างต้น สรุปได้ว่า สะเต็มศึกษา หมายถึง การนำศาสตร์วิทยาทั้ง 4 มาบูรณาการการเรียนรู้เข้าด้วยกัน อันได้แก่ วิทยาศาสตร์ (science) เทคโนโลยี (technology) วิศวกรรม (engineering) และคณิตศาสตร์ (mathematics) เพื่อพัฒนาให้นักเรียนมีทักษะในศตวรรษที่ 21

2.2 ศาสตร์สาขาของสะเต็มศึกษา

นักวิชาการทางการศึกษาหลายท่านได้ให้ศาสตร์ของสะเต็มศึกษาไว้มากมาย ดังนี้ (พรทิพย์ ศิริภัทราชัย, 2556, น.50) ได้กล่าวถึงจุดเด่นของธรรมชาติตลอดจนวิธีการสอนของแต่ละสาขาวิชาไว้ดังนี้

วิทยาศาสตร์ (S) เน้นเกี่ยวกับความเข้าใจในธรรมชาติ การสอนตามแนวทางสะเต็มศึกษาส่งผลให้นักเรียนมีความสนใจ กระตือรือร้น รู้สึกท้าทาย และเกิดความมั่นใจในการเรียนรู้ ซึ่งจะส่งผลให้ประสบความสำเร็จในสาขาวิชาวิทยาศาสตร์ในระดับชั้นที่สูงขึ้น

เทคโนโลยี (T) เป็นวิชาที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการแก้ปัญหา ปรับปรุง พัฒนาสิ่งต่าง ๆ เพื่อตอบสนองความต้องการของมนุษย์ โดยใช้กระบวนการทางเทคโนโลยีที่เรียกว่าการออกแบบเชิงวิศวกรรม ซึ่งคล้ายกับกระบวนการสืบเสาะ ดังนั้นเทคโนโลยีจึงไม่ได้หมายถึงคอมพิวเตอร์หรือไอซีทีเท่านั้น

วิศวกรรมศาสตร์ (E) เป็นวิชาที่เกี่ยวเนื่องกับความคิดสร้างสรรค์ ส่งเสริมการพัฒนานวัตกรรมต่าง ๆ โดยใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี

คณิตศาสตร์ (M) ประการแรก เป็นวิชาที่เกี่ยวกับกระบวนการคิดทางคณิตศาสตร์ (mathematical thinking) ซึ่งได้แก่ การเปรียบเทียบ การจำแนก/จัดกลุ่ม การจัดรูปแบบ การระบุรูปร่างและคุณสมบัติ ประการที่สองภาษาคณิตศาสตร์ เด็กสามารถถ่ายทอดความคิดหรือเข้าใจความคิดรวบยอด โดยการสื่อสารผ่านภาษาทางคณิตศาสตร์ได้ เช่น มากกว่า น้อยกว่า เล็กกว่า ใหญ่กว่า เป็นต้น ประการสุดท้ายคือการส่งเสริมคณิตศาสตร์ขั้นสูง (higher-level mathematical thinking) จากกิจกรรมการเล่นหรือการทำกิจกรรมในชีวิตประจำวัน

วศิณีส์ อิศรเสนา ณ อยุธยา (2559, น.13-14) สะเต็มศึกษาเป็นการจัดการเรียนการสอนที่เชื่อมโยงความรู้และบูรณาการความรู้จาก ศาสตร์ 4 วิชาดังนี้

วิทยาศาสตร์ (Science) หมายถึง ความรู้และกฎความเป็นจริงที่อยู่ในธรรมชาติรอบตัว ทั้งที่เกี่ยวกับสิ่งมีชีวิตและสิ่งไม่มีชีวิต ได้แก่ คน สัตว์ พืช สิ่งของ เป็นกระบวนการเรียนรู้ที่ใช้การสืบค้น ทดลอง พิสูจน์ และเรียนรู้เพื่อหาความจริงที่เกิดขึ้นในโลก

เทคโนโลยี (Technology) หมายถึง การเปลี่ยนแปลงธรรมชาติและสิ่งต่าง ๆ ที่อยู่รอบตัวมาใช้ประโยชน์ให้ดีขึ้นด้วยการใช้ความรู้ ความคิด และเทคนิคต่าง ๆ หรืออาจเป็นการพัฒนาและนำสิ่งต่าง ๆ มาแก้ปัญหาและสร้างสรรค์ในการทำงานและในชีวิตประจำวัน เช่น การหาข้อมูลคอมพิวเตอร์ การพิมพ์บนคอมพิวเตอร์แทนการเขียน ทำให้บันทึกข้อความได้รวดเร็วเป็นระเบียบและสามารถเก็บข้อมูลได้

วิศวกรรมศาสตร์ (Engineering) หมายถึง การออกแบบ แก้ปัญหาและสร้างสรรค์สิ่งใหม่ ด้วยหลักการทางคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์ เพื่อแก้ปัญหา สร้างสรรค์ และอำนวยความสะดวกให้กับมนุษย์ซึ่งวิศวกรรมศาสตร์มักควบคู่ไปกับเทคโนโลยี

คณิตศาสตร์ (Mathematics) หมายถึง หลักการในการใช้สมการและวิธีต่าง ๆ ในการคำนวณ เพื่อแก้ปัญหา หาผลลัพธ์ และหาข้อเท็จจริงเกี่ยวกับจำนวน ตัวเลข พื้นผิว เรขาคณิต โครงสร้าง

จากแนวคิดเกี่ยวกับองค์ประกอบของสะเต็มศึกษาของนักวิชาการทางการศึกษาหลายท่าน พบว่า สะเต็มศึกษาเป็นรูปแบบการเรียนรู้แบบสหวิทยาการที่ไม่ใช่การสอนแบบแยกส่วน แต่เป็นลักษณะบูรณาการของศาสตร์ทั้ง 4 ได้แก่ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์

และคณิตศาสตร์เข้าด้วยกัน โดยผนวกกับการออกแบบเชิงวิศวกรรมเพื่อให้นักเรียนได้กระบวนการการนำความรู้มาแก้ปัญหาในชีวิตประจำวันได้ นักวิชาการทางการศึกษาแต่ละท่านอธิบายจุดเด่นของแต่ละวิชาแตกต่างกันออกไป ผู้วิจัยจึงนำแนวคิดของนักวิชาการทางการศึกษามาจัดทำองค์ประกอบของการสอนบูรณาการแบบสะเต็ม เรื่อง เสียง โดยมีรายละเอียดดังนี้

ภาพประกอบ 2 องค์ประกอบของการเรียนรู้แบบสะเต็มเรื่อง เสียง

2.3 แนวทางการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา

การจัดการเรียนรู้ที่สามารถพัฒนานักเรียนให้มีคุณภาพ ตามที่หลักสูตรกำหนดควรเป็นกระบวนการเรียนรู้เชิงรุก (active learning) โดยให้นักเรียนมีส่วนร่วมและเป็นส่วนหนึ่งของกิจกรรมการเรียนรู้โดยจัดกิจกรรมให้นักเรียนมีโอกาสศึกษาด้วยตนเองโดยการเลือก การตัดสินใจและลงมือปฏิบัติ เพื่อให้เกิดประสบการณ์ตรง แก้ปัญหาหรือสนองความต้องการโดยสร้างชิ้นงานด้วยวิธีการที่สร้างสรรค์ (Prince (2008 อ้างถึงใน กมลฉัตร กล่อมอิ่ม, 2562, น.127) ผู้สอนจึงมีความเข้าใจในหลักการ แนวคิด และจุดเน้น ที่เกี่ยวข้องกับแนวทางการจัดการเรียนรู้ของสาระเทคโนโลยี (การออกแบบเทคโนโลยี) ตัวอย่างแนวทางการจัดการเรียนรู้ มีดังนี้

1. การใช้ปัญหาเป็นฐานการเรียนรู้ (Problem-Based learning: PBL) เป็นการจัดการเรียนรู้ที่เน้นในสิ่งที่เด็กอยากเรียนรู้ โดยสิ่งที่อยากเรียนรู้ดังกล่าวจะต้องเริ่มมาจากปัญหาที่เด็กสนใจ หรือพบในชีวิตประจำวันที่มีเนื้อหาเกี่ยวข้องกับบทเรียน อาจเป็นปัญหาของตนเองหรือปัญหาของกลุ่ม ซึ่งครูจะต้องมีการปรับเปลี่ยนแผนการจัดการเรียนรู้ตามความสนใจของเด็กอย่างเหมาะสม จากนั้นครูและเด็กร่วมกันออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้เกี่ยวกับปัญหานั้น โดยปัญหาที่จะนำมาใช้ในการจัดการเรียนรู้บางครั้งอาจเป็นปัญหาของสังคมที่ครูเป็นผู้กระตุ้นให้เด็กคิดจากสถานการณ์ ข่าว เหตุการณ์ต่าง ๆ ที่เกิดขึ้น จะเน้นที่กระบวนการเรียนรู้ของเด็ก เด็กต้องเรียนรู้จากการเรียน (learning to learn) เน้นปฏิสัมพันธ์ระหว่างนักเรียนในกลุ่ม การปฏิบัติและการเรียนรู้ร่วมกัน (Collaborative Learning) นำไปสู่การค้นคว้าหาคำตอบหรือสร้างความรู้ใหม่บนฐานความรู้เดิมที่นักเรียนมีมาก่อนหน้านี้

2. การเรียนรู้แบบสืบเสาะ (Inquiry-Based Learning) เป็นการสืบเสาะหาความรู้โดยใช้กระบวนการที่นักวิทยาศาสตร์ศึกษาอธิบายปรากฏการณ์ทางธรรมชาติ ซึ่งวางอยู่บนพื้นฐานของหลักฐานหรือเหตุผลต่าง ๆ และอีกความหมาย คือ เป็นกระบวนการที่นักเรียนใช้ในการค้นคว้า หาคำตอบอย่างมีระบบเพื่ออธิบายเหตุการณ์ต่าง ๆ ที่ต้องการศึกษากระบวนการสืบเสาะหาความรู้ในห้องเรียนวิทยาศาสตร์ในการจัดการเรียนการสอน ผู้สอนสามารถเลือกจัดการเรียนรู้ให้นักเรียนได้เรียนรู้วิทยาศาสตร์ผ่านกระบวนการต่าง ๆ ในการสืบเสาะหาความรู้ตามบริบทของผู้สอน นักเรียน โรงเรียน และแหล่งการเรียนรู้ที่มีอยู่ตามความเหมาะสม โดยครูเป็นผู้สนับสนุนให้นักเรียนได้สำรวจปรากฏการณ์ต่าง ๆ และกระตุ้นให้นักเรียนสร้างความเข้าใจ ทางวิทยาศาสตร์ได้อย่างถูกต้อง

3. การจัดการเรียนรู้แบบโครงงานเป็นฐาน (Project-based learning) หมายถึง การจัดการเรียนรู้ที่มีครูเป็นผู้กระตุ้นเพื่อนำความสนใจที่เกิดจากตัวนักเรียนมาใช้ในการทำกิจกรรมค้นคว้าหาความรู้ด้วยตัวนักเรียนเอง นำไปสู่การเพิ่มความรู้ที่ได้จากการลงมือปฏิบัติ การฟังและการสังเกตจากผู้เชี่ยวชาญ โดยนักเรียนมีการเรียนรู้ผ่านกระบวนการทำงานเป็นกลุ่ม ที่จะนำไปสู่การสรุปความรู้ใหม่ มีการเขียนกระบวนการจัดทำโครงงานและได้ผลการจัดกิจกรรมเป็นผลงานที่เป็นรูปธรรม

4. การเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5E เป็นกระบวนการเรียนรู้ที่ครูนิยมใช้กับเด็กระดับประถมศึกษาตอนปลายและนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษา คือ 5Es หรือกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ จากหนังสือชื่อ The 5 Es of Inquiry-Based Science หน้า 16-124 ได้ให้ความหมายของคำว่า “Inquiry” หรือการสืบค้นว่าหมายถึง กิจกรรมหรือสิ่งที่มนุษย์ทำหรือกระบวนการเรียนรู้ด้วยประสบการณ์ การทดลองหรือการทดสอบในภาวะต่าง ๆ เพื่อสาธิตในสิ่งที่รู้หรือการค้นหาสิ่งที่ไม่รู้ การสืบค้นหรือการศึกษาจากการใช้คำถามทางวิทยาศาสตร์อย่างเป็นขั้นตอน 5 Es เป็นคำย่อของ E ทั้งห้า ได้แก่ Engage การสร้างความสนใจ, Explore การสำรวจค้นหา, Explain การอธิบาย, Elaborate ขั้นขยายความรู้ และ Evaluate การประเมินผล Chitman-Booker และ Kopp (2013, p.55)

5. กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม กระบวนการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาเป็นการเรียนรู้ที่ผนวกวิชาวิทยาศาสตร์คณิตศาสตร์เทคโนโลยีและกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมเพื่อที่จะทำให้นักเรียนเกิดความรู้ความเข้าใจและพัฒนาความรู้ความสามารถในด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี เพื่อนำมาออกแบบชิ้นงาน ซึ่งชิ้นงานนั้นสามารถนำมาแก้ไขปัญหาในชีวิตประจำวันได้ ซึ่งกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมประกอบด้วยองค์ประกอบ 5 ขั้นตอน ดังต่อไปนี้

1) การระบุปัญหา (Identify a challenge) เป็นขั้นตอนที่ผู้แก้ปัญหาทำความเข้าใจสิ่งที่เป็นปัญหาในชีวิตประจำวัน และจำเป็นต้องหาวิธีการหรือสร้างสิ่งประดิษฐ์ (Innovation) เพื่อแก้ปัญหาดังกล่าวนั้น

2) การค้นหาแนวคิดที่เกี่ยวข้อง (Explore Ideas) คือ การรวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหาและประเมินความเป็นไปได้ ความคุ้มทุน ข้อดี ข้อด้อย และความเหมาะสมเพื่อเลือกแนวคิดหรือวิธีที่เหมาะสม

3) การวางแผนและพัฒนา (Plan and Develop) ผู้แก้ปัญหาต้องกำหนดขั้นตอนย่อยในการทำงานรวมทั้งกำหนดเป้าหมายและระยะเวลาในการดำเนินการให้ชัดเจน รวมถึงออกแบบและพัฒนาต้นแบบ (Prototype) ของผลผลิตเพื่อใช้ในการทดสอบแนวคิดที่ใช้ในการแก้ปัญหา

4) การทดสอบและการประเมินผล (Test and Evaluate) เป็นขั้นตอนทดสอบและประเมินการใช้งานต้นแบบ เพื่อแก้ปัญหาโดยผลที่ได้อาจถูกนำมาใช้ในการปรับปรุงและพัฒนาผลลัพธ์ให้มีประสิทธิภาพในการแก้ปัญหามากขึ้น

5) การนำเสนอผลลัพธ์ (Present the Solution) หลังจากการพัฒนาปรับปรุงทดสอบและประเมินวิธีการแก้ปัญหาหรือผลลัพธ์จนมีประสิทธิภาพตามที่ต้องการ ผู้แก้ปัญหาต้องนำเสนอผลลัพธ์ต่อสาธารณชนโดยต้องออกแบบวิธีการนำเสนอข้อมูลที่เข้าใจง่ายและน่าสนใจ

จากแนวทางการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่กล่าวมาข้างต้น ผู้วิจัยได้เลือกวิธีการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะวัฏจักรการเรียนรู้แบบ 5 ขั้น (5E) ผนวกกับกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมในการพัฒนาหน่วยการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เรื่อง เสียง เพื่อให้นักเรียนได้เรียนรู้เนื้อหาเชิงลึก สามารถร่วมกันแสวงหาคำตอบ ลงมือปฏิบัติ สร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง และสามารถสร้างสรรค์ชิ้นงานใหม่ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ภายใต้สถานการณ์จำลองที่เป็นจริงในชีวิตประจำวัน

2.4 การวัดผลประเมินผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา

Edward (2013, pp.13-15) ได้เสนอวิธีการวัดและประเมินผลตามแนวทางสะเต็มศึกษาสามารถทำได้ 2 วิธี คือ

1. กรณีที่ผู้สอนใช้วิธีการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (Inquiry-based learning) ในการสอนวิทยาศาสตร์ผู้สอนสามารถประเมินนักเรียน ได้ดังนี้

1.1 การตั้งคำถามในแบบทดสอบ 20 ข้อ

1.2 การปฏิบัติการทดลอง

1.3 การรายงานผลการทดลอง

1.4 การศึกษาตัวแปรที่ใช้ในการทดลอง

2. ในกรณีที่ผู้สอนใช้วิธีการจัดการเรียนรู้โดยการออกแบบทางวิศวกรรม (Engineering Design) ผู้สอนสามารถประเมินกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมของนักเรียนได้ดังนี้

2.1 การระดมความคิด

2.2 การพัฒนาโมเดลต้นแบบ

2.3 การทำงานเป็นทีม

จากการศึกษาวิธีการวัดและประเมินผลตามแนวทางสะเต็มศึกษาควรมีการประเมินหลายครั้ง คือ การประเมินก่อนเรียน ระหว่างเรียน และประเมินหลังเรียน รวมทั้งมีแนวทางการประเมินที่หลากหลายและเน้นการประเมินการเรียนรู้จากการปฏิบัติจริง เพื่อประเมินความสามารถทักษะการคิดและทักษะปฏิบัติของนักเรียนเมื่อได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา

2.5 ข้อดี ข้อจำกัดของการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา

สำนักวิชาการ (2559, น.11)ได้กล่าวถึงข้อดี และข้อจำกัดในการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา ไว้ดังนี้

การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษามีข้อดี ดังนี้

1. เป็นการสอนที่ส่งเสริมให้นักเรียนมองเห็นความสัมพันธ์ระหว่างสาขาวิชาที่เรียนกับสาขาวิชาอื่นที่เกี่ยวข้อง ซึ่งทำให้ผู้เรียนมีทัศนะกว้างไกล

2. ผู้เรียนสามารถนำความรู้และประสบการณ์ที่ได้รับไปใช้ในชีวิตประจริงและใช้ได้อย่างเหมาะสม

3. เป็นการสอนที่ส่งเสริมกิจกรรมการจัดการเรียนการสอนได้หลากหลายรูปแบบ

4. การสอนรูปแบบสะเต็มศึกษา จะทำให้ผู้เรียนเกิดการพัฒนาด้านต่าง ๆ อย่างครบถ้วน สอดคล้องกับแนวการพัฒนาคนให้มีคุณภาพในศตวรรษที่ 21 ทั้งด้านปัญญา ด้านทักษะการคิด เช่น การคิดวิเคราะห์ การคิดสร้างสรรค์ และด้านคุณลักษณะ คือ ผู้เรียนมีทักษะการทำงานกลุ่ม มีทักษะการสื่อสารที่มีประสิทธิภาพ

การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษามีข้อจำกัด ดังนี้

1. ประเทศไทยมีเพียงหลักสูตรการสอนที่แบ่งกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และคณิตศาสตร์เท่านั้น แต่ยังไม่มีกลุ่มสาระการเรียนรู้วิศวกรรมศาสตร์ปรากฏอย่าง

ชัดเจนในระดับการศึกษาขั้นพื้นฐาน จะมีลักษณะเป็นเพียงแค่การสอดแทรกอยู่ในวิชากลุ่มวิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยีเท่านั้น ทำให้ขาดความชัดเจน ขาดความต่อเนื่อง และขาดความสอดคล้องกันของแต่ละกลุ่มสาระ จึงทำให้ไม่มีแนวทางให้ครูผู้สอนนำไปจัดการเรียนการสอนได้

2. ความไม่พร้อมด้านสื่อการสอน บทเรียน กระบวนการวัดและประเมินผลที่ชัดเจน จะทำให้การจัดการเรียนการสอนแบบสะเต็มศึกษาประสบความสำเร็จได้ยาก

3. ครูผู้สอนไม่มีความสามารถ ไม่มีความชำนาญ และไม่มีความรู้พียงพอ ดังนั้นจึงต้องมีการเตรียมการศึกษาและวางแผนการดำเนินงาน STEM Education ให้ชัดเจน มีการอบรมให้ความรู้แก่ครู เพื่อให้การดำเนินงานเป็นไปอย่างมีรูปธรรม เนื่องจากแผนการพัฒนาครูที่ดีและชัดเจน จะมีส่วนที่ทำให้ผู้บริหารสถานศึกษาและครูผู้สอนเข้าใจและสามารถนำไปสอนได้อย่างมีประสิทธิภาพ

4. การรวมเนื้อหาและประสบการณ์ให้มีการบูรณาการในระดับชั้นมัธยมศึกษาและในระดับที่สูงขึ้นเป็นไปได้ยาก

จากข้อความดังกล่าวสรุปได้ว่าการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาจะส่งเสริมให้นักเรียนสามารถสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง เสริมสร้างทักษะการเรียนรู้เพื่อให้เกิดการเรียนรู้บูรณาการที่เชื่อมโยงกับสถานการณ์ต่าง ๆ ในชีวิตประจำวันและสามารถนำไปใช้แก้ปัญหาในชีวิตจริงและการประกอบอาชีพในอนาคต อันเป็นทักษะที่จำเป็นในศตวรรษที่ 21 แต่ก็มีข้อจำกัดตรงที่ว่าปัจจุบันในประเทศไทยยังไม่มีความชัดเจนในเรื่องของความรู้และกระบวนการทางวิศวกรรมศาสตร์ โดยจะส่งเสริมด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยีเป็นส่วนใหญ่ แต่ถ้ามองเป็นข้อดีคือครูผู้สอนจะได้พัฒนาหลักสูตรได้ตามความเข้าใจของตนเองโดยไม่มีกรอบแนวคิดมากำหดใด ๆ

3.เอกสารที่เกี่ยวข้องรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 5 ขั้น (5E)

ในการศึกษาครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ศึกษาค้นคว้าเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 5 ขั้น (5E) โดยเรียงลำดับตามหัวข้อต่อไปนี้

3.1 ความหมายของการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 5 ขั้น (5E)

นักวิชาการหลายท่าน (กรมวิชาการ, 2546, น.219; ทิศนา แขมมณี, 2553, น.141; พิมพันธ์ เดชะคุปต์, 2545, น.56) ได้กล่าวถึง ความหมายของการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 5 ขั้น (5E) ซึ่งผู้วิจัยได้ทำการศึกษาและสรุปได้ดังนี้ การจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้

5 ขั้น (5E) หมายถึงการดำเนินการเรียนการสอนโดยการแสวงหาความรู้โดยวิธีการเช่นเดียวกับการทำงานของนักวิทยาศาสตร์ เพื่อให้ได้มาซึ่งคำตอบและสรุป ด้วยตัวนักเรียนเอง โดยมีครูเป็นผู้สนับสนุน โดยใช้คำถามและการลงมือปฏิบัติ

จากความหมายของการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 5 ขั้น (5E)ข้างต้น จึงสรุปได้ว่า การจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 5 ขั้น (5E) หมายถึง การจัดการเรียนรู้ที่เน้นนักเรียนเป็นศูนย์กลาง โดยนักเรียนเป็นผู้แบบสืบเสาะหาความรู้ ค้นคว้าหรือสร้างความรู้ด้วยตนเองอย่างเป็นกระบวนการต่อเนื่องเป็นวัฏจักรโดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ นักเรียนมีส่วนรับผิดชอบในการจัดการเรียนรู้ทุกขั้นตอน ครูมีหน้าที่กระตุ้นให้นักเรียนเกิดความอยากรู้อยากเห็น แล้วลงมือสืบเสาะหาความรู้โดยอาศัยกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เพื่อค้นพบความรู้หรือประสบการณ์ที่มีความหมายด้วยตนเอง

3.2 ขั้นตอนการสอนตามรูปแบบวัฏจักรการเรียนรู้ 5 ขั้น (5E)

รูปแบบการเรียนการสอน 5E เป็นรูปแบบการเรียนการสอนที่มีพื้นฐานมาจากทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ (constructivism) เป็นรูปแบบการเรียนการสอนที่เน้นกระบวนการสืบสอบประกอบด้วย 5 ขั้นตอน ตามลำดับ ซึ่งนักการศึกษาและองค์กรทางการศึกษาได้อธิบายขั้นตอนการสอนตามรูปแบบการเรียนการสอน 5E ไว้ ดังนี้

นักศึกษากลุ่ม BSCS (Biological Science Curriculum Study) BSCS (1997 อ้างถึงใน ประสาท เนืองเฉลิม (2558, น.147-148)ได้แบ่งขั้นตอนของกระบวนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แบบสืบเสาะหาความรู้ออกเป็น 5 ขั้น ดังนี้

1. ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement) ขั้นนี้เป็นขั้นตอนการแนะนำบทเรียนหรือประเด็นที่สนใจ ประเด็นอาจมาจากการที่นักเรียนนำเสนอหรือผู้สอนเป็นผู้เสนอแนะในห้องเรียนกิจกรรมการเรียนการสอนประกอบด้วยการซักถามประเด็นปัญหา การถกประเด็นปัญหา การทบทวนความรู้เดิม การกำหนดกิจกรรมที่จะเกิดขึ้นในการเรียนการสอนและเป้าหมายที่ต้องการ ทำให้นักเรียนเกิดความอยากรู้อยากเห็น ทั้งนี้กิจกรรมการเรียนการสอนควรจะอยู่บนพื้นฐานของประสบการณ์เดิมที่นักเรียนได้เรียนมาแล้ว

2. ขั้นสำรวจ (Exploration) ขั้นนี้กระตุ้นให้นักเรียนได้เกิดการปรับขยายความคิดโดยที่นักเรียนได้รับคำแนะนำ คำชี้แจงจากผู้สอน และมีการเตรียมวัสดุอุปกรณ์ไว้อย่างเพียงพอ ผู้สอนไม่ควรบอกนักเรียนว่าจะต้องเรียนอะไรและต้องไม่อธิบายแนวคิดมากนัก เพื่อให้นักเรียนได้ดำเนินการสำรวจต่อไป นักเรียนต้องมีบทบาทร่วมกันในการรับผิดชอบต่อสิ่งที่สำรวจ การเก็บรวบรวม หรือการบันทึกข้อมูลด้วยตนเอง

3. ขั้นอธิบาย (Eplanation) ขั้นนี้มุ่งหาสิ่งอำนวยความสะดวกให้แก่นักเรียน เพื่อให้นักเรียนวางแนวคิดเกี่ยวกับบทเรียนด้วยความร่วมมือระหว่างนักเรียนและผู้สอน ซึ่งมีส่วนในการเลือกและจัดบรรยากาศสภาพแวดล้อมของชั้นเรียน ส่งผลให้นักเรียนเกิดการปรับขยายโครงสร้างทางปัญญา สามารถกำหนดมโนทัศน์ตามความเข้าใจของตนเอง ผู้สอนเสนอแนะแนวทางแก่นักเรียนจนสร้างคำอธิบายตามความเข้าใจหรือกรอบแนวคิดของตน

4. ขั้นขยายความรู้ (Expantion) ขั้นนี้มุ่งกระตุ้นความร่วมมือของกลุ่มนักเรียน จัดระเบียบประสบการณ์ทางความคิดผ่านการค้นพบ ทำการเชื่อมโยงระหว่างประสบการณ์เดิมกับประสบการณ์ใหม่ในสิ่งที่นักเรียนได้เรียนรู้มาแล้ว มโนทัศน์ที่สร้างขึ้นต้องเชื่อมโยงกับความคิดอื่นหรือประสบการณ์อื่นที่สัมพันธ์กัน นักเรียนประยุกต์ใช้สิ่งที่ได้เรียนรู้ โดยการขยายความคิดจากตัวอย่างหรือจัดประสบการณ์เชิงสำรวจเพิ่มเติม สามารถค้นคว้าหารายละเอียดในสิ่งที่ต้องการศึกษาและตรวจสอบได้มากขึ้น ตลอดจนมีการใช้ทักษะต่าง ๆ และมีการอภิปรายแลกเปลี่ยนความคิดเห็นร่วมกับผู้อื่น

5. ขั้นประเมินผล (Evaluation) ขั้นนี้เป็นการทดสอบความรู้ ความเข้าใจตามมาตรฐานการเรียนรู้ การประเมินผลควรต่อเนื่องซึ่งไม่ใช่การสิ้นสุดของบทเรียน

สุนีย์ เหมะประสิทธิ์ (2542, น.7-8) ได้นำวัฏจักรการเรียนรู้แบบ 5 ขั้น (5E) ของโครงการศึกษาหลักสูตรวิทยาศาสตร์ สาขาชีววิทยา ของประเทศสหรัฐอเมริกา (Biological Science Curriculum Studies หรือ BSCS) มาทดลองดัดแปลงเพื่อให้เหมาะสมกับเด็กไทย โดยมุ่งเน้นให้นักเรียนสามารถร่วมกันแสวงหา ค้นพบ และสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง อีกทั้งยังให้นักเรียนมีโอกาสประสบความสำเร็จในการเรียนและเรียนรู้อย่างมีความสุข ภายใต้สภาพการณ์ที่จำลองหรือที่เป็นจริงเพื่อให้เหมาะสมกับนักเรียนไทย มีขั้นตอน 5 ขั้น ดังนี้

1. ขั้นนำ (Engagement) เป็นขั้นที่ครูผู้สอนกระตุ้นเพื่อสร้างความสนใจแก่นักเรียนหรือตรวจสอบ ทบทวนความรู้และประสบการณ์เดิมของนักเรียน เพื่อนำเข้าสู่การเรียนรู้บทเรียนใหม่

2. ขั้นสำรวจ/ขั้นสำรวจข้อมูลเพื่อการค้นพบ (Exploration) เป็นขั้นที่นักเรียนได้ปฏิบัติกิจกรรมโดยอาจปฏิบัติเป็นกลุ่มหรือรายบุคคล โดยนักเรียนสามารถนำความรู้และประสบการณ์เดิมมาสร้างความสัมพันธ์กับความรู้ใหม่ จึงทำให้นักเรียนสามารถค้นพบหรือสร้างความรู้ด้วยตนเอง โดยครูผู้สอนมีบทบาทเป็นผู้อำนวยความสะดวกในการเรียนรู้ เป็นที่ปรึกษา และเป็นผู้กระตุ้นให้นักเรียนเกิดการค้นพบ สร้างความรู้ด้วยตนเอง กล่าวโดยสรุปขั้นนี้เป็นขั้นที่นักเรียนได้ค้นพบมโนทัศน์

3. ขั้นอธิบาย/ขั้นนำเสนอข้อมูลเพื่อการค้นพบ (Eplanation) เป็นขั้นที่นักเรียนอธิบายหรือนำเสนอมโนทัศน์ ความรู้ ที่ค้นพบในขั้นที่ 2 โดยอาจใช้ความรู้และประสบการณ์เดิมเป็นฐาน ประกอบกับหลักฐานและข้อมูลที่ค้นพบใหม่ ครูผู้สอนมีบทบาทตั้งคำถามและให้ความรู้หรือข้อมูลเพิ่มเติม เพื่อให้นักเรียนกระจ่างชัดยิ่งขึ้น

4. ขั้นขยายหรือประยุกต์ใช้มโนทัศน์/ขั้นประยุกต์ใช้ (Elaboration) เป็นขั้นที่นักเรียนประยุกต์ใช้มโนทัศน์ในสถานการณ์ใหม่ หรือในสภาพการณ์ที่เป็นจริง หรืออาจขยายมโนทัศน์นั้น ๆ ให้กว้างขึ้น จนก่อให้เกิดความรู้ที่ลึกซึ้ง หรือมโนทัศน์อื่น ๆ ที่สัมพันธ์หรือเกี่ยวข้องกัน

5. ขั้นแลกเปลี่ยนเรียนรู้ (Evaluation) ขั้นนี้เป็นการประเมินการเรียนรู้ด้วยกระบวนการต่าง ๆ โดยมุ่งให้นักเรียนนำความรู้ที่ได้มาประมวลและประยุกต์ใช้หรือนำผลการค้นพบ มาจัดแสดงเพื่อแลกเปลี่ยนเรียนรู้ ความคิด ทักษะและเจตคติต่อการทำกิจกรรมต่าง ๆ โดยมีปฏิสัมพันธ์ร่วมกันและปฏิสัมพันธ์กับครู ก่อให้เกิดสังคมแห่งการเรียนรู้

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2561, น.219-220) ได้เสนอรูปแบบ การจัดการเรียนรู้โดยใช้วัฏจักรการเรียนรู้แบบ 5 ขั้น โดยมีรายละเอียด ดังนี้

1. ขั้นสร้างความสนใจ (Engage) เป็นการนำเข้าสู่บทเรียนหรือเรื่องที่สนใจ ซึ่งเกิดจากความสงสัย ความสนใจของนักเรียนหรือเรื่องที่สนใจ ซึ่งเกิดจากความสงสัย ความสนใจของนักเรียน หรือเกิดจากความรู้เดิมของนักเรียน กระตุ้นให้เกิดคำถาม หรือครูจัดกิจกรรม หรือสถานการณ์ที่กระตุ้นให้นักเรียนสนใจ สงสัย ตั้งคำถาม จนนำไปสู่การศึกษาค้นคว้า แก้ปัญหาหรือการทดลอง โดยครูอาจใช้วิธีกระตุ้นความสนใจ ได้หลายแบบ เช่น นำเสนอข้อมูล สาธิต เล่าเรื่อง อภิปรายหรือสนทนา ใช้สื่อ ใช้เกมส์ สร้างสถานการณ์

2. ขั้นสำรวจและค้นหา (Explore) นักเรียนดำเนินการสำรวจ ค้นหา ทดลองและรวบรวมข้อมูล มีการวางแผนการสำรวจ ตรวจสอบหรือออกแบบการทดลอง ลงมือปฏิบัติกิจกรรม เช่น สังเกต ทดลอง รวบรวมข้อมูล โดยครูเตรียมกิจกรรมและคอยถามคำถามเพื่อให้นักเรียนได้ค้นคว้าหรือเก็บข้อมูลที่จำเป็น

3. ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explain) นักเรียนนำข้อมูลที่ได้จากการสำรวจและค้นหามาวิเคราะห์และอภิปรายร่วมกัน พร้อมทั้งนำเสนอผลงานในรูปแบบต่าง ๆ อาจเป็นรูปวาด แผนผัง หรืออาจเป็นผลงานที่มีความหลากหลาย เพื่อสนับสนุนสมมติฐานที่ตั้งไว้ โดยการลงข้อสรุปนั้นควรมีความถูกต้องเชื่อถือได้ มีเอกสารอ้างอิงหลักฐานประกอบการให้เหตุผลอย่างชัดเจน

4. ขั้นขยายความรู้ (Elaborate) ครูจัดกิจกรรมหรือสถานการณ์ให้นักเรียนได้ขยายกรอบความคิดให้กว้างขึ้นหรือเชื่อมโยงความรู้เดิมเข้ากับความรู้ใหม่ ด้วยการตั้งประเด็นเพื่อให้นักเรียนอภิปรายร่วมกันประกอบการตั้งคำถามให้นักเรียนเข้าใจแนวคิดหรือเชื่อมโยงความรู้ โดยนักเรียนสามารถยกสถานการณ์ ตัวอย่าง ประยุกต์ความรู้ไปใช้ในสถานการณ์อื่นหรือสร้างคำถามใหม่เพื่อนำไปสู่การสร้างองค์ความรู้ใหม่

5. ขั้นประเมิน (Evaluate) ครูจัดกิจกรรมให้นักเรียนได้ประเมินการเรียนรู้ของตนเอง เพื่อนำไปปรับปรุงพัฒนาการเรียนรู้ของตนเอง อีกทั้งให้นักเรียนได้ตรวจสอบความถูกต้องของความรู้ที่ได้และเปรียบเทียบความรู้ใหม่กับความรู้เดิม

จึงสรุปได้ว่า ในการจัดการเรียนรู้โดยใช้วัฏจักรการเรียนรู้แบบ 5 ขั้นเป็นรูปแบบการเรียนการสอนหนึ่งที่เน้นนักเรียนเป็นสำคัญ เหมาะกับการหาข้อมูลเชิงวิทยาศาสตร์ที่ต้องการคำตอบที่ลึกลงไป ฝึกให้นักเรียนได้คิดและปฏิบัติ แสวงหาคำตอบและสร้างองค์ความรู้ใหม่ด้วยตนเอง จึงเหมาะสมกับนำไปต่อยอดองค์ความรู้วิชาวิทยาศาสตร์ในการจัดการเรียนรู้ตามหน่วยการเรียนรู้บูรณาการแบบสะเต็มศึกษา ด้วยเหตุนี้ผู้วิจัยจึงเลือกนำการจัดการเรียนรู้โดยใช้วัฏจักรการเรียนรู้แบบ 5 ขั้น ของ(สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2561, น.219-220) ผนวกกับการออกแบบเชิงวิศวกรรม มาใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในหน่วยการเรียนรู้บูรณาการแบบ STEM เรื่อง เสียง สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยมีรายละเอียดต่าง ๆ ดังนี้

1. ขั้นสร้างความสนใจ (Engage) เป็นการนำเข้าสู่บทเรียนหรือเรื่องที่สนใจ ซึ่งเกิดจากความสงสัย ความสนใจของนักเรียนหรือเรื่องที่สนใจ ซึ่งเกิดจากความสงสัย ความสนใจของนักเรียน หรือเกิดจากความรู้เดิมของนักเรียน กระตุ้นให้เกิดคำถาม หรือครูจัดกิจกรรม หรือสถานการณ์ที่กระตุ้นให้นักเรียนสนใจ สงสัย ตั้งคำถาม จนนำไปสู่การศึกษาค้นคว้า แก้ปัญหาหรือการทดลอง โดยครูอาจใช้วิธีกระตุ้นความสนใจ ได้หลายแบบ เช่น นำเสนอข้อมูล สาธิต เล่าเรื่อง อภิปรายหรือสนทนา ใช้สื่อ ใช้เกมส์ สร้างสถานการณ์

2. ขั้นสำรวจและค้นหา (Explore) นักเรียนดำเนินการสำรวจ ค้นหา ทดลองและรวบรวมข้อมูล มีการวางแผนการสำรวจ ตรวจสอบหรือออกแบบการทดลอง ลงมือปฏิบัติกิจกรรม เช่น สังเกต ทดลอง รวบรวมข้อมูล โดยครูเตรียมกิจกรรมและคอยถามคำถามเพื่อให้นักเรียนได้ค้นคว้าหรือเก็บข้อมูลที่จำเป็น

3. ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explain) นักเรียนนำข้อมูลที่ได้จากการสำรวจและค้นหามาวิเคราะห์และอภิปรายร่วมกัน พร้อมทั้งนำเสนอผลงานในรูปแบบต่าง ๆ อาจเป็นรูปวาด แผนผัง หรืออาจเป็นผลงานที่มีความหลากหลาย เพื่อสนับสนุนสมมติฐานที่ตั้งไว้ โดยการลงข้อสรุปนั้นควรมีความถูกต้องเชื่อถือได้ มีเอกสารอ้างอิงหลักฐานประกอบการให้เหตุผลอย่างชัดเจน

4. ขั้นขยายความรู้ (Elaborate) ครูจัดกิจกรรมหรือสถานการณ์ให้นักเรียนได้ขยายกรอบความคิดให้กว้างขึ้นหรือเชื่อมโยงความรู้เดิมเข้ากับความรู้ใหม่ ด้วยการตั้งประเด็นเพื่อให้นักเรียนอภิปรายร่วมกันประกอบการตั้งคำถามให้นักเรียนเข้าใจแนวคิดหรือเชื่อมโยงความรู้ โดยนักเรียนสามารถยกสถานการณ์ ตัวอย่าง ประยุกต์ความรู้ไปใช้ในสถานการณ์อื่นหรือสร้างคำถามใหม่เพื่อนำไปสู่การสร้างองค์ความรู้ใหม่

5. ขั้นประเมิน (Evaluate) ครูจัดกิจกรรมให้นักเรียนได้ประเมินการเรียนรู้ของตนเอง เพื่อนำไปปรับปรุงพัฒนาการเรียนรู้ของตนเอง อีกทั้งให้นักเรียนได้ตรวจสอบความถูกต้องของความรู้ที่ได้และเปรียบเทียบความรู้ใหม่กับความรู้เดิม

3.3 บทบาทครูในการเรียนการสอนโดยใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักร 5 ขั้น (5E)

การนำรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักร 5 ขั้น (5E) ไปใช้ ผู้สอนควรจัดเตรียมกิจกรรมให้เหมาะสมกับความรู้ ความสามารถของนักเรียน จึงจำเป็นอย่างยิ่งที่ครูต้องมีความรู้เกี่ยวกับบทบาทครูและบทบาทนักเรียน เพื่อช่วยให้การจัดกิจกรรมการเรียนการสอนเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ

พิมพันธ์ เดชะคุปต์ (2548, น.74 - 75) ได้กล่าวถึงบทบาทครูในการจัดการเรียนรู้ตามแนววัฏจักรการเรียนรู้ ไว้ดังนี้

1. เป็นผู้กระตุ้นให้นักเรียนคิด (Catalyst) โดยกำหนดปัญหา แล้วให้นักเรียนวางแผนตอบเอง หรือกระตุ้นให้นักเรียนกำหนดปัญหา และวางแผนคำตอบเอง

2. เป็นผู้ให้การเสริมแรง (Reinforcer) โดยการให้รางวัล หรือกล่าวชม เพื่อให้กำลังใจและเพื่อเกิดพฤติกรรมการสอนอย่างต่อเนื่อง

3. เป็นผู้ให้ข้อมูลย้อนกลับ (Feedback actor) โดยการบอกข้อดี ข้อบกพร่องแก่นักเรียน

4. เป็นผู้แนะนำและกำกับ (Guide and director) เป็นผู้แนะนำเพื่อให้เกิดความคิดและกำกับควบคุมมิให้ออกนอกลู่นอกทาง

5. เป็นผู้จัดระเบียบ (Organizer) เป็นผู้จัดบรรยากาศและสิ่งแวดล้อมต่าง ๆ รวมทั้งอุปกรณ์สื่อการสอนแก่นักเรียน

สุนีย์ เหมะประสิทธิ์ (2543, น.231-232)ได้กล่าวถึงบทบาทของครูในการจัดการเรียนรู้ตามแนววัฏจักรการเรียนรู้ตามที่โครงการศึกษาหลักสูตรวิทยาศาสตร์สาขาชีววิทยาสหรัฐอเมริกา ได้สรุปไว้ดังตาราง 2

ตาราง 2 บทบาทครูในการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 5 ขั้น (5E)

ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 5 ขั้น (5E)	**บทบาทครู**	
	สิ่งที่ควรทำ	**สิ่งที่ไม่ควรทำ**
1.ขั้นนำเข้าสู่บทเรียน (Engagement)	1. สร้างความสนใจ 2. สร้างความอยากรู้อยากเห็น 3. ตั้งคำถาม	1. อธิบายมโนมติ 2.ให้นิยามหรือคำตอบ 3.พูดสรุป
2.ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration Phase)	1. ทบทวนมโนมติหรือเรื่องที่นักเรียนมีความรู้และความคิดมาก่อน 2.กระตุ้นให้นักเรียนทำงานร่วมกันโดยครูไม่สอนโดยตรง 3.ฟังและสังเกตปฏิสัมพันธ์ของนักเรียน 4.ตั้งคำถามเท่าที่จำเป็นเพื่อให้นักเรียนได้สืบเสาะอย่างมีทิศทางหรือเข้าร่องรอย	1. พูดตัดบท 2.บรรยาย 3.บอกคำตอบ 4.บอกหรืออธิบดำเนินการแก้ปัญหา 5.บอกนักเรียนว่าปฏิบัติผิด
3.ขั้นอธิบาย (Explanation Phase)	1. กระตุ้นให้นักเรียนอธิบายมโนมติและให้คำนิยามด้วยคำพูดของนักเรียนเอง 2.ตั้งคำถามเพื่อหาหลักฐาน โดยให้นักเรียนชี้แจงมโนมติ	1.ละเลยหรือไม่สนใจคำอธิบายของนักเรียน 2.แนะนำมโนมติหรือทักษะที่ไม่เกี่ยวข้องกับสิ่งที่เรียน

ตาราง 2 (ต่อ)

ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 5 ขั้น (5E)	บทบาทครู	
	สิ่งที่ควรทำ	สิ่งที่ไม่ควรทำ
3.ขั้นอธิบาย (Explanation Phase)	3.เปิดโอกาสให้นักเรียนได้ใช้ประสบการณ์เดิมเป็นฐานของการอธิบายมโนมติที่ค้นพบ 4.ให้คำนิยามที่เป็นแบบแผนหรืออธิบายและแสดงแผนผังเพื่อให้นักเรียนชี้แจงมโนมตินั้น ๆ 5. ให้คำนิยามที่เป็นแบบแผนหรืออธิบายและแสดงแผนผังเพื่อให้นักเรียนเข้าใจมโนมตินั้น ๆ	3.ละเลยหรือไม่สนใจคำอธิบายของนักเรียน 4.แนะนำมโนมติหรือทักษะที่ไม่เกี่ยวข้องกับสิ่งที่เรียน 5. อ้างอิงผลการเรียนรู้กับกิจกรรมที่ได้ปฏิบัติมาแล้ว
4. ขั้นขยายความรู้ (Elaboration Phase)	1. คาดหวังให้นักเรียนได้ใช้นิยามศัพท์แผนผังและคำอธิบายในขั้นที่ 2.กระตุ้นให้นักเรียนใช้นิยามศัพท์แผนผังและคำอธิบายในขั้นที่ 3 2. กระตุ้นให้นักเรียนใช้หรือขยายมโนมติและทักษะในสถานการณ์ใหม่ 3.ตั้งคำถามให้นักเรียนทบทวนความเข้าใจของตนเอง เช่น นักเรียนรู้อะไร ทำไมนักเรียนจึงคิดเช่นนั้น	1. ให้คำตอบเกี่ยวกับนิยาม 2.บอกว่านักเรียนผิด 3.บรรยาย 4.ชี้นำนักเรียนทีละขั้นเพื่อแก้ปัญหา 5.อธิบายวิธีดำเนินการแก้ปัญหา
5. ขั้นประเมินผล (Evaluation Phase)	1. อนุญาตให้นักเรียนประเมินผลการเรียนรู้ของตนแต่ละกลุ่ม 2.ตั้งคำถามปลายเปิด เช่น ทำไมนักเรียนจึงคิดว่า....นักเรียนมีหลักฐานอะไรบ้าง....นักเรียนรู้เกี่ยวกับ...อะไรบ้าง	1. ให้ข้อมูลหรือข้อเท็จจริงที่ใช้แก้ปัญหา 2.ชี้นำนักเรียนทีละขั้นเพื่อแก้ปัญหา 3.ทดสอบคำศัพท์และข้อเท็จจริง

ตาราง 2 (ต่อ)

ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 5 ขั้น (5E)	บทบาทครู	
	สิ่งที่ควรทำ	**สิ่งที่ไม่ควรทำ**
5. ขั้นประเมินผล (Evaluation Phase)	3.ค้นหาหลักฐานที่นักเรียนเปลี่ยนความคิดและพฤติกรรม 4.สังเกตว่านักเรียนเกิดการประยุกต์ใช้มโนมติและทักษะใหม่หรือไม่ 5.ประเมินความรู้และทักษะของนักเรียน	4.ชี้แนะความคิดและมโนมติใหม่ 5.สร้างความสับสนหรือกวน 6.ส่งเสริมการอภิปรายที่ไม่สัมพันธ์กันมโนมติหรือทักษะนั้น ๆ

ที่มา: สุนีย์ เหมะประสิทธิ์ (2543) เอกสารคำสอนวิชา ปถ421 วิทยาศาสตร์สำหรับครูประถม. หน้า 231 – 232

จากที่กล่าวมาข้างต้น สรุปได้ว่า บทบาทหน้าที่ของครูในการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 5 ขั้น (5E) ครูมีบทบาทหน้าที่ในการสร้างสถานการณ์ที่เหมาะสมกับการเรียนรู้ของนักเรียน คอยกระตุ้นให้ผู้เรียนมีคำถาม รู้จักคิดแก้ปัญหา คิดค้นหาคำตอบ คอยจัดวัสดุอุปกรณ์ในการทดลอง ให้คำแนะนำปรึกษาแก่นักเรียนในการสืบค้น การสำรวจและรวบรวมข้อมูล นอกจากนี้ครูยังทำหน้าที่เป็นผู้อำนวยความสะดวกในการปฏิบัติการทดลอง ให้คำแนะนำและร่วมอภิปรายสรุปผลความรู้ที่ได้จากการทดลองมาเป็นองค์ความรู้ของนักเรียนเอง โดยครูไม่ต้องบอกคำตอบล่วงหน้า

4. เอกสารที่เกี่ยวข้องกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

4.1 ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

นักวิชาการทางการศึกษาได้ให้ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนไว้หลายความหมาย(จิระพา สุโขวัฒนกิจ, 2556, น.35; จุฬาลักษณ์ ยิ้มดี, 2556, น.45; พิมพันธ์ เดชะคุปต์, 2545, น.109; สุรศักดิ์ แซ่เตียว, 2549, น.29; อทิติย์ ชูตระกูลวงศ์, 2556, น.64) ซึ่งสามารถวิเคราะห์และสรุปความหมายได้ว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง ความสำเร็จหรือความสามารถที่เกิดการการเรียนรู้ ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมในด้านต่าง ๆ โดยวัดผลการเรียนรู้จากคะแนนของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

จากความหมายดังกล่าวสรุปได้ว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึงคะแนนของนักเรียนที่ได้จากความรู้ความสามารถหรือมวลประสบการณ์ทั้งปวงที่นักเรียนได้รับจากประสบการณ์การเรียนการสอนหรือฝึกอบรมจากที่บ้านและที่โรงเรียน ทำให้นักเรียนเกิดการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรม ซึ่งสามารถวัดได้จากแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

4.2 ทฤษฎีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

Bloom (1956 อ้างถึงใน วราลี สินธุวา (2560, น.64-65)ได้จำแนกจุดมุ่งหมายของการเรียนรู้แบ่งออกเป็น 3 ด้าน ได้แก่

ด้านพุทธิพิสัย (Cognitive Domain) เป็นวัตถุประสงค์ทางการเรียนการสอนที่มุ่งพัฒนานักเรียนเกี่ยวกับการระลึกหรือการจดจำความรู้และการพัฒนาความสามารถทางสติปัญญา

ด้านจิตพิสัย (Affective Domain) เป็นวัตถุประสงค์ทางการเรียนการสอนที่มุ่งพัฒนานักเรียนเกี่ยวกับความสนใจ เจตคติ คุณค่า ความซาบซึ้งและการปรับตัว

ด้านทักษะพิสัย (Psychomotor Domain) เป็นวัตถุประสงค์ทางการเรียนการสอนที่มุ่งพัฒนานักเรียนเกี่ยวกับทักษะความชำนาญในการดำเนินงาน

โดยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในงานวิจัยนี้สอดคล้องกับการเรียนรู้ด้านพุทธิพิสัย โดย (Bloom (1956 อ้างถึงในวราลี สินธุวา, 2560, น.64-65)ได้กล่าวถึงลำดับขั้นของความรู้จากขั้นที่มีระดับความซับซ้อนของการคิดน้อยที่สุดไปหาขั้นที่มีความซับซ้อนมากที่สุด โดยมี 6 ระดับ ดังนี้

1. ความรู้ความจำ (Knowledge) ความสามารถในการเก็บรักษามวลประสบการณ์ต่าง ๆ จากการที่ได้รับรู้ไว้และระลึกสิ่งนั้นได้เมื่อต้องการเปรียบดังเทปบันทึกเสียง

หรือวีดีทัศน์ที่สามารถเก็บเสียงและภาพของเรื่องราวต่าง ๆ ได้ สามารถเปิดฟังหรือดูภาพเหล่านั้นได้ เมื่อต้องการ

2. ความเข้าใจ (Comprehension) เป็นความสามารถในการจับใจความสำคัญของสื่อและสามารถแสดงออกมาในรูปของการแปลความ ตีความ คาดคะเน ขยายความ หรือ การกระทำอื่น ๆ

3. การนำความรู้ไปใช้ (Application) เป็นขั้นที่นักเรียนสามารถนำความรู้ประสบการณ์ ไปใช้ในการแก้ปัญหาในสถานการณ์ต่าง ๆ ได้ ซึ่งจะต้องอาศัยความรู้ความเข้าใจจึงจะสามารถนำไปใช้ได้

4. การวิเคราะห์ (Analysis) นักเรียนสามารถคิด หรือ แยกแยะเรื่องราวสิ่งต่าง ๆ ออกเป็นส่วนย่อย เป็นองค์ประกอบที่สำคัญได้ และมองเห็นความสัมพันธ์ของส่วนที่เกี่ยวข้องกัน ความสามารถในการวิเคราะห์จะแตกต่างกันไปแล้วแต่ความคิดของแต่ละคน

5. การสังเคราะห์ (Synthesis) ความสามารถในการที่ผสมผสานส่วนย่อย ๆ เข้าเป็นเรื่องราวเดียวกันอย่างมีระบบ เพื่อให้เกิดสิ่งใหม่ที่สมบูรณ์และดีกว่าเดิม อาจเป็นการถ่ายทอดความคิดออกมาให้ผู้อื่นเข้าใจได้ง่าย การกำหนดวางแผนวิธีการดำเนินงานขึ้นใหม่ หรือ อาจจะเกิดความคิดที่จะสร้างความสัมพันธ์ของสิ่งที่เป็นนามธรรมขึ้นมาในรูปแบบใหม่ หรือ องค์ความรู้ใหม่

6. การประเมินค่า (Evaluation) เป็นความสามารถในการตัดสิน ตีราคา หรือสรุปเกี่ยวกับคุณค่าของสิ่งต่าง ๆ ออกมาในรูปของคุณธรรมหรือคุณค่าอย่างมีกฎเกณฑ์ที่เหมาะสม ซึ่งอาจเป็นไปตามเนื้อหาสาระในเรื่องนั้น ๆ หรืออาจเป็นกฎเกณฑ์ที่สังคมยอมรับก็ได้

จากองค์ประกอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่กล่าวไปข้างต้น ผู้วิจัยได้พิจารณาให้ครอบคลุมผลการเรียนรู้และพฤติกรรมการเรียนรู้ด้านพุทธิพิสัยตามแนวคิดของบลูม 4 ระดับ ได้แก่

1. ความรู้ความจำ (Knowledge) ความสามารถในการเก็บรักษามวลประสบการณ์ต่าง ๆ จากการที่ได้รับรู้ไว้และระลึกสิ่งนั้นได้เมื่อต้องการ

2. ความเข้าใจ (Comprehension) เป็นความสามารถในการจับใจความสำคัญของสื่อ และสามารถแสดงออกมาในรูปของการแปลความ ตีความ คาดคะเน ขยายความ หรือการกระทำอื่น ๆ

3. การนำความรู้ไปใช้ (Application) เป็นขั้นที่นักเรียนสามารถนำความรู้ประสบการณ์ไปใช้ในการแก้ปัญหาในสถานการณ์ต่าง ๆ ได้

4. การวิเคราะห์ (Analysis) นักเรียนสามารถคิด หรือ แยกแยะเรื่องราวสิ่งต่าง ๆ ออกเป็นส่วนย่อยที่เป็นองค์ประกอบที่สำคัญ และมองเห็นความสัมพันธ์ของส่วนที่เกี่ยวข้องกัน

4.3 ลักษณะของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่ดี

ชวาล แพรัตกุล (2552, น.284) ได้เสนอลักษณะของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่ดี ได้ดังนี้

1. มีความเที่ยงตรง หมายถึง เครื่องมือที่สามารถวัดได้ตรงตามจุดประสงค์และเนื้อหาที่ต้องการ

2. มีความเชื่อมั่น หมายถึง เครื่องมือวัดให้ผลการวัดได้คงที่ ไม่ว่าจะนำเครื่องมือนี้ไปสอบวัดกี่ครั้งก็ตาม

3. มีความเป็นปรนัยซึ่งครอบคลุมลักษณะ 3 ประการ ได้แก่ คำถามมีความชัดเจนการตรวจคะแนนให้ชัดเจน ทำให้ผู้ตรวจไม่ว่าใครก็ตามตรวจให้คะแนนได้ตรงกัน

4. การแปลความหมายตรงกัน กล่าวคือ คะแนนที่ได้บอกสภาพของผู้สอบตรงกันมีการถามลึก หมายถึง ไม่ถามเพียงแค่พฤติกรรมขั้นความรู้ความจำ ถามตำรา หรือที่ครูผู้สอนเท่านั้น แต่ต้องถามพฤติกรรมขั้นสูงกว่า ได้แก่ ความเข้าใจ การนำไปใช้ การวิเคราะห์ การสังเคราะห์ และประเมินค่า

5. มีความยุติธรรม หมายถึง ข้อคำถามต้องไม่มีช่องทางแนะ ข้อคำถามค้นหาเด็กที่ฉลาด เด็กต้องไม่สามารถใช้ไหวพริบในการเดาได้ถูก ไม่เปิดโอกาสให้คนเกียจคร้านที่ดูตำราลวก ๆ ตอบได้ ข้อคำถามมีลักษณะยั่วยุให้คิด และที่สำคัญข้อคำถามต้องเป็นแบบอย่างในทางที่ดี หมายถึง ข้อสอบต้องประกอบด้วยคำถามที่สร้างแบบอย่างที่ดีแก่นักเรียน ไม่ควรถามสิ่งที่เป็นตัวอย่างที่ไม่เหมาะสม

6. มีอำนาจจำแนก หมายถึง ข้อสอบต้องประกอบด้วยคำถามที่สามารถจำแนกกลุ่มผู้สอบที่มีความสามารถสูงและความสามารถต่ำออกจากกันได้อย่างชัดเจน

7. ค่าความยากง่าย หมายถึง ข้อสอบที่ดีต้องไม่ยากเกินไป คือ มีผู้ที่สามารถทำข้อสอบนี้และได้คะแนน ขณะเดียวกันก็ต้องไม่ง่ายเกินไป จนไม่สามารถจำแนกความสามารถของผู้สอนได้

8. มีความเฉพาะเจาะจง หมายถึง ข้อสอบนั้นจะต้องประกอบด้วยคำถามที่มีความชัดเจน ไม่คลุมเครือ จนผู้สอบตีความหมายได้แตกต่างกัน

9. มีประสิทธิภาพ หมายถึง ข้อสอบนั้นจะต้องนำไปใช้ได้ง่าย ไม่ยุ่งยาก ไม่สิ้นเปลืองเวลา เงิน และแรงงาน สามารถนำผลการสอบไปใช้ได้อย่างคุ้มค่า

จากการศึกษาลักษณะของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่ดี สรุปได้ว่า ข้อสอบต้องวัดความสามารถของนักเรียนได้ตรงตามมาตรฐานการเรียนรู้และผลการเรียนรู้ ถูกต้องตามเนื้อหารายวิชา มีข้อคำถามชัดเจน วัดความรู้ได้หลายระดับ มีประสิทธิภาพที่ดี มีความเที่ยงตรง ความยาก อำนาจจำแนก และความเชื่อมั่น ในเกณฑ์ที่เหมาะสม

4.4 ขั้นตอนการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

สำหรับขั้นตอนในการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนนั้น นักการศึกษาหลายท่าน(พิชิต ฤทธิ์จรูญ, 2548, น.99 - 101; ศิริชัย กาญจนวาสี, 2552, น.165)ได้กล่าวถึงขั้นตอนการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ไว้ดังนี้

1. กำหนดจุดประสงค์การเรียนรู้ ซึ่งเป็นพฤติกรรมที่เป็นผลการเรียนรู้ที่เป็นผลการเรียนรู้ที่ผู้สอนมุ่งหวังจะให้เกิดขึ้นกับผู้เรียน โดยจะต้องกำหนดไว้ล่วงหน้าสำหรับเป็นแนวทางในการจัดการเรียนการสอน และการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ จากนั้นลำดับความสำคัญของจุดประสงค์เพื่อนำไปกำหนดจำนวนข้อที่จะนำไปสร้างแบบทดสอบ

2. สร้างตารางวิเคราะห์หลักสูตร (Test blueprint) ซึ่งเป็นตารางแสดงความสัมพันธ์ระหว่างจุดประสงค์การเรียนรู้กับเนื้อหา ตารางนี้ทำให้ผู้สร้างแบบทดสอบมั่นใจได้ว่าแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่สร้างขึ้นมาสามารถวัดเนื้อหาในหลักสูตรได้สมดุลและสอดคล้องกับจุดประสงค์ที่กำหนด

3. กำหนดชนิดของข้อสอบและศึกษาวิธีสร้าง ซึ่งชนิดของข้อสอบนั้นมีหลายรูปแบบ เช่น แบบถูกผิด แบบจับคู่ แบบเลือกตอบ แบบเติมคำ แบบตอบสั้น หรือแบบความเรียงทั้งนี้ผู้ออกข้อสอบต้องพิจารณาและตัดสินใจว่าจะใช้รูปแบบใด โดยต้องเลือกให้สอดคล้องกับจุดประสงค์

การเรียนรู้และวัยของผู้เรียน แล้วศึกษาวิธีเขียนข้อสอบชนิดนั้นให้มีความรู้ความเข้าใจในหลักการและวิธีการเขียนข้อสอบ

4. เขียนข้อสอบตามรายละเอียดที่กำหนดไว้ โดยให้สอดคล้องกับตารางวิเคราะห์หลักสูตรและจุดประสงค์การเรียนรู้ที่กำหนดไว้

5. ตรวจทานข้อสอบ เพื่อให้ข้อสอบที่เขียนไว้มีความถูกต้องตามหลักวิชา มีความสมบูรณ์ครบถ้วนตามรายละเอียดที่กำหนดไว้ในตารางวิเคราะห์หลักสูตร ก่อนที่จะจัดพิมพ์และนำไปใช้

6. ทดลองสอบกับกลุ่มที่มีลักษณะคล้ายคลึงกันกับกลุ่มที่ต้องการทดสอบจริง แล้วนำผลการสอบมาวิเคราะห์และปรับปรุงแบบทดสอบให้มีคุณภาพ

7. จากผลการวิเคราะห์หาคุณภาพของแบบทดสอบ โดยหากพบว่าแบบทดสอบใดไม่มีคุณภาพหรือมีคุณภาพไม่ดีพอ อาจจะต้องตัดทิ้งหรือปรับปรุงแก้ไขข้อสอบให้มีคุณภาพดีขึ้นแล้วจึงจัดทำแบบทดสอบฉบับจริงที่จะนำไปทดสอบกับกลุ่มเป้าหมายต่อไป

จากการศึกษาขั้นตอนการพัฒนาแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ผู้วิจัยจึงได้แนวทางในการพัฒนาเครื่องมือ โดยเริ่มต้นจากการวิเคราะห์หลักสูตร เพื่อวิเคราะห์เนื้อหาและพฤติกรรมที่ต้องการวัด กำหนดจุดประสงค์การเรียนรู้ที่ต้องการวัดสำหรับใช้เป็นแนวทางในการจัดการเรียนการสอนและการสร้างข้อสอบวัดผลสัมฤทธิ์ กำหนดชนิดของข้อสอบและศึกษาวิธีการสร้าง จากนั้นดำเนินการออกข้อสอบตามรายละเอียดที่กำหนดไว้ในตารางวิเคราะห์หลักสูตร เพื่อให้สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้ จากนั้นนำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่สร้างขึ้นเสนอผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 5 ท่าน เพื่อประเมินความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (IOC) โดยมีเกณฑ์การผ่าน 0.5 ขึ้นไป แล้วจึงนำเข้าสู่กระบวนการทดลองสอบ (Try out) เพื่อนำแบบทดสอบดังกล่าวมาวิเคราะห์คุณภาพเครื่องมือ ได้แก่ การวิเคราะห์ค่าความยากง่าย อำนาจจำแนกรายข้อ และค่าความเชื่อมั่นของเครื่องมือทั้งฉบับ ซึ่งผู้วิจัยได้นำหลักการดังกล่าวและพฤติกรรมด้านพุทธิพิสัยของบลูม (Bloom) 4 ด้าน ได้แก่ ความรู้ความจำ ความเข้าใจ การนำไปใช้ และการวิเคราะห์ มาใช้ในการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน แบบเลือกตอบ 4 ตัวเลือก

5. เอกสารที่เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์

5.1 ความหมายของการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์

การแก้ปัญหาจากการสร้างสรรค์ตามที่นักการศึกษาได้ให้ความหมายไว้สามารถสรุปความได้ว่า (นงนุช เอกตระกูล, 2560, น.23; เฟื่องลดา จิตจักร, 2558, น.20; สิทธิชัย ชมพูพาทย์, 2554, น.13) ได้สรุปความหมายการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ไว้ว่า การแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ หมายถึง กระบวนการมุ่งหาคำตอบและแก้ปัญหา รวมถึงการพัฒนาสภาวะที่มีอยู่ให้ดีขึ้น โดยการทำงานร่วมกันระหว่างการคิดสร้างสรรค์ และการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ในการเลือกและประเมินวิธีแก้ปัญหาจนได้วิธีการแก้ปัญหาที่ดีที่สุด ดังนั้นการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ตามการวิจัยในครั้งนี้ หมายถึง กระบวนการในการแก้ปัญหาและมุ่งหาคำตอบ ด้วยวิธีการใหม่ ๆ ที่แตกต่างจากเดิมและทำให้สภาวะที่เป็นอยู่ดีขึ้น

5.2 กระบวนการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์

มีนักจิตวิทยาและนักวิชาการหลายท่านได้เสนอกระบวนการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์อย่างเป็นขั้นเป็นตอนไว้ ดังนี้

Davis (1983 อ้างถึงใน สุนัชชา ศุภธรรมวิทย์ (2556, น.53) ได้กล่าวถึง กระบวนการเกิดความคิดสร้างสรรค์ ตามที่มูลนิธิเพื่อการศึกษาความคิดสร้างสรรค์ (The Creative Education Foundation) ใช้อยู่ในปัจจุบัน เรียกกระบวนการนี้ว่า กระบวนการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ กระบวนการนี้จะเริ่มต้นด้วยการมีปัญหาที่ยุ่งเหยิง (Mess) กระบวนการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์แบ่งออกเป็นขั้น ๆ ดังนี้

ขั้นที่ 1 การค้นหาความจริง (Fact finding) เมื่อเกิดปัญหาที่ทำให้มีความวิตกกังวล จำเป็นต้องพยายามหาข้อมูลเกี่ยวกับปัญหาที่เกิดขึ้น เพื่อทำให้ทราบว่าปัญหานั้นคืออะไร

ขั้นที่ 2 การค้นหาปัญหา (Problem finding) จากขั้นที่ 1 เมื่อได้ข้อมูลเกี่ยวกับปัญหาแล้วในขั้นนี้จะพิจารณาถึงมูลเหตุและแนวทางที่เป็นไปได้ โดยคำนึงถึงความเป็นไปได้ในหลายๆ แนวทางให้ได้มากที่สุด จากนั้นจึงนำแนวทางทั้งหมดมาคัดเลือกหาแนวทางที่เหมาะสมที่สุดเพียง 1 หรือ 2 แนวทาง แล้วตั้งเป็นประเด็นปัญหาเพื่อค้นหาวิธีการแก้ไขต่อไปในขั้นที่ 3

ขั้นที่ 3 การค้นหาความคิด (Idea Finding) เมื่อได้ประเด็นปัญหาจากขั้นที่ 2 แล้ว ในขั้นนี้เป็นการระดมความคิดเพื่อหาวิธีการที่จะแก้ปัญหาตามประเด็นที่ตั้งไว้อย่างอิสระ โดยไม่มีการประเมินความเหมาะสมในขั้นนี้

ขั้นที่ 4 การค้นหาคำตอบ (Solution finding) ในขั้นนี้เป็นขั้นตอนของการพิจารณาคัดเลือกวิธีการที่เหมาะสมที่สุดจากวิธีการที่หามาได้ในขั้นที่ 3 โดยเริ่มแรกจะต้องหาหลักเกณฑ์ในการเลือก เช่น ความประหยัด ความรวดเร็ว เป็นต้น เมื่อได้หลักเกณฑ์ที่เหมาะสมแล้ว จึงนำหลักเกณฑ์ดังกล่าวไปพิจารณาคัดเลือกวิธีที่เหมาะสมที่สุด

ขั้นที่ 5 การค้นหาคำตอบที่เป็นที่ยอมรับ (Acceptance finding) ขั้นตอนนี้จะเป็นการนำเอาวิธีการที่เหมาะสมที่สุดจากขั้นที่ 4 มาพิสูจน์ให้เห็นว่าสามารถนำไปใช้ได้จริง รวมทั้งการเผยแพร่ความคิดนั้นให้ผู้อื่นลองปฏิบัติเพื่อให้เป็นที่ยอมรับ

สิทธิชัย ชมพูพาทย์ (2554, น.25) ได้สังเคราะห์แนวคิดการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์และสามารถสรุปเป็นขั้นตอนซึ่งมีทั้งสิ้น 5 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นที่ 1 การเข้าถึงปัญหา คือ การทำความเข้าใจ ทำความรู้จักกับสถานการณ์ที่เป็นปัญหาโดยศึกษารายละเอียดของสถานการณ์อย่างรอบด้าน เพื่อระบุปัญหาที่จะต้องแก้ไข สำรวจข้อมูลจากแหล่งข้อมูล กำหนดกรอบของปัญหา ประกอบด้วย 1) เห็นความสำคัญ คือ ระบุและอธิบายความสำคัญของปัญหาทั้งในความคิดของตนเองและผู้อื่น รวมถึงมีความคิดที่เหมาะสมต่อปัญหา 2) การสำรวจข้อมูล คือ การสำรวจข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับปัญหาเพื่อทำความเข้าใจกับสถานการณ์อย่างรอบด้าน 3) การระบุปัญหา คือ การตัดสินว่าปัญหาที่เกิดขึ้นทั้งหมดนั้นมีปัญหาใดที่เป็นปัญหาที่แท้จริงและต้องนำมาแก้ไข และความคิดใดเป็นความคิดที่เหมาะสมต่อการแก้ปัญหา

ขั้นที่ 2 การคิดวิธีการแก้ปัญหา คือ การใช้ความคิดสร้างสรรค์ในการหาวิธีแก้ปัญหาให้มากที่สุด โดยไม่มีการตัดสินว่าความคิดใดที่ผิดหรือถูก ยึดมั่นว่าความคิดที่ได้เป็นความคิดที่สำคัญสำหรับการแก้ปัญหา รวมถึงการสร้างวิธีการแก้ปัญหาใหม่จากวิธีการแก้ปัญหาเดิม

ขั้นที่ 3 การเลือกและเตรียมการ คือ การประเมินวิธีการแก้ปัญหาด้วยเกณฑ์ที่สร้างขึ้นจนได้วิธีที่ดีที่สุด จากนั้นจึงพิจารณาสิ่งสนับสนุนและอุปสรรคที่อาจจะเกิดขึ้นในกระบวนการแก้ปัญหาและการวางแผนใหม่โดยมีขั้นตอน คือ 1) การเลือกวิธีการแก้ปัญหา โดยการสร้างเกณฑ์คัดเลือกวิธีแก้ปัญหาที่ดีที่สุดทำการประเมินวิธีการแก้ปัญหาและเลือกวิธีการแก้ปัญหา 2) การคาดการณ์ผลกระทบเป็นการระบุสิ่งสนับสนุนและอุปสรรคที่อาจจะเกิดขึ้นในกระบวนการแก้ปัญหา ระบุทรัพยากรที่ใช้ในการแก้ปัญหา

ขั้นที่ 4 การวางแผนการแก้ปัญหา คือ การวางแผนการแก้ปัญหา เป็นการประกันความเป็นไปได้ของวิธีการแก้ปัญหา ตรวจสอบ ติดตาม ปรับปรุงกิจกรรมต่าง ๆ ที่ใช้ในการแก้ปัญหา การวางแผนการแก้ปัญหาโดยใช้ ความสามารถและข้อจำกัดของบุคคล บริบท เงื่อนไข ทรัพยากร และอุปสรรค ซึ่งมีขั้นตอน คือ 1) การประเมินทรัพยากร คือ การระบุแนวทางและทรัพยากรที่ต้องใช้ในการแก้ปัญหา 2) การออกแบบกระบวนการ เป็นการวางขั้นตอนและกิจกรรมการแบ่งหน้าที่ของสมาชิกในกลุ่มพร้อมกับระบุขั้นตอนการทำงานให้เกิดประสิทธิภาพ

ขั้นที่ 5 การลงมือปฏิบัติ คือ การนำแผนที่วางไว้ ไปปฏิบัติจริง การกำกับและติดตามการแก้ปัญหาเปรียบเทียบกับผลลัพธ์ หรือเป้าหมายที่วางไว้ มีการสังเกตและบันทึกพฤติกรรมการแก้ปัญหา เมื่อเป็นไปตามที่วางแผนไว้จึงให้การเสริมแรงตนเอง ในขั้นตอนนี้ประกอบด้วย 1) การลงมือปฏิบัติเป็นการลงมือปฏิบัติตามแผนสังเกต และสะท้อนและปรับปรุงกระบวนการแก้ปัญหา 2) การเผชิญปัญหา คือ การจัดการกับความรู้สึกของตนเองระหว่างการแก้ปัญหาประกอบด้วยการสังเกตและบันทึกพฤติกรรมของตน เปรียบเทียบกับเกณฑ์ที่ตั้งไว้ พร้อมกับการควบคุมและเสริมแรงตนเอง

กัญญารัตน์ โคจร (2554, น.148-149) ได้พัฒนารูปแบบการเรียนการสอนที่เน้นการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ (CPS) สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โดยในทุกขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบ CPS จะเน้นให้นักเรียนลงมือปฏิบัติ ทำกิจกรรมและฝึกการคิดสร้างสรรค์ควบคู่ไปกับการคิดอย่างมีเหตุผล ประกอบด้วย 5 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นที่ 1 กระตุ้นความสนใจ (Engaging) เป็นขั้นตอนการเร้าความสนใจให้นักเรียนเกิดความกระตือรือร้น ใฝ่รู้ใฝ่เรียน และเป็นการสำรวจทบทวนมโนทัศน์ ความรู้พื้นฐานเดิมของนักเรียน เพื่อเป็นการเตรียมความพร้อมให้กับนักเรียนสำหรับการเรียนรู้มโนทัศน์ใหม่

ขั้นที่ 2 สำรวจตรวจสอบทำความเข้าใจปัญหา (Problem Exploring) สำรวจและทำความเข้าใจในสถานการณ์ปัญหาให้ครอบคลุมทุกด้าน และกำหนดขอบเขตของปัญหาให้ชัดเจน

ขั้นที่ 3 สร้างทางเลือกในการแก้ปัญหา (Solution Creating) เป็นขั้นที่เน้นการฝึกทักษะการคิดแก้ปัญอย่างสร้างสรรค์ให้นักเรียน โดยการสร้างทางเลือก แนวคิดของการตอบ

ขั้นที่ 4 วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา (Plan Executing) เป็นการจัดกิจกรรมในขั้นตอนการฝึกคิดแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ โดยการคิดออกแบบ วางแผน ลงมือปฏิบัติตามแผน เก็บรวบรวมข้อมูล หลักฐาน และนำมาสร้างมโนทัศน์ คำอธิบายของสถานการณ์ปัญหาด้วยตัวเอง

ขั้นที่ 5 การตรวจสอบ ยอมรับ และขยายองค์ความรู้ (Concept Examining) เป็นการทำกิจกรรมสำรวจ ตรวจสอบคำอธิบายที่นักเรียนสร้างขึ้นกับองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่ยอมรับในปัจจุบัน รวมทั้งแลกเปลี่ยนมโนทัศน์ คำอธิบายที่สร้างขึ้นกับเพื่อน ๆ ในห้องเรียน

จากแนวคิดของนักวิชาการเกี่ยวกับขั้นตอนการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ ผู้วิจัยได้นำข้อมูลที่ศึกษามาสังเคราะห์เป็นขั้นตอน นำเสนอในรูปแบบของตารางเปรียบเทียบขั้นตอนกระบวนการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ตามแนวคิดของนักวิชาการ ดังตาราง 3 แล้วได้ทำการสังเคราะห์เป็น 4 ขั้นตอน ดังนี้ 1) การพบความจริง นักเรียนจะต้องมีความสามารถในการระบุปัญหาและสาเหตุของปัญหาที่เกิดขึ้น ภายใต้ของเขตของความเป็นจริงในสถานการณ์ที่เกิดขึ้น รวมไปถึงการเลือกปัญหาที่ต้องการแก้ไขอย่างสมเหตุสมผล 2) การหาแนวทางแก้ปัญหา นักเรียนคิดวิธีการแก้ปัญหาจากปัญหาที่เลือกมา โดยวิธีการแก้ปัญหามีความหลากหลาย มีความแปลกใหม่ และตัดสินเลือกปัญหาได้อย่างเหมาะสม 3) การวางแผนแก้ปัญหา นักเรียนมีการระดมสมอง ออกแบบการทำงานให้หลากหลายและร่วมหาแผนงานที่เหมาะสม 4) การหาคำตอบที่เป็นที่ยอมรับ เป็นขั้นตอนประเมินแบบแผนการแก้ไขปัญหา ตลอดจนการทบทวนกระบวนการแก้ไขปัญหาและศึกษาทางเลือกที่เป็นไปได้ในการตัดสินใจเพื่อนำไปใช้ในครั้งต่อไป

ตาราง 3 เปรียบเทียบขั้นตอนการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์

Davis (1983)	สิทธิชัย ชมพูพาทย์ (2554)	กัญญารัตน์ โคจร (2554)	ผู้วิจัย
1. การค้นหาความจริง	1. การเข้าถึงปัญหา	1. กระตุ้นความสนใจ	1. การค้นพบความจริง
2. การค้นหาปัญหา	2. การคิดวิธีการแก้ปัญหา	2. สำรวจตรวจสอบทำความเข้าใจปัญหา	2. การหาแนวทางแก้ไขปัญหา
3. การค้นหาความคิด	3. การเลือกและเตรียมการ	3.สร้างทางเลือกในการแก้ปัญหา	3. การวางแผนการแก้ไขปัญหา
4. การค้นหาคำตอบ	4. การวางแผนการแก้ปัญหา	4. วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา	4. การค้นหาคำตอบที่เป็นที่ยอมรับ
5. การค้นหาคำตอบที่เป็นที่ยอมรับ	5. การลงมือปฏิบัติ	5. การตรวจสอบ ยอมรับ และขยายองค์ความรู้	

5.3 การวัดความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์

ในการศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้อง จึงค้นพบแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ ดังนี้

สมศักดิ์ สินธุระเวชญ์ (2543 อ้างถึงในสุพีรา ดาวเรือง (2554, น.56) ได้แสดงเกณฑ์การให้คะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ไว้ 3 ข้อ โดยยึดหลักการให้คะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ของทอร์แรนซ์ ดังนี้

1. การให้คะแนนความคล่องแคล่วในการคิดพิจารณาจากคำตอบที่เป็นไปได้ตามเงื่อนไขของคำถาม โดยให้คะแนนคำตอบละ 1 คะแนน

2. การให้คะแนนความยืดหยุ่นในการคิดพิจารณาจากคำตอบที่เป็นไปได้ ซึ่งจะจัดกลุ่ม หรือประเภทของคำตอบให้กับนักเรียนแต่ละคน โดยคำนึงถึงวิธีการคิดที่แตกต่างกัน ต่อสิ่งเร้าหรือเงื่อนไขที่กำหนดให้ โดยให้คะแนนคำตอบเป็นกลุ่ม กลุ่มละ 1 คะแนน

3. การให้คะแนนความคิดริเริ่ม พิจารณาจากความถี่คำตอบของนักเรียนทั้งหมดที่มีความถี่ จากกลุ่มตั้งแต่ 2-4.99 เปอร์เซ็นต์ จะได้ 1 คะแนน ถ้าเป็นคำตอบที่ไม่ซ้ำกับกลุ่มเลยจะได้ 2 คะแนน ถ้าความถี่เกินกว่า 5 เปอร์เซ็นจะไม่ถือเป็นความคิดริเริ่ม หรือให้คะแนนตามสัดส่วนของความถี่ของคำตอบ ตามวิธีการของ Cropley (1996) คำตอบใดที่กลุ่มตัวอย่างตอบซ้ำกันมาก ๆ ก็ให้คะแนนน้อย หรือไม่ได้เลย ถ้าคำตอบยิ่งซ้ำกับคนอื่นน้อยหรือไม่ซ้ำคนอื่นเลย ก็จะได้คะแนนมากขึ้น

สรุป การวัดความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ สำหรับการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยใช้แบบทดสอบที่ได้รับการพัฒนาจาก (ดารารัตน์ ชัยพิลา, 2558, น.137-150) มีลักษณะเป็นแบบทดสอบเขียนตอบแบบบรรยาย โดยกำหนดสถานการณ์เกี่ยวกับปัญหาที่นักเรียนพบในชีวิตประจำวัน 1 สถานการณ์ มีทั้งสิ้น 6 คำถาม โดยคลอบคลุมขั้นตอนการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ 3 ขั้นตอน คือ 1) การค้นพบความจริง 2) การหาแนวทางการแก้ปัญหา 3) การวางแผนการแก้ไขปัญหา เกณฑ์การให้คะแนนใช้รูปแบบการประเมินแบบรูบริค (Rubric scoring) เนื่องจากในการสร้างแบบทดสอบความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์มีเงื่อนไขไม่สามารถวัดได้ทุกขั้นตอนของความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์

5.4 หลักการในการส่งเสริมการคิดแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์

หลักการในการส่งเสริมการคิดแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์สามารถสังเคราะห์และสรุปความได้ว่า (Torrance (1963); อารีย์ พันธ์มณี (2545, น.89); อารีย์ รังสินันท์ (2532, น.66-67)

1. ส่งเสริมให้เด็กถามและสนใจต่อคำถาม และคำถามที่แปลก ๆ ของเด็ก และเขายังเน้นว่า พ่อแม่หรือครูไม่ควรมุ่งแต่คำตอบที่ถูกแต่เพียงอย่างเดียว แต่ควรจะกระตุ้นให้เด็กได้วิเคราะห์ค้นหาเพื่อพิสูจน์การเดา โดยการใช้การสังเกตและประสบการณ์ของเด็ก

2. ตั้งใจฟังและเอาใจใส่ต่อความคิดแปลก ๆ ของเด็กด้วยใจเป็นกลาง เมื่อเด็กแสดงความคิดเห็นในเรื่องใด แม้จะเป็นความคิดที่ยังไม่เคยได้ยินมาก่อน ผู้ใหญ่ก็อย่าเพิ่งตัดสินแต่รับฟังไว้ก่อน

3. กระตือรือร้นต่อคำถามที่แปลก ๆ ของเด็กด้วยการตอบคำถามอย่างมีชีวิตชีวาหรือชี้แนะใหเด็กหาคำตอบจากแหล่งต่าง ๆ ด้วยตนเอง

4. แสดงและเน้นให้นักเรียนเห็นว่าความคิดของนักเรียนนั้นมีคุณค่าและนำไปใช้ให้เกิดประโยชน์

5. ควรให้โอกาส กระตุ้นและส่งเสริมให้นักเรียนเรียนรู้ด้วยตนเอง ครูอาจจะเปลี่ยนบทบาทเป็นผู้ชี้แนะลดการอธิบายและการบรรยาย แต่เพิ่มการให้นักเรียนมีส่วนร่วมในการริเริ่มกิจกรรมด้วยตนเองมากขึ้น

จากข้อความดังกล่าว สรุปได้ว่าการส่งเสริมการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ควรเป็นการตั้งคำถามที่ส่งเสริมให้นักเรียนได้มีอิสระในการคิดแก้ปัญหาต่าง ๆ อย่างต่อเนื่อง โดยครูมีหน้าที่กระตุ้นและส่งเสริมให้นักเรียนเรียนรู้ด้วยตนเองเสมอ

6. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

6.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาหน่วยการเรียนรู้แบบบูรณาการ

ลี (Lee, 2005, pp. 15-24)ได้ศึกษาการสอนของครูที่ใช้จัดการสภาพแวดล้อมการเรียนรู้แบบบูรณาการ เพื่อตอบสนองเรื่องความแตกต่างระหว่างบุคคลของห้องเรียนระดับประถมศึกษาในฮ่องกงโดยทำการศึกษาข้อมูลจากการพัฒนากลยุทธ์การสอนในห้องเรียน ผลการวิจัยพบว่า 1) ครูมีความสามารถในการออกแบบและสร้างบทเรียนที่ให้ความสำคัญกับกลุ่มนักเรียนที่มีความแตกต่างระหว่างบุคคลได้อย่างมีประสิทธิภาพ 2) ครูสามารถใช้วิธีการสอนที่

แตกต่างกัน เพื่อตอบสนองความต้องการในการเรียนรู้ที่แตกต่างกันของนักเรียนในชั้นเรียน 3) ครูเปลี่ยนจากวิธีการสอนแบบเดิมไปใช้หลักการสอนที่ยึดผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง ทำให้การมีปฏิสัมพันธ์ในชั้นเรียนประสบความสำเร็จในระดับที่สูงขึ้น 4) สามารถมีปฏิสัมพันธ์และร่วมทำงานกับผู้อื่น รวมทั้งสามารถแสดงความคิดเห็นของตนเองได้อย่างตรงไฟตรงมามากขึ้น

จารีพร ผลมูล (2558, น.92) ได้ศึกษาวิจัยเรื่อง การพัฒนาหน่วยการเรียนรู้บูรณาการแบบ STEAM สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 กรณีศึกษา ชุมชนวังตะกอ จังหวัดชุมพร เป็นงานวิจัยประเภทกึ่งทดลอง โดยมีกลุ่มตัวอย่างคือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 จำนวน 33 คน โรงเรียนเมืองหลังสวนจังหวัดชุมพร ซึ่งได้มาจากการเลือกแบบเจาะจง ใช้รูปแบบการทดลองแบบหนึ่งกลุ่มทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน ผลการวิจัย พบว่า นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนและผ่านเกณฑ์ที่กำหนด นักเรียนมีจิตสำนึกอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมผ่านเกณฑ์ระดับดี นักเรียนมีความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ในระดับดี และประสิทธิภาพของหน่วยการเรียนรู้บูรณาการแบบ STEAM กรณีศึกษาชุมชนวังตะกอ มีค่าเท่ากับ 81.65/78.33 ซึ่งเป็นไปตามวัตถุประสงค์ที่ผู้วิจัยกำหนด แสดงให้เห็นว่าการพัฒนาหน่วยการเรียนรู้บูรณาการ จะช่วยให้นักเรียนได้รับการพัฒนาด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน สร้างจิตสำนึกอนุรักษ์สิ่งแวดล้อม และส่งผลให้นักเรียนมีความสนใจและพึงพอใจต่อการเรียนรู้ได้ดียิ่งขึ้น

นิปัทม์ ทิพยกมลพันธ์ (2558, น.100-102) ได้ทำการวิจัย เรื่อง การพัฒนาหน่วยการเรียนรู้สาระประวัติศาสตร์แบบบูรณาการเรื่อง “เสรีไทยแพร่” สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนพิริยาลัยจังหวัดแพร่ เป็นการวิจัยเชิงกึ่งทดลอง โดยมีกลุ่มเป้าหมายคือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 จำนวน 37 คน โรงเรียนพิริยาลัยจังหวัดแพร่ ใช้วิธีการเลือกแบบเจาะจง ใช้รูปแบบการทดลองแบบหนึ่งกลุ่มทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน ผลการวิจัย พบว่า นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน และผ่านเกณฑ์ที่กำหนด (ร้อยละ 70) มีความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน และผ่านเกณฑ์ที่กำหนด (ร้อยละ 60) และมีทัศนคติต่อวิชาประวัติศาสตร์ของนักเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน และผ่านเกณฑ์ที่กำหนด (ร้อยละ 70) ซึ่งเป็นไปตามวัตถุประสงค์ที่ผู้วิจัยกำหนด แสดงให้เห็นว่าการพัฒนาหน่วยการเรียนรู้บูรณาการ จะช่วยให้นักเรียนมีการพัฒนาด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ และส่งผลให้นักเรียนมีทัศนคติต่อการเรียนวิชาประวัติศาสตร์ได้ดียิ่งขึ้น

พรสวัสดิ์ สองแคว (2559, น.145) ได้ศึกษาเรื่อง การพัฒนาหน่วยการเรียนรู้เรื่อง “รู้รักษ์หิน ถิ่นแม่ฮ่องสอน” ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เพื่อส่งเสริมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 เป็นงานวิจัยเชิงกึ่งทดลอง โดยมีกลุ่มเป้าหมายคือนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนบ้านสบโป่ง จังหวัดแม่ฮ่องสอน จำนวน 13 คน โดยใช้วิธีการเลือกแบบเจาะจง ใช้รูปแบบการทดลองแบบหนึ่งกลุ่มทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน ผลการวิจัยพบว่า หน่วยการเรียนรู้ เรื่อง “รู้รักษ์หิน ถิ่นแม่ฮ่องสอน” ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เพื่อส่งเสริมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 มีประสิทธิภาพ 79.21/76.30 ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์ 75/75 และนักเรียนที่เรียนด้วยหน่วยการเรียนรู้ เรื่อง “รู้รักษ์หิน ถิ่นแม่ฮ่องสอน” ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เพื่อส่งเสริมการเรียนรู้เรื่องวิทยาศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 มีคะแนนการรู้เรื่องวิทยาศาสตร์หลังเรียน สูงกว่าก่อนเรียน ซึ่งเป็นไปตามวัตถุประสงค์ที่ผู้วิจัยกำหนด แสดงให้เห็นว่าการพัฒนาหน่วยการเรียนรู้บูรณาการ จะช่วยให้นักเรียนมีการพัฒนาด้านการรู้วิทยาศาสตร์ได้ดียิ่งขึ้น

พัชรี บุญโสม (2555, น.83-85) ได้ศึกษาวิจัย เรื่อง การพัฒนาหน่วยการเรียนรู้บูรณาการแบบบูรณาการ กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ เรื่อง “ความสัมพันธ์ระหว่างรูปเรขาสองมิติและสามมิติ” ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 เป็นการวิจัยแบบกึ่งทดลอง กลุ่มเป้าหมายคือนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนโนนคำตื้อจตุราษฎร์วิทยา จังหวัดศรีษะเกษ จำนวน 27 คน ใช้วิธีการคัดเลือกแบบเจาะจง ผลการวิจัย พบว่า ประสิทธิภาพของหน่วยการเรียนรู้บูรณาการแบบบูรณาการ กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ เรื่อง “ความสัมพันธ์ระหว่างรูปเรขาสองมิติและสามมิติ” ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 เป็น 86.33/80.63 ซึ่งมีค่าสูงกว่าเกณฑ์ 80/80 ที่กำหนดไว้ ผลการประเมินทักษะและกระบวนการ พบว่านักเรียนร้อยละ 100 มีคะแนนอยู่ในระดับดีขึ้นไป ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดร้อยละ 80 และผลประเมินคุณลักษณะอันพึงประสงค์พบว่า นักเรียนร้อยละ 89 อยู่ในเกณฑ์ระดับดีขึ้นไป ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ว่านักเรียนต้องอยู่ในระดับดี ร้อยละ 80 ขึ้นไป ซึ่งเป็นไปตามวัตถุประสงค์ที่ผู้วิจัยได้กำหนด แสดงให้เห็นว่าการพัฒนาหน่วยการเรียนรู้บูรณาการ จะช่วยให้นักเรียนมีการพัฒนาด้านทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์และด้านคุณลักษณะอันพึงประสงค์ได้ดียิ่งขึ้น

สุชานาฏ สุวรรณพิบูลย์ (2559, น.80-88) ได้ศึกษาการพัฒนาหน่วยการเรียนรู้แบบบูรณาการ เรื่อง บ้านพักเชิงนิเวศตามแนวทางสะเต็มศึกษา สำหรับนักเรียนชั้นนักเรียนชั้น

มัธยมศึกษาปีที่ 1 โดยใช้วิจัยประเภทกึ่งทดลอง กลุ่มเป้าหมาย คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนคณะราษบำรุง จังหวัดปทุมธานี จำนวน 35 คน ผ่านวิธีการเลือกแบบเจาะจง ใช้รูปแบบการทดลองแบบหนึ่งกลุ่มทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน ผลการศึกษาพบว่า หน่วยการเรียนรู้แบบบูรณาการ เรื่อง บ้านพักเชิงนิเวศ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ตามแนวทางสะเต็มศึกษา มีค่าประสิทธิภาพเท่ากับ 82.35/84.10 ตามเกณฑ์ 80/80 นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรายวิชาวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน และนักเรียนมีความคิดสร้างสรรค์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน แสดงให้เห็นว่าการพัฒนาหน่วยการเรียนรู้บูรณาการ จะช่วยให้นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และความสามารถด้านความคิดสร้างสรรค์ได้ดียิ่งขึ้น

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาหน่วยการเรียนรู้บูรณาการทั้งในประเทศและต่างประเทศ สามารถสรุปได้ดังนี้

1. การพัฒนาหน่วยการเรียนรู้บูรณาการ มีการบูรณาการแบบภายในกลุ่มสาระและข้ามกลุ่มสาระ

2. ผลการศึกษาที่ได้จากการพัฒนาหน่วยการเรียนรู้ พบว่า

2.1 นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ผ่านหน่วยการเรียนรู้บูรณาการมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนและผ่านเกณฑ์ที่กำหนดร้อยละ 70

2.2 นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ผ่านหน่วยการเรียนรู้บูรณาการมีนักเรียนมีจิตสำนึกอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมผ่านเกณฑ์ระดับดี

2.3นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ผ่านหน่วยการเรียนรู้บูรณาการมีความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ในระดับดี

2.4 นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ผ่านหน่วยการเรียนรู้บูรณาการมีความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน และผ่านเกณฑ์ที่กำหนด (ร้อยละ 60)

2.5 นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ผ่านหน่วยการเรียนรู้บูรณาการมีทัศนคติต่อวิชาประวัติศาสตร์ของนักเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน และผ่านเกณฑ์ที่กำหนด (ร้อยละ 70)

2.6 นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ผ่านหน่วยการเรียนรู้บูรณาการมีคะแนนการรู้เรื่องวิทยาศาสตร์หลังเรียน สูงกว่าก่อนเรียน

2.7 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ผ่านหน่วยการเรียนรู้บูรณาการผลการประเมินทักษะและกระบวนการ และผลประเมินคุณลักษณะอันพึงประสงค์ มีคะแนนอยู่ในระดับดีขึ้นไป

2.8 นักเรียนมีความคิดสร้างสรรค์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน

จึงสรุปได้ว่า การพัฒนาหน่วยการเรียนรู้บูรณาการสามารถพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในเรื่องที่นำไปใช้ และพัฒนาความสามารถด้านความคิดสร้างสรรค์ ความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ด้านทักษะกระบวนการ และคุณลักษณะอันพึงประสงค์ จิตสำนึกได้จริง และสอดคล้องกับตัวแปรที่ผู้วิจัยเลือกนำมาใช้ในการศึกษาวิจัย

6.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา

สก๊อต (Scott, 2012, p.30) ได้ศึกษาการจัดกิจกรรมการเรียนรู้บูรณาการวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรม และคณิตศาสตร์ ในโรงเรียนมัธยมของประเทศสหรัฐอเมริกา มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาบทบาทของ STEM ศึกษา ในโรงเรียนมัธยม 10 แห่งทั่วสหรัฐอเมริกา เพื่อเตรียมความพร้อมแก่นักเรียนสำหรับเข้าทำงานในสาขาที่เกี่ยวข้องกับ STEM ศึกษา ในหลาย ๆ โรงเรียนได้มีการออกแบบแผนและดำเนินการนำไปใช้แล้ว แต่อีกหลาย ๆ แห่งยังอยู่ในขั้นดำเนินการวางแผน จากการศึกษาชี้ให้เห็นว่านักเรียนที่สมัครใจเข้าร่วมห้องเรียน STEM ศึกษา มีความสามารถในการแก้ปัญหาต่าง ๆ ได้ดีกว่าเด็กนักเรียนระดับเดียวกันที่ไม่ได้เข้าร่วมโครงการ

ลิน (Lin, 2015, pp.301-322) ได้ศึกษาระบบการประเมินผลเพื่อประเมินทักษะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ (CPS) ของผู้เรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นในการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา โดยมีการประเมินอยู่ 8 ช่วง และมีนักวิจัย 4 คนที่เข้าร่วมในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ โดยเกณฑ์ที่ใช้ในการวัดจะเป็นเกณฑ์เดียวกับ OECD ได้กำหนดไว้ ซึ่งในการประเมินจะใช้ระบบคอมพิวเตอร์สำหรับประเมินตามเกณฑ์ที่กำหนด โดยตัวอย่างปัญหาที่ใช้ในการทดสอบผู้เรียน เช่น การออกแบบชั้นวางของ การใช้ไมโครเวฟ และการสร้างบ้าน เป็นต้น โดยผู้เข้าร่วมวิจัยจะเป็นผู้เรียนชาวไต้หวันที่ศึกษาอยู่ในระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น จำนวน 222 คน ซึ่งในการประเมินจะพิจารณาจากสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือของผู้เรียน ซึ่งมี 3 สมรรถนะย่อย ได้แก่ การสร้างและการเก็บรักษาความเข้าใจที่มีร่วมกัน การเลือกวิธีดำเนินการที่เหมาะสมในการแก้ปัญหา และ

การสร้างรักษาระเบียบของกลุ่ม ซึ่งพบว่า ระบบการประเมินมีขั้นตอนที่ยุ่งยาก แต่ก็เป็นที่น่าพึงพอใจสำหรับผู้ใช้ ซึ่งระบบนี้สามารถใช้ในการประเมินผู้เรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพ และผู้เรียนแสดงออกถึงสมรรถนะทั้งสามนี้อย่างมีนัยสำคัญ

นิตยา ภูผาบาง (2559, น.75-81) ได้ทำการวิจัยเรื่องการใช้กิจกรรมสะเต็มศึกษา เรื่อง พลาสติกชีวภาพจากแป้งมันสำปะหลัง เพื่อพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 เป็นวิจัยประเภททดลอง กลุ่มตัวอย่างคือนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนชลกันมีจุดประสงค์เพื่อ 1) เพื่อศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อสมบัติทางกายภาพของแผ่นฟิล์มพลาสติกชีวภาพจากแป้งมันสำปะหลัง 2) เพื่อสร้างกิจกรรมสะเต็มศึกษา เรื่อง พลาสติกชีวภาพจากแป้งมันสำปะหลังเพื่อพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 3) เพื่อเปรียบเทียบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นกระบวนการของนักเรียนระหว่างกิจกรรมที่ 1 และกิจกรรมที่ 2 โดยใช้กิจกรรมสะเต็มเรื่อง พลาสติกชีวภาพจากแป้งมันสำปะหลัง ผลการศึกษาพบว่านักเรียนที่เรียนรู้ผ่านกิจกรรมสะเต็มศึกษา เรื่องพลาสติกชีวภาพจากแป้งมันสำปะหลังในกิจกรรมที่ 2 มีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์สูงกว่ากิจกรรมที่ 1

พลศักดิ์ แสงพรมศรี (2559, น.73-77) ได้ศึกษาการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ และเจตคติต่อการเรียนวิชาเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษากับแบบปกติ กลุ่มตัวอย่างในการวิจัยคือนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนพยัคฆภูมิวิทยาคาร จังหวัดมหาสารคาม ผ่านการคัดเลือกด้วยวิธีการสุ่มแบบแบ่งกลุ่ม ผลการศึกษา พบว่า นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษามีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ และเจตคติต่อการเรียนวิชาเคมีหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน และนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการและเจตคติต่อการเรียนวิชาเคมี สูงกว่ากลุ่มนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ ซึ่งเป็นไปตามวัตถุประสงค์ที่ผู้วิจัยได้กำหนด แสดงให้เห็นว่าการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา จะช่วยให้นักเรียนมีการพัฒนาด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูง และเจตคติต่อรายวิชาเคมีได้ดียิ่งขึ้น

เพชรศิรินทร์ ตุ่นคำ (2559, น.88-89) ได้ศึกษาการพัฒนาชุดกิจกรรมสะเต็มศึกษาวิชาเคมี เรื่อง สารชีวโมเลกุล: โปรตีนและลิพิดเพื่อส่งเสริมทักษะในศตวรรษที่ 21 ระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย เป็นการวิจัยประเภททดลอง กลุ่มเป้าหมาย คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนบดินทรเดชา (สิงห์ สิงหเสนี) จังหวัดกรุงเทพมหานคร จำนวน 42 คน ผ่านการคัดเลือกวิธีแบบเจาะจง ใช้รูปแบบการทดลองแบบหนึ่งกลุ่มทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน ผลการวิจัยพบว่า ชุดกิจกรรมสะเต็มศึกษาวิชาเคมี เรื่อง สารชีวโมเลกุล: โปรตีนและลิพิดเพื่อส่งเสริมทักษะในศตวรรษที่ 21 ระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย มีประสิทธิภาพ E_1/E_2 เท่ากับ 80.72/71.79 ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์ประสิทธิภาพ E_1/E_2 เท่ากับ 70/70 ที่กำหนดไว้ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยชุดกิจกรรมสะเต็มศึกษา เรื่อง สารชีวโมเลกุล: โปรตีนและลิพิดเพื่อส่งเสริมทักษะในศตวรรษที่ 21 ระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย มีคะแนนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนและนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายที่เรียนด้วยชุดกิจกรรมสะเต็มศึกษาด้วยวิชาเคมี เรื่อง สารชีวโมเลกุล โปรตีนและลิพิด เพื่อส่งเสริมทักษะในศตวรรษที่ 21 ระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย มีคะแนนทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม ด้านความคิดสร้างสรรค์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนซึ่งเป็นไปตามวัตถุประสงค์ที่ผู้วิจัยได้กำหนด แสดงให้เห็นว่าการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา จะช่วยให้นักเรียนมีการพัฒนาด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรมด้านความคิดสร้างสรรค์ได้ดียิ่งขึ้น

ภัสสร ติดมา (2558, น.92-96) ได้ทำการวิจัย เรื่อง การพัฒนาความคิดสร้างสรรค์เรื่อง ระบบร่างกายมนุษย์ ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมตามแนวทางสะเต็มศึกษา ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 เป็นวิจัยประเภททดลอง กลุ่มเป้าหมาย คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนอุดมดรุณี จังหวัดสุโขทัย จำนวน 48 คน ผ่านการเลือกแบบเจาะจง ผลการศึกษาพบว่าการจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมตามแนวทางสะเต็มศึกษาสามารถพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนได้ โดยนักเรียนได้คะแนนความคิดสร้างสรรค์เฉลี่ยร้อยละ 79 ขึ้นไป ซึ่งสูงขึ้นทุกครั้งที่มีการจัดกิจกรรมแผนการเรียนรู้ใหม่ และเป็นไปตามวัตถุประสงค์ที่ผู้วิจัยได้กำหนดไว้ แสดงให้เห็นว่าการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา จะช่วยให้นักเรียนมีการพัฒนาด้านความคิดสร้างสรรค์ได้ดียิ่งขึ้น

อาทิตยา พูนเรือง (2559, น.66-67) ได้ทำการวิจัยเรื่อง การพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง เอนไซม์ โดยใช้การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เป็นวิจัยประเภททดลอง กลุ่มเป้าหมาย คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนขนาดใหญ่แห่งหนึ่งในรุงเทพมหานคร จำนวน 30 คน ผ่านการเลือกวิธีแบบเจาะจง โดยใช้รูปแบบการทดลองแบบหนึ่งกลุ่มทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน ผลการวิจัยพบว่านักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนและนักเรียนมีความสามารถในการแก้ปัญหาวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน ซึ่งเป็นไปตามวัตถุประสงค์ที่ผู้วิจัยได้กำหนดไว้ แสดงให้เห็นว่าการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา จะช่วยให้นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ได้ดียิ่งขึ้น

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับสะเต็มศึกษาทั้งในประเทศและต่างประเทศ สามารถสรุปได้ดังนี้

1. การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา ถูกนำไปใช้ในรายวิชาวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์เป็นเนื้อหาหลัก

2. ผลการศึกษาที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา พบว่า

2.1 นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษามีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน

2.2 นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษามีนักเรียนมีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน

2.3นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษามีเจตคติต่อการเรียนวิชาเคมีหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน

2.4 นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา มีคะแนนทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน

2.5 นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษามีความคิดสร้างสรรค์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน

2.6 นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษามีความสามารถในการแก้ปัญหาวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน

3. การศึกษาผลเปรียบเทียบการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษากับวิธีการสอนอื่น ๆ พบว่า

3.1 นักเรียนที่สมัครใจเข้าร่วมห้องเรียน STEM ศึกษา มีความสามารถในการแก้ปัญหาต่าง ๆ ได้ดีกว่าเด็กนักเรียนระดับเดียวกันที่ไม่ได้เข้าร่วมโครงการ

3.2 นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่ากลุ่มนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ

3.3 นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษามีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการสูงกว่ากลุ่มนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ

3.4 นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษามีเจตคติต่อการเรียนวิชาเคมี สูงกว่ากลุ่มนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ

จึงสรุปได้ว่า การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาสามารถพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะการคิดวิเคราะห์ ทักษะชีวิต ทักษะอาชีพ และความคิดสร้างสรรค์ ซึ่งนำไปสู่สร้างนวัตกรรม ที่ใช้พื้นฐานความรู้เกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยี และกระบวนการทางวิศวกรรมเป็นฐาน ตลอดจนสามารถนำความรู้ไปแก้ไขสถานการณ์ที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวันได้

6.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักร 5 ขั้น (5E)

สรชา ศักดิ์คำดวง (2559, น.78) ได้ทำการศึกษาการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์และความสามารถในการคิดวิเคราะห์ ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 5 ขั้น (5E) กับการจัดการเรียนรู้แบบดั้งเดิม เป็นการวิจัยแบบกึ่งทดลอง กลุ่มตัวอย่างคือ นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนพรหมพิกุลทอง จังหวัดสมุทรปราการ จำนวน 60 คน ผ่านการวิธีการสุ่มแบบแบ่งกลุ่ม โดยแบบแผนการทดลองเป็นแบบแผนสองกลุ่ม วัดก่อนและหลังและมีกลุ่มควบคุม แต่ไม่มีการสุ่มแบบสมบูรณ์ ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 5 ขั้น (5E) มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการคิดวิเคราะห์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน ซึ่งเป็นไปตามวัตถุประสงค์ที่ผู้วิจัยได้กำหนด แสดงให้เห็นว่าการจัดการเรียนแบบวัฏจักรการเรียนรู้แบบ 5 ขั้น จะช่วยให้นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการคิดวิเคราะห์ได้ดียิ่งขึ้น

นิภาพร ภูมิภู (2558, น.98) ได้ทำการพัฒนาแนวคิดของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง ระบบประสาทโดยใช้วัฏจักรการเรียนรู้แบบ 5 ขั้น กลุ่มตัวอย่าง คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนแห่งหนึ่งในกรุงเทพมหานคร จำนวน 47 คน ผลการวิจัยพบว่า แนวทางการจัดการเรียนรู้โดยใช้วัฏจักรการเรียนรู้แบบ 5 ขั้น ที่มีประสิทธิภาพ ได้แก่ การใช้สื่อการเรียนรู้ที่หลากหลาย การตรวจสอบความรู้เดิมของนักเรียน การส่งเสริมให้นักเรียนลงมือปฏิบัติกิจกรรม การส่งเสริมให้นักเรียนมีส่วนร่วมในการนำเสนอข้อค้นพบและอภิปรายร่วมกัน การนำเสนอสถานการณ์ใหม่ให้กับนักเรียน และการใช้วิธีการประเมินผลการเรียนรู้ของนักเรียนที่หลากหลาย ซึ่งเป็นไปตามวัตถุประสงค์ที่ผู้วิจัยได้กำหนด แสดงให้เห็นว่าการจัดการเรียนแบบวัฏจักรการเรียนรู้แบบ 5 ขั้น จะช่วยให้นักเรียนมีแนวคิดเรื่องระบบประสาทได้ดียิ่งขึ้น

ชยานันต์ จันดี (2557, น.203-213) ได้ศึกษาการพัฒนาผลการเรียนรู้ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนวัดหนองแขม(สหราษฎร์บูรณะ) ที่จัดการเรียนการสอนแบบวัฏจักรการเรียนรู้ 5E วัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาผลการเรียนรู้เรื่องพืช ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และความคิดเห็นของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 หลังได้รับการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 5E ผลการวิจัย พบว่ามีคะแนนเฉลี่ยผลการเรียนรู้เรื่องพืช และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน และความคิดเห็นของนักเรียนโดยภาพรวมอยู่ในระดับปานกลาง ซึ่งเป็นไปตามวัตถุประสงค์การวิจัยได้กำหนดไว้ แสดงให้เห็นว่าการสอนแบบวัฏจักรการเรียนรู้ 5E จะช่วยพัฒนาผลการเรียนรู้ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และความคิดเห็นของนักเรียนได้ดียิ่งขึ้น

วราวรรณ แสงอยู่ (2556, น.69-70) ได้ทำการศึกษาผลการใช้วงจรการเรียนรู้ 5E ร่วมกับเทคนิคการใช้คำถามตามแนวคิดของออสบอร์นที่มีต่อทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น เป็นวิจัยประเภทกึ่งทดลอง กลุ่มเป้าหมาย คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนสังกัดสำนักงานเขตลาดกระบัง จำนวน 3 ห้องเรียน มีการกำหนดกลุ่มเป้าหมายและกลุ่มควบคุม ผ่านการเลือกแบบเจาะจง โดยแบบแผนที่ใช้ในการวิจัยคือแบบแผนสองกลุ่มมีการวัดก่อนและหลัง มีกลุ่มควบคุมแต่ไม่มีการสุ่มแบบสมบูรณ์ ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการสูงกว่านักเรียนกลุ่มควบคุม และนักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่านักเรียนกลุ่มควบคุม ซึ่งเป็นไปตามวัตถุประสงค์ที่ผู้วิจัยได้กำหนด

แสดงให้เห็นว่าการจัดการเรียนแบบวัฏจักรการเรียนรู้แบบ 5 ขั้น จะช่วยให้นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะกระบวนการวิทยาศาสตร์ได้ดียิ่งขึ้น

ศุจิกา จาตุรนต์พงศา (2552, น.76-77) ได้ทำการศึกษาผลของการใช้รูปแบบวงจรการเรียนรู้ 5E ร่วมกับสัญศาสตร์ที่มีต่อความเข้าใจศัพท์ชีววิทยาและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย เป็นวิจัยประเภทกึ่งทดลอง กลุ่มตัวอย่างคือนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนเทะศิรินทร์ จำนวน 71 คน โดยมีการแบ่งเป็นกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง โดยแบบแผนที่ใช้ในการวิจัย คือ แบบแผนสองกลุ่มมีการวัดก่อนและหลัง มีกลุ่มควบคุมแต่ไม่มีการสุ่มแบบสมบูรณ์ พบว่า นักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนการสอนโดยใช้รูปแบบวงจรการเรียนรู้ 5E ร่วมกับสัญศาสตร์มีคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่านักเรียนที่เรียนด้วยวิธีการสอนแบบทั่วไป ซึ่งเป็นไปตามวัตถุประสงค์ที่ผู้วิจัยได้กำหนด แสดงให้เห็นว่าการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้แบบ 5 ขั้น จะช่วยให้นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความเข้าใจคำศัพท์วิชาชีววิทยาได้ดียิ่งขึ้น

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้วัฏจักรการเรียนรู้แบบ 5 ขั้น (5E) สามารถสรุปได้ดังนี้

1. แนวทางการจัดการเรียนรู้โดยใช้วัฏจักรการเรียนรู้แบบ 5 ขั้น ที่มีประสิทธิภาพ ได้แก่ การใช้สื่อการเรียนรู้ที่หลากหลาย การตรวจสอบความรู้เดิมของนักเรียน การส่งเสริมให้นักเรียนลงมือปฏิบัติกิจกรรม การส่งเสริมให้นักเรียนมีส่วนร่วมในการนำเสนอข้อค้นพบและอภิปรายร่วมกัน

2. ผลการศึกษาที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้วัฏจักรการเรียนรู้แบบ 5 ขั้น (5E) พบว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้วัฏจักรการเรียนรู้แบบ 5 ขั้น (5E) มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน

3. การศึกษาผลเปรียบเทียบการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษากับวิธีการสอนอื่น ๆ พบว่า

3.1 นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้วัฏจักรการเรียนรู้แบบ 5 ขั้น (5E) มีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการสูงกว่านักเรียนกลุ่มควบคุม

3.2 นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้วัฏจักรการเรียนรู้แบบ 5 ขั้น (5E) มีคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่านักเรียนกลุ่มควบคุม

3.3 นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้วัฏจักรการเรียนรู้แบบ 5 ขั้น (5E) มีคะแนนความสามารถในการคิดวิเคราะห์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน

จึงสรุปได้ว่า การจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 5 ขั้น (5E) เป็นการจัดการเรียนรู้ที่เหมาะสมสำหรับการนำมาต่อยอดองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์สำหรับการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มได้ และผลการนำมาประยุกต์ใช้สามารถพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ ความสามารถในการวิเคราะห์ ความสามารถในการแก้ปัญหา เจตคติทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนได้เป็นอย่างดี ดังนั้นในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยจึงได้นำแนวคิดการสอนวิทยาศาสตร์โดยใช้รูปแบบการเรียนรู้ 5 ขั้น (5E) เพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์และความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ของนักเรียน

6.4 วิจัยที่เกี่ยวข้องกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

วิรัตน์ ขันเขต และ กิตติมา พันธ์พฤกษา (2562, น.286-300) ได้ทำการศึกษาการจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับกลวิธีแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์เชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์เพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับกลวิธีแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์เชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ กลุ่มตัวอย่าง คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนสาธิตพิบูลบำเพ็ญ มหาวิทยาลัยบูรพา จำนวน 32 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย 1)แผนการจัดการเรียนรู้ 2) แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแบบปรนัยชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 20 ข้อ โดยครอบคลุมพฤติกรรมด้านพุทธิพิสัยของบลูม 4 ด้าน ผลการศึกษาพบว่าการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับกลวิธีแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์เชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ ส่งผลให้นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา มีพัฒนาการอยู่ในระดับสูง ซึ่งเป็นไปตามวัตถุประสงค์ที่ผู้วิจัยได้กำหนด แสดงให้เห็นว่าการจัดการเรียนแบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้นร่วมกับกลวิธีแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์เชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ จะช่วยให้นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถการแก้โจทย์ปัญหาได้ดียิ่งขึ้น

วินิตา สร้อยเพชรประภา และ บำรุง ชำนาญเรือ (2558, น.359-373) ได้ศึกษาการพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง คำภาษาต่างประเทศในภาษาไทยของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ด้วยวิธีการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับสื่อมัลติมีเดีย โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความคิดเห็นของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 หลังได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับสื่อมัลติมีเดีย กลุ่มตัวอย่าง คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 จำนวน 30 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย 1) แผนการจัดการเรียนรู้ 2) สื่อมัลติมิเดีย 3) แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแบบปรนัย วัดพฤติกรรมที่ต้องให้เกิดตามแนวคิดของบลูม จำนวน 30 ข้อ ผลการศึกษาพบว่า 1) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่องคำภาษาต่างประเทศในภาษาไทยของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ด้วยวิธีการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับสื่อมัลติมีเดีย หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน 2) ความคิดเห็นของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่มีต่อวิธีการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับสื่อมัลติมีเดีย โดยภาพรวมอยู่ในระดับเห็นด้วยมาก ซึ่งเป็นไปตามวัตถุประสงค์ที่ผู้วิจัยกำหนด แสดงให้เห็นว่าการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับสื่อมัลติมีเดียช่วยพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความคิดเห็นของนักเรียนได้ดียิ่งขึ้น

ปิยะมาศ อาจหาญ (2554, น.111) ได้ทำการวิจัยเรื่องการศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์และความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการและการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ เป็นงานวิจัยประเภททดลอง กลุ่มตัวอย่าง คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนรัตนโกสินสมโภช ลาดกระบัง จำนวนนักเรียน 90 คน โดยแบ่งเป็นกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง โดยมีแบบแผนการทดลองเป็นแบบแผนสองกลุ่มมีการวัดก่อนและหลัง มีกลุ่มควบคุม ผลการวิจัยพบว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์และความสามารถในการคิดวิเคราะห์ หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน ซึ่งเป็นไปตามวัตถุประสงค์ที่ผู้วิจัยกำหนด แสดงให้เห็นว่าการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการและการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ จะช่วยพัฒนานักเรียนให้มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนได้ดียิ่งขึ้น

สุภัทราภรณ์ เบ็ญจวรรณ์ (2554, น.107) ได้ทำการวิจัย เรื่อง การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ และความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ รูปแบบซิปปาและการจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐาน เป็นการวิจัย

ประเภททดลอง กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนเทพศิรินทร์ร่มเกล้า กรุงเทพมหานคร จำนวน 80 คน ผ่านวิธีการการสุ่มอย่างง่าย แบบแผนการวิจัยเป็นการใช้รูปแบบการทดสอบก่อนเรียนหลังเรียน ผลการวิจัยพบว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้รูปแบบซิปปาก่อนเรียนและหลังเรียนและความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้รูปแบบซิปปา และนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน ก่อนเรียนและหลังเรียนไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แสดงให้เห็นว่าการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการ การจัดการเรียนรู้แบบซิปปา และนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน ได้พัฒนานักเรียนให้มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่ดียิ่งขึ้น

สุรศักดิ์ แซ่เตียว (2549, น.68) ได้ทำการวิจัยเรื่องการศึกษาผลสัมฤทธิ์และการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่เรียนโดยใช้ชุดกิจกรรมฟิสิกส์ PDCA เรื่อง แรง มวล และการเคลื่อนที่ เป็นวิจัยประเภททดลอง กลุ่มตัวอย่างในการวิจัยคือนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนปัญญาวรคุณ กรุงเทพมหานคร ผ่านวิธีการสุ่มอย่างง่าย แบบแผนที่ใช้ในการทดลองเป็นแบบหนึ่งกลุ่มทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน ผลการวิจัยปรากฏว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่เรียนโดยใช้ชุดกิจกรรมฟิสิกส์ PDCA หลังเรียนสูงขึ้น และความคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่เรียนโดยชุดกิจกรรมฟิสิกส์ PDCA เรื่อง แรง มวล และกฎการคลื่อนที่ พบว่า นักเรียนมีความคิดอย่างมีวิจารณญาณหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน ซึ่งเป็นไปตามวัตถุประสงค์ที่ผู้วิจัยกำหนด แสดงให้เห็นว่าการจัดการเรียนรู้โดยชุดกิจกรรมฟิสิกส์ PDCA เรื่อง แรง มวล และกฎการคลื่อนที่ จะช่วยพัฒนานักเรียนให้มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนได้ดียิ่งขึ้น

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน สามารถสรุปได้ว่าการพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนส่วนใหญ่จะมีแนวการวิจัยที่คล้ายกันคือการนำรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบต่าง ๆ และการพัฒนาหลักสูตรมาใช้ในการพัฒนาผลสัมฤทธิ์ ดังนั้นในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยจึงได้นำแนวคิดการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 5 ขั้น (5E) และการบูรณาการแบบสะเต็มศึกษา เป็นวิธีการจัดการเรียนรู้รูปแบบหนึ่งที่เหมาะสมกับการจัดการเรียนรู้ในสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ สามารถพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนได้เป็นอย่างดี

6.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์

เซทินคายะ(Cetinkaya, 2014, pp. 3722-3726)ได้ทำการศึกษา “ผลการใช้กิจกรรมการเรียนการสอนแบบแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ด้วยกระบวนการคิดสร้างสรรค์ งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาผลของการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์สำหรับนักเรียนห้องเรียนพิเศษที่อยู่ในช่วงอายุระดับกลาง จำนวน 47 คน ในช่วงภาคเรียนฤดูร้อนปี 2010 ในประเทศตุรกี โดยแบ่งกลุ่มเพื่อทำการศึกษาออกเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม ผลการวิจัยพบว่า คะแนนสอบก่อนเรียนของนักเรียนทั้งสองกลุ่มไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ($p>0.5$) ส่วนคะแนนสอบก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนกลุ่มทดลองมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ($p<0.5$) ในการศึกษาครั้งนี้ยังทำให้เห็นถึงประสิทธิภาพของผู้เรียน เช่น ความคล่องแคล่ว การคิดริเริ่ม การระบุรายละเอียด ฯลฯ ที่จะสามารถนำไปพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ของตนเองได้ ผู้เรียนได้แสดงศักยภาพของตนเองด้วยการถูกกระตุ้นให้อยากรู้อยากเห็นเพื่อส่งเสริมให้ผู้เรียนแสดงความคิดสร้างสรรค์ของตนเองออกมา

ดารารัตน์ ชัยพิลา (2558, น.127-128) ได้ทำการวิจัย เรื่อง ผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โครงงานตามแนวคิด STEM Education ที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์อย่างสร้างสรรค์ เรื่อง ปฏิกิริยาเคมี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ผลการศึกษาพบว่า นักเรียนมีความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์อย่างสร้างสรรค์ระหว่างเรียน คิดเป็นร้อยละ 88.35 ซึ่งอยู่ในระดับดี เนื่องจากนักเรียนได้มีการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ มีกระบวนการทำงานที่เป็นระบบ เป็นขั้นตอน จากการเรียนรู้ด้วยการทำโครงงาน นักเรียนได้ใช้ความรู้จักศาสตร์สาขาวิชาทั้ง 4 วิชา ได้แก่ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ มาใช้ในการแก้ปัญหาจากสถานการณ์ที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวัน นอกจากนี้ เมื่อพิจารณาแยกแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้ ยังพบอีกว่า นักเรียนมีความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์อย่างสร้างสรรค์เพิ่มขึ้นตามลำดับ และนักเรียนมีความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์อย่างสร้างสรรค์หลังเรียนซึ่งเป็นไปตามวัตถุประสงค์ของผู้วิจัย แสดงว่าในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โครงงานตามแนวคิด STEM Education ช่วยพัฒนาให้นักเรียนความสามารถการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ได้ดี

สุนัชชา ศุภธรรมวิทย์ (2556, น.113-127) ได้ศึกษาเพื่อพัฒนารูปแบบการใช้ชุดกิจกรรมการเรียนด้วยแท็บเล็ตตามหลักการเรียนรู้โดยใช้สมองเป็นฐาน เพื่อส่งเสริมความสามารถ

ในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษา ผลการศึกษาพบว่า คะแนนเฉลี่ยความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์หลังเรียนของกลุ่มตัวอย่างสูงกว่าคะแนนเฉลี่ยก่อนเรียน

กัญญารัตน์ โคจร (2554, น.113-126) ได้ศึกษาการพัฒนารูปแบบการเรียนรู้การแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ (CPS Learning Model) เรื่อง สารและสมบัติของสาร สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 เป็นวิจัยประเภททดลอง กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยคือนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 จำนวน 2 ห้องเรียน แบ่งเป็นกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง ผลการศึกษา พบว่า นักเรียนกลุ่มทดลองมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนทักษะการคิดสร้างสรรค์เชิงวิทยาศาสตร์ ทักษะการคิดแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ และเจตคติเชิงวิทยาศาสตร์สูงกว่านักเรียนควบคุม ซึ่งเป็นไปตามวัตถุประสงค์ของผู้วิจัย

สิทธิชัย ชมพูพาทย์ (2554, น.188-206) ได้ศึกษาการพัฒนาพฤติกรรมการเรียนการสอนเพื่อการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ของครูและนักเรียน โดยใช้รูปแบบการวิจัยปฏิบัติการเชิงวิพากษ์ และมีวัตถุประสงค์ในการพัฒนารูปแบบกิจกรรมการเรียนการสอนเพื่อการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ของครูในโรงเรียน กลุ่มตัวอย่างในการวิจัย คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนจุฬาภรราชวิทยาลัย จำนวน 23 คน ผลการศึกษาพบว่า หลังจากเข้าร่วมการวิจัยเพื่อพัฒนาพฤติกรรมการเรียนการสอนเพื่อแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ ครูและนักเรียนได้เปลี่ยนแปลงพฤติกรรมการเรียนการสอนเพื่อการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ด้านภาษาและวาทกรรม กิจกรรมและการปฏิบัติรูปแบบกิจกรรมการเรียนการสอนเพื่อการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ที่ได้รับการพัฒนามี 5 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นรับรู้ปัญหา ขั้นระดมความคิด ขั้นวางแผน ขั้นปฏิบัติ ขั้นสรุป และมีกลวิธีที่ใช้ในการจัดกิจกรรมการสอน ได้แก่ การเร้าความสนใจ การวางเป้าหมายที่เน้นการคิดระดับสูง เน้นการอภิปรายและแลกเปลี่ยนเรียนรู้ กำกับติดตาม ใช้แหล่งข้อมูลที่หลากหลาย สอนแบบตั้งคำถาม การให้ข้อมูลย้อนกลับ และการบันทึก

สุพีรา ดาวเรือง (2554, น.125-131) ได้ศึกษาเพื่อพัฒนารูปแบบการเรียนแบบผสมผสานโดยใช้การเรียนรู้โดยใช้กิจกรรมเป็นฐานและเทคนิคเพื่อนคู่คิดเพื่อส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 กลุ่มตัวอย่างในการวิจัย คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 จำนวน 30 คน ผลการศึกษาพบว่านักเรียนกลุ่ม

ทดลองมีความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ หลังการทดสอบนักเรียนมีค่าเฉลี่ยคะแนนสูงกว่าก่อนการทดสอบอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งเป็นไปตามวัตถุประสงค์ของผู้วิจัย แสดงว่าในการพัฒนารูปแบบการเรียนแบบผสมผสานโดยใช้การเรียนรู้แบบกิจกรรมเป็นฐานและเทคนิคเพื่อนคู่คิด ช่วยพัฒนาให้นักเรียนมีความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์

จากการศึกษางานวิจัยในประเทศและต่างประเทศที่เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ สามารถสรุปได้ดังนี้

1. รูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมการพัฒนาการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ ได้แก่

1.1 กิจกรรมการเรียนการสอนแบบแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ด้วยกระบวนการคิดสร้างสรรค์

1.2 รูปแบบการเรียนรู้การแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์

1.3 รูปแบบการวิจัยปฏิบัติการเชิงวิพากษ์

1.4 รูปแบบการเรียนแบบผสมผสานโดยใช้การเรียนรู้โดยใช้กิจกรรมเป็นฐานและเทคนิคเพื่อนคู่คิด

1.5 ชุดกิจกรรมการเรียนด้วยแท็บเล็ตตามหลักการเรียนรู้โดยใช้สมองเป็นฐาน

1.6 กิจกรรมการเรียนรู้โครงงานตามแนวคิด STEM Education

จากรูปแบบการสอนและนวัตกรรมการจัดการเรียนรู้ที่กล่าวถึง ผลจากการศึกษาพบว่าสามารถพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ได้

2. เครื่องมือที่ใช้วัดความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ มีหลายรูปแบบ เช่น แบบอัตนัย แบบมาตรประมาณค่า (Rating scale)

จากวิจัยที่เกี่ยวข้องสามารถสรุปได้ว่า การที่นักเรียนจะเกิดทักษะการคิดแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ขึ้นอยู่กับครูผู้สอนที่จะใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่เหมาะสมและหลากหลายเพื่อส่งเสริมและพัฒนาความสามารถแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยในครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ดำเนินการ แบ่งออกเป็น 4 ระยะ ดังนี้

ระยะที่ 1 การเตรียมการ

ระยะที่ 2 การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

ระยะที่ 3 การดำเนินการวิจัย

ระยะที่ 4 การวิเคราะห์ข้อมูล

ระยะที่ 1 การเตรียมการ

ในการวิจัยในครั้งนี้ ผู้วิจัยเตรียมการ ดังขั้นตอนต่อไปนี้

1. ศึกษาหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 วิเคราะห์สาระและมาตรฐานการเรียนรู้ ผลการเรียนรู้ สำหรับเนื้อหาในรายวิชาฟิสิกส์เพิ่มเติม 3 ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องรูปแบบการพัฒนาหน่วยการเรียนรู้บูรณาการของ Lee (2005) จารีพร ผลมูล (2558) นิปัทม์ ทิพยกมลพันธ์ (2558) สุชานาฏ สุวรรณพิบูลย์ (2559) และศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาของ Scott (2012) Lin (2015) พรทิพย์ ศิริภัทราชัย (2556) วศิณีส์ อิศรเสนา ณ อยุธยา (2559) นิตยา ภูผาบาง (2559) เพื่อนำมาพัฒนาหน่วยการเรียนรู้บูรณาการแบบ STEM

2. ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการสร้างแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง ประเภทของแบบทดสอบและขั้นตอนกระบวนการสร้างแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน จาก ปิยะมาศ อาจหาญ (2554) สุรศักดิ์ แซ่เตียว (2549) สุภัทราภรณ์ เบ็ญจวรรณ์ (2554) เพื่อนำไปสร้างแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์เรื่อง เสียง

3. ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการสร้างแบบทดสอบความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ และศึกษาขั้นตอนความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ของ Cetinkaya (2014) กัญญารัตน์ โคจร (2554) สิทธิชัย ชมพูพาทย์ (2554) ดารารัตน์ ชัยพิลา (2558) นงนุช เอกตระกูล (2560) เพื่อนำไปสร้างแบบทดสอบความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์

ระยะที่ 2 การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ประกอบด้วย

1. หน่วยการเรียนรู้บูรณาการแบบ STEM เรื่อง เสียง สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

2. แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ เรื่อง เสียง

3. แบบทดสอบความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์

ขั้นตอนการสร้างเครื่องมือ

1. สร้างหน่วยการเรียนรู้บูรณาการแบบ STEM ซึ่งประกอบด้วยรายละเอียด ดังนี้

1.1 กำหนดหัวเรื่องที่ผู้วิจัยสนใจ โดยในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้กำหนดหัวข้อเรื่องเสียง

1.2 กำหนดสาระการเรียนรู้ โดยนำเนื้อหาของวิชาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ ที่เกี่ยวข้องกันมาบูรณาการร่วมกัน

1.3 นำเนื้อหาทุกสาระที่บูรณาการแล้ว มาพิจารณาความสอดคล้องระหว่างสาระการเรียนรู้กับมาตรฐานการเรียนรู้ แล้วนำมาสังเคราะห์เป็นผังความคิด

1.4 นำเนื้อหาของวิชาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ ที่บูรณาการแล้ว มาจัดเรียงลำดับการดำเนินเรื่องให้มีความสอดคล้องไปในทิศทางเดียวกัน ตั้งแต่ผลการเรียนรู้บูรณาการแบบ STEM พร้อมทั้งกำหนดระยะเวลาในการจัดการเรียนรู้

ตาราง 4 ความสัมพันธ์ของมาตรฐาน ตัวชี้วัด รายแผนการจัดการเรียนรู้

มาตรฐานและตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้	จุดประสงค์การเรียนรู้
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง มาทำความรู้จักกับเสียง มาตรฐาน ว 5.1 ม.4-6/2 อธิบายการเกิดคลื่นเสียง บีตส์ของเสียง ความเข้มเสียง ระดับความเข้มเสียง การได้ยินเสียง คุณภาพเสียงและนำความรู้ไปใช้ประโยชน์ มาตรฐาน ค 6.1 ม.4-6/2 ใช้ความรู้ ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์และเทคโนโลยี ในการแก้ปัญหาในสถานการณ์ต่างๆ ได้อย่างเหมาะสม มาตรฐาน ง 3.1 ม.4-6/5 แก้ปัญหาด้วยกระบวนการเทคโนโลยีสารสนเทศอย่างมีประสิทธิภาพ สาระการเรียนรู้ ได้แก่ - การเกิดคลื่นเสียงและรูปร่างคลื่นเสียง - ความยาวรอบรูปและพื้นที่รูปเรขาคณิต - การออกแบบแนวทางการแก้ปัญหา การวิเคราะห์ เปรียบเทียบ	1. อธิบายการเกิดเสียงและการถ่ายโอนพลังงานของเสียงผ่านอากาศได้ (วิทยาศาสตร์) 2. นำความรู้ด้านเทคโนโลยี แอพพลิเคชัน slow motion มาใช้ในการทดลองเสียงที่มองเห็น (เทคโนโลยี) 3. นำความรู้ด้านคณิตศาสตร์มาใช้ในการคำนวณเกี่ยวกับการออกแบบชุดการทดลองเรื่อง เสียงที่มองเห็น (คณิตศาสตร์) 4. ใช้หลักการออกแบบเชิงวิศวกรรมในขั้นตอน ระบุปัญหา (Identify a challenge) และการค้นหาแนวคิดที่เกี่ยวข้อง (Explore Ideas)ในการออกแบบห้องเก็บเสียง (วิศวกรรม)
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง เสียงวิ่งได้ มาตรฐาน ว 5.1 ม.4-6/2 อธิบายการเกิดคลื่นเสียง บีตส์ของเสียง ความเข้มเสียง ระดับความเข้มเสียง การได้ยินเสียง คุณภาพเสียงและนำความรู้ไปใช้ มาตรฐาน ค 6.1 ม.4-6/2 ใช้ความรู้ ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์และเทคโนโลยี ในการแก้ปัญหาในสถานการณ์ต่างๆ ได้อย่างเหมาะสม มาตรฐาน ง 3.1 ม.4-6/5 แก้ปัญหาด้วยกระบวนการเทคโนโลยีสารสนเทศอย่างมีประสิทธิภาพ สาระการเรียนรู้ ได้แก่ – อัตราเร็วของเสียง	1. อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างอัตราเร็วเสียงในอากาศกับอุณหภูมิได้ (วิทยาศาสตร์) 2. ออกแบบการทดลองเรื่อง เสียงวิ่งได้ (วิศวกรรม) 3. คำนวณหาอัตราเร็วของเสียงจากการออกแบบการ ทดลอง เรื่องอัตราเร็วของเสียงได้ (คณิตศาสตร์) 4. นำความรู้ด้านเทคโนโลยีโดยใช้ แอพพลิเคชัน ในการทดลอง (เทคโนโลยี)

ตาราง 4 (ต่อ)

มาตรฐานและตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้	จุดประสงค์การเรียนรู้
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 ได้ยินไหม มาตรฐาน ว 5.1 ม.4-6/2 อธิบายการเกิดคลื่นเสียง บีตส์ของเสียง ความเข้มเสียง ระดับความเข้มเสียง การได้ยินเสียง คุณภาพเสียงและนำความรู้ไปใช้ มาตรฐาน ค 6.1 ม.4-6/5 เชื่อมโยงความรู้ต่าง ๆ ในคณิตศาสตร์ และนำความรู้ หลักการกระบวนการทางคณิตศาสตร์ไปเชื่อมโยงกับศาสตร์อื่น ๆ มาตรฐาน ง 3.1 ม.4-6/9 ติดต่อสื่อสาร ค้นหาข้อมูลผ่านอินเทอร์เน็ต สาระการเรียนรู้ ได้แก่ - ความเข้มเสียง ระดับเสียง - ล็อกการิทึม - การออกแบบแนวทางการแก้ปัญหา การวิเคราะห์ เปรียบเทียบ	1. สืบค้น อภิปราย และสำรวจตรวจสอบเกี่ยวกับความเข้มเสียงและระดับความเข้มเสียง(วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี) 2. คำนวณจากความสัมพันธ์ของความเข้มเสียง ระดับความเข้มเสียง (คณิตศาสตร์) 3. ใช้หลักการออกแบบเชิงวิศวกรรมในขั้นตอน วางแผนและพัฒนา (Plan & Delvelop) ในการออกแบบห้องเก็บเสียง(วิศวกรรม)
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 มลพิษทางเสียง มาตรฐาน ว 5.1 ม.4-6/3 อภิปรายผลการสืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับมลพิษทางเสียงที่มีต่อสุขภาพของมนุษย์ และการเสนอวิธีป้องกัน มาตรฐาน ค 6.1 ม.4-6/5เชื่อมโยงความรู้ต่าง ๆ ในคณิตศาสตร์ และนำความรู้ หลักการกระบวนการทางคณิตศาสตร์ไปเชื่อมโยงกับศาสตร์อื่น ๆ มาตรฐาน ง 3.1 ม.4-6/5 แก้ปัญหาด้วยกระบวนการเทคโนโลยีสารสนเทศอย่างมีประสิทธิภาพ สาระการเรียนรู้ ได้แก่ - มลภาวะของเสียง - ใช้กระบวนการเทคโนโลยีในการสร้างห้อง**เก็บ**เสียง	1. สืบค้นและอธิบายความหมายของมลภาวะทางเสียงได้(วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี) 2. นำความรู้เรื่องมลภาวะของเสียงไปออกแบบห้องเก็บเสียงได้(วิทยาศาสตร์) 3. ใช้หลักการใช้หลักการออกแบบเชิงวิศวกรรมในขั้นตอน วางแผนและพัฒนา (Plan&Delvelop) ในการออกแบบห้องเก็บเสียง(คณิตศาสตร์และวิศวกรรม)

ตาราง 4 (ต่อ)

มาตรฐานและตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้	จุดประสงค์การเรียนรู้
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5 ห้องเก็บเสียง มาตรฐาน ว 5.1 ม.4-6/2 อธิบายการเกิดคลื่นเสียง บีตส์ของเสียง ความเข้มเสียง ระดับความเข้มเสียง การได้ยินเสียง คุณภาพเสียงและนำความรู้ไปใช้ มาตรฐาน ค 6.1 ม.4-6/5 เชื่อมโยงความรู้ต่าง ๆ ในคณิตศาสตร์ และนำความรู้ หลักการกระบวนการทางคณิตศาสตร์ไปเชื่อมโยงกับศาสตร์อื่น ๆ มาตรฐาน ง 3.1 ม.4-6/5 แก้ปัญหาด้วยกระบวนการเทคโนโลยีสารสนเทศอย่างมีประสิทธิภาพ สาระการเรียนรู้ ได้แก่ - การสร้างห้องเก็บเสียง - การออกแบบแนวทางการแก้ปัญหา การวิเคราะห์ เปรียบเทียบ	1. บอกแนวทางการแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นจากการเล่นดนตรีแล้วมีเสียงรบกวนห้องข้างๆได้(วิทยาศาสตร์) 2. บอกวิธีตรวจสอบคุณภาพ ด้วยการนำเทคโนโลยีมาช่วยในการตรวจสอบ (เทคโนโลยี) 3. วัดและเปรียบเทียบความดังเสียงในการแข่งขันห้องเก็บเสียงโดยใช้หน่วยมาตรฐาน(คณิตศาสตร์) 4. วางแผนและออกแบบห้องเก็บเสียงโดยใช้กระบวนการออกแบบได้(วิศวกรรม)
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 6 เรื่องการสั่นพ้อง มาตรฐาน ว 5.1 ม.4-6/2 อธิบายการเกิดคลื่นเสียง บีตส์ของเสียง ความเข้มเสียง ระดับความเข้มเสียง การได้ยินเสียง คุณภาพเสียงและนำความรู้ไปใช้ มาตรฐาน ค 6.1 ม.4-6/5 เชื่อมโยงความรู้ต่าง ๆ ในคณิตศาสตร์ และนำความรู้ หลักการกระบวนการทางคณิตศาสตร์ไปเชื่อมโยงกับศาสตร์อื่น ๆ มาตรฐาน ง 3.1 ม.4-6/5 แก้ปัญหาด้วยกระบวนการเทคโนโลยีสารสนเทศอย่างมีประสิทธิภาพ สาระการเรียนรู้ ได้แก่ - การสั่นพ้องของเสียง - การออกแบบแนวทางการแก้ปัญหา การวิเคราะห์ เปรียบเทียบ	1. อธิบายการสั่นพ้องของเสียงได้ (วิทยาศาสตร์) 2. นำความรู้ด้านเทคโนโลยีโดยใช้ แอพพลิเคชัน sound meter และ Simple tone generator สำหรับนำมาใช้ในการทดลอง การสั่นพ้อง(เทคโนโลยี) 3. นำความรู้ด้านคณิตศาสตร์มาใช้ในการคำนวณเกี่ยวกับการออกแบบชุดการทดลองเรื่อง การสั่นพ้อง(คณิตศาสตร์) 4. ออกแบบและเลือกใช้วัสดุในการสร้างชุดทดลองเรื่อง การสั่นพ้อง(วิศวกรรม)

ตาราง 4 (ต่อ)

มาตรฐานและตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้	จุดประสงค์การเรียนรู้
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 7 การเกิดบีตส์ของเสียงและคลื่นนิ่งของเสียง มาตรฐาน ว 5.1 ม.4-6/2 อธิบายการเกิดคลื่นเสียง บีตส์ของเสียง ความเข้มเสียง ระดับความเข้มเสียง การได้ยินเสียง คุณภาพเสียงและนำความรู้ไปใช้ มาตรฐาน ค 6.1 ม.4-6/5เชื่อมโยงความรู้ต่าง ๆ ในคณิตศาสตร์ และนำความรู้ หลักการกระบวนการทางคณิตศาสตร์ไปเชื่อมโยงกับศาสตร์อื่น ๆ มาตรฐาน ง 3.1 ม.4-6/5 แก้ปัญหาด้วยกระบวนการเทคโนโลยีสารสนเทศอย่างมีประสิทธิภาพ สาระการเรียนรู้ ได้แก่ - คลื่นนิ่ง บีตส์ - ใช้กระบวนการเทคโนโลยีในการออกแบบการทดลองเรื่องคลื่นนิ่ง และบีตส์	1. อธิบายการเกิดบีตส์และคลลื่นนิ่งได้ (วิทยาศาสตร์) 2. นำความรู้ด้านเทคโนโลยีโดยใช้ แอพพลิเคชัน sound meter และ tone generator สำหรับนำมาใช้ในการทดลอง คลื่นนิ่งและบีตส์ได้(เทคโนโลยี) 3. นำความรู้ด้านคณิตศาสตร์มาใช้ในการคำนวณเกี่ยวกับการออกแบบชุดการทดลองเรื่อง คลื่นนิ่งได้(คณิตศาสตร์) 4. ออกแบบและเลือกใช้วัสดุในการสร้างชุดทดลองเรื่อง คลื่นนิ่งและบีตส์ ได้ (วิศวกรรม)
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 8 ปรากฏการณ์ดอปเปลอร์และปรากฏการณ์คลื่นกระแทก มาตรฐาน ว 5.1 ม.4-6/2 อธิบายการเกิดคลื่นเสียง บีตส์ของเสียง ความเข้มเสียง ระดับความเข้มเสียง การได้ยินเสียง คุณภาพเสียงและนำความรู้ไปใช้ มาตรฐาน ค 6.1 ม.4-6/5เชื่อมโยงความรู้ต่าง ๆ ในคณิตศาสตร์ และนำความรู้ หลักการกระบวนการทางคณิตศาสตร์ไปเชื่อมโยงกับศาสตร์อื่น ๆ มาตรฐาน ง 3.1 ม.4-6/5 แก้ปัญหาด้วยกระบวนการเทคโนโลยีสารสนเทศอย่างมีประสิทธิภาพ สาระการเรียนรู้ ได้แก่ - ปรากฏการณ์ดอปเพลอร์และคลื่นกระแทก	1. สืบค้น อภิปราย และสำรวจตรวจสอบเกี่ยวกับดอปเพลอร์และคลื่นกระแทก (เทคโนโลยี) 2. อธิบายความหมายของปรากฏการณ์ดอปเพลอร์และคลื่นกระแทก (วิทยาศาสตร์) 3. คำนวณหาปริมาณที่เกี่ยวข้องกับปรากฏการณ์ดอปเพลอร์และคลื่นกระแทก (คณิตศาสตร์)

1.5 สร้างหน่วยการเรียนรู้บูรณาการแบบ STEM โดยใช้ชื่อหน่วยว่า “เสียง”

ประกอบด้วย แผนการจัดการเรียนรู้ที่ใช้รูปแบบการสอนแบบ 5E บูรณาการกับกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม จากเนื้อหาวิชาฟิสิกส์ เรื่อง เสียง สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนวชิรธรรมสาธิต ผู้วิจัยจัดทำแผนการจัดการเรียนรู้ โดยใช้รูปแบบของสุนีย์ เหมะประสิทธิ์ (2554, น.7-8) ประกอบด้วย 10 องค์ประกอบ ดังนี้ 1) สาระสำคัญของความรู้ 2) ความรู้เดิมที่ต้องมีมาก่อน 3) จุดประสงค์การเรียนรู้ 4) ความสอดคล้องกับตัวชี้วัด 5) คุณลักษณะอันพึงประสงค์ 6) หลักฐานร่องรอยการเรียนรู้ 7) สื่อและแหล่งการเรียนรู้ 8) กิจกรรมการเรียนรู้ 9) การมอบหมายงาน 10) บันทึกหลังการสอน โดยการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ที่นำความรู้ เรื่อง เสียง มาพัฒนาหน่วยการเรียนรู้บูรณาการแบบ STEM ซึ่งเป็นการบูรณาการข้ามกลุ่มสาระวิชา ประกอบด้วย วิทยาศาสตร์ (Science) เทคโนโลยี (Technology) วิศวกรรมศาสตร์ (Engineering) และคณิตศาสตร์ (Mathematics) โดยเน้นศาสตร์การเรียนรู้วิทยาศาสตร์เป็นแกนหลัก บูรณาการกับการออกแบบเชิงวิศวกรรม เพื่อส่งเสริมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ให้ดียิ่งขึ้น โดยหน่วยการเรียนรู้แบบบูรณาการแบบ STEM เรื่อง เสียง มีทั้งสิ้น 8 แผนการจัดการเรียนรู้ ใช้ระยะเวลาทั้งหมด 18 คาบ คาบละ 50 นาที รายละเอียดปรากฏ ดังตาราง 5

ตาราง 5 แสดงเนื้อหาของหน่วยการเรียนรู้บูรณาการแบบ STEM เรื่อง เสียง

สัปดาห์	คาบที่	กิจกรรม / แผนการจัดการเรียนรู้	จำนวน(50นาที/คาบเรียน)
1	1 - 2	มาทำความรู้จักกับเสียง	2 คาบ
	3 - 4	เสียงวิ่งได้	2 คาบ
2	5 - 6	ได้ยินไหม	2 คาบ
	7 – 8	มลพิษทางเสียง	2 คาบ
3	9 – 12	ห้องเก็บเสียง	4 คาบ
4	13 – 14	คลื่นนิ่งและบีตส์	2 คาบ
	15 – 16	การสั่นพ้องของเสียง	2 คาบ
5	17 - 18	ดอปเพลอร์และคลื่นกระแทก	2 คาบ
	รวม		18 คาบ

2. นำหน่วยการเรียนรู้บูรณาการแบบ STEM ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น เสนออาจารย์ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์ เพื่อตรวจความถูกต้องของขั้นตอน และความสอดคล้องระหว่างผลการเรียนรู้กับการจัดการเรียนรู้ พร้อมทั้งปรับปรุงตามคำแนะของอาจารย์ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์

3. นำหน่วยการเรียนรู้บูรณาการแบบ STEM ที่สร้างขึ้น ไปให้ผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 5 ท่าน (ปรากฏในภาคผนวก ก) เพื่อตรวจสอบความเหมาะสมและถูกต้องของกระบวนการจัดการเรียนรู้ ตลอดจนความสอดคล้องระหว่างขั้นตอนต่าง ๆ ของแผนการจัดการเรียนรู้ โดยพิจารณาค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) $\geq$ 0.5 ขึ้นไป พบว่า ค่าดัชนีความสอดคล้อง IOC มีค่ามากกว่าหรือเท่ากับ 0.6 ซึ่งมีคุณภาพตามเกณฑ์ นอกจากนี้ผู้เชี่ยวชาญยังได้ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม ดังนี้

1) ปรับกิจกรรมที่ 2 เสียงวิ่งได้ ให้มีความเหมาะสมกับเวลา

2) สาระสำคัญในบางแผนการจัดการเรียนรู้เขียนไม่ตรงประเด็น

3) บางกิจกรรมยังเห็นการบูรณาการแบบ STEM ได้ไม่ชัดเจน

4) แก้ไขขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ ให้มีความชัดเจนโดยการเชื่อมโยงเข้ากับขั้นตอนการออกแบบเชิงวิศวกรรมกว่านี้

5) นำหน่วยการเรียนรู้บูรณาการแบบ STEM มาปรับปรุงแก้ไขตามเงื่อนไขของคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ เพื่อให้มีความสมบูรณ์และเหมาะสมยิ่งขึ้น

6) นำหน่วยการเรียนรู้บูรณการแบบ STEM ไปทดลองใช้ (Try out) กับนักเรียนโรงเรียนวชิรธรรมสาธิต ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ปีการศึกษา 2561 จำนวน 32 คน ซึ่งเป็นนักเรียนคนละห้องกับกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย เพื่อหาข้อบกพร่องในการใช้ภาษาและความเหมาะสมของกิจกรรมการเรียนรู้กับเวลาที่กำหนด ผลการทดลองใช้มีข้อบกพร่องและข้อดี ดังนี้

ข้อบกพร่อง

1) ภาษามีความกำกวม ไม่ชัดเจน

2) บางกิจกรรมไม่สามารถดำเนินการตามแผนได้

3) บางกิจกรรมดำเนินการเกินเวลาที่กำหนด

ข้อดี

1) นักเรียนเข้าใจในเนื้อหามากขึ้น

2) นักเรียนสามารถนำอุปกรณ์ใกล้ตัวมาใช้ในการทดลองแทนอุปกรณ์การทดลองจริงได้ดี

3) นักเรียนมีการวางแผนการทำงานได้ดี

แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

1. สร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์ เรื่อง เสียง ให้สอดคล้องกับตารางวิเคราะห์เนื้อหาและพฤติกรรมที่ต้องการวัด โดยสร้างเป็นข้อสอบเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 36 ข้อ โดยมีเกณฑ์ในการให้คะแนน คือ หากตอบถูกได้ 1 คะแนน ถ้าตอบผิดหรือไม่ตอบหรือตอบมากกว่า 1 ข้อได้ 0 คะแนน

ตาราง 6 ตารางวิเคราะห์เนื้อหาและพฤติกรรมที่ต้องการวัดของแบบสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์ เรื่อง เสียง ในขั้นการพิจารณาความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา

ระดับพฤติกรรม / ผลการเรียนรู้	ความจำ	ความเข้าใจ	การนำไปใช้	การวิเคราะห์	รวม
อธิบายการเกิดเสียงและสมบัติของเสียง ได้แก่ การสะท้อน การหักเห การแทรกสอด และการเลี้ยวเบน	1, 2	4, 5, 9, 10, 11	3, 7,	6, 8	11
อธิบายปรากฏการณ์บางอย่างของเสียง และการนำความรู้มาประยุกต์ใช้ประโยชน์ด้านต่าง ๆ	-	28, 29	27, 31, 32, 35, 36	17, 30, 33, 34	10
อธิบายเกี่ยวกับการได้ยินได้แก่ ระดับเสียง ระดับสูงต่ำของเสียง คุณภาพเสียง และผลของมลพิษทางเสียงต่อการได้ยิน	16, 18	15, 20	13, 14	12	7
อธิบายความถี่ธรรมชาติและการสั่นพ้องของวัตถุ	22	23, 24	19, 25	21, 26	7
รวม	**4**	**7**	**11**	**14**	**36**

2. นำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์ เรื่อง เสียง ให้อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์ พิจารณาตรวจสอบลักษณะการใช้คำถาม ตัวเลือก ตัวลวง ตลอดจนความถูกต้องด้านภาษา และสอดคล้องกับผลการเรียนรู้ของหน่วยการเรียนรู้บูรณาการ STEM เรื่อง เสียง

3. นำแบบสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ที่ปรับปรุงแก้ไขแล้วให้ผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 5 ท่าน ตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา ความสอดคล้องกับผลการเรียนรู้ ลักษณะของคำถาม ตัวเลือก ตัวลวง ตลอดจนความถูกต้องด้านภาษา แล้วนำมาปรับปรุงตามข้อเสนอแนะ โดยให้ผู้เชี่ยวชาญประเมินความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา ลงในแบบประเมินทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเป็นรายข้อ ซึ่งมีค่าประเมิน 3 ระดับ ดังนี้

+1	หมายถึง	สอดคล้อง
0	หมายถึง	ไม่แน่ใจ
-1	หมายถึง	ไม่สอดคล้อง

แล้วคัดเลือกข้อสอบที่มีค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ตั้งแต่ 0.50 ขึ้นไป ซึ่งหมายถึงข้อสอบมีความสอดคล้อง ผลปรากฏว่าข้อสอบใช้ได้ 36 ข้อ เนื่องจากมีค่า IOC มากว่าหรือเท่ากับ 0.6 จากนั้นนำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่ปรับปรุงแก้ไขแล้วทดลองใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนวชิรธรรมสาธิต ที่ผ่านการเรียนเรื่อง เสียง จำนวน 32 คน ซึ่งมีคุณสมบัติใกล้เคียงกับกลุ่มตัวอย่าง

ตาราง 7 ตารางวิเคราะห์เนื้อหาและพฤติกรรมที่ต้องการวัดของแบบสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์ เรื่อง เสียง ก่อนนำไป Try out

ระดับพฤติกรรม / ผลการเรียนรู้	ความจำ	ความเข้าใจ	การนำไปใช้	การวิเคราะห์	รวม
อธิบายการเกิดเสียงและสมบัติของเสียง ได้แก่ การสะท้อน การหักเห การแทรกสอด และการเลี้ยวเบน	-	1, 2, 3, 6	-	4, 5	6
อธิบายปรากฏการณ์บางอย่างของเสียงและการนำความรู้มาประยุกต์ใช้ประโยชน์ด้านต่าง ๆ	-	7, 20	8, 14, 18	19	6
อธิบายเกี่ยวกับการได้ยินได้แก่ ระดับเสียง ระดับสูงต่ำของเสียง คุณภาพเสียง และผลของมลพิษทางเสียงต่อการได้ยิน	11	-	-	9,10, 12	4
อธิบายความถี่ธรรมชาติและการสั่นพ้องของวัตถุ	13	-	15, 16	17	4
รวม	**2**	**6**	**5**	**7**	**20**

4. นำผลคะแนนที่ได้จากการทดลองใช้แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์มาวิเคราะห์เพื่อหาคุณภาพของแบบทดสอบ โดยคัดเลือกข้อสอบที่มีค่าความยากง่ายอยู่ในช่วง 0.20-0.80 และมีค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.20 ขึ้นไป ผลที่ได้ คือ มีข้อสอบที่ผ่านเกณฑ์ที่กำหนดจำนวน 26 ข้อ โดยมีค่าความยากง่าย (p) อยู่ระหว่าง 0.43-0.75 และค่าอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง 0.21-0.81

5. คัดเลือกข้อสอบที่ได้จากแบบทดสอบ ให้ได้จำนวน 20 ข้อ เพื่อใช้ในการสร้างเป็นแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์สำหรับใช้ในการทดสอบกลุ่มตัวอย่างก่อนเรียนและหลังเรียน ผลปรากฏ

ว่า ได้แบบทดสอบที่มีค่าความยากง่าย (p) อยู่ระหว่าง 0.43-0.75 มีค่าอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง 0.33-0.81 และมีค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบทั้งฉบับ 0.86

แบบทดสอบความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์

1. สร้างแบบทดสอบความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ ผู้วิจัยได้แนวคิดการสร้างแบบทดสอบความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์จาก (ดารารัตน์ ชัยพิลา, 2558, น.139-150) มาประยุกต์ใช้เพื่อสร้างแบบทดสอบความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ โดยกำหนดสถานการณ์ปัญหาที่นักเรียนมีโอกาสพบได้ในชีวิตประจำวัน จำนวน 1 สถานการณ์ ข้อคำถามอยู่ในรูปแบบของแบบทดสอบเขียนตอบแบบบรรยาย จำนวน 6 ข้อ ครอบคลุมองค์ประกอบของการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ 3 ด้าน คือ 1) การระบุปัญหา 2) การหาแนวทางแก้ไขปัญหา 3) การวางแผนการแก้ปัญหา

กำหนดเกณฑ์การให้คะแนนแบบรูบริคให้ครอบคลุมกระบวนการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ ทั้ง 3 ด้าน ดังนี้

1) การระบุปัญหา พิจารณาใน 2 ประเด็นย่อย คือ ค้นหาปัญหา ระบุสาเหตุของปัญหา และการตัดสินใจเลือกปัญหา โดยสามารถนำเสนอในรูปแบบของเกณฑ์การพิจารณาพฤติกรรม ได้ดังนี้

<u>การค้นพบปัญหาและระบุสาเหตุของปัญหา</u>

2 คะแนน	ระบุปัญหาพร้อมระบุสาเหตุของปัญหาตามความเป็นจริงจากสถานการณ์มากกว่า 3 ปัญหาขึ้นไป
1 คะแนน	ระบุปัญหาพร้อมระบุสาเหตุของปัญหาตามความเป็นจริงจากสถานการณ์ 1-3 ปัญหา
0 คะแนน	ไม่มีการระบุปัญหาและไม่ระบุสาเหตุของปัญหาตามความเป็นจริงจากสถานการณ์

<u>การตัดสินใจเลือกปัญหา</u>

2 คะแนน	ตัดสินใจในการเลือกปัญหาได้ พร้อมอธิบายเหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์สนับสนุนได้สมเหตุสมผล
1 คะแนน	ตัดสินใจในการเลือกปัญหาได้ พร้อมอธิบายเหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์สนับสนุนได้ไม่สมเหตุสมผลหรือไม่ใช่เหตุผล

เชิงวิทยาศาสตร์

0 คะแนน ตัดสินใจในการเลือกปัญหาได้ แต่ไม่ได้มีการอธิบายเหตุผลใด ๆ

2) การหาแนวทางแก้ไขปัญหา พิจารณาใน 3 ประเด็นย่อย ได้แก่ ความคิดคล่อง ความคิดยืดหยุ่น และความคิดริเริ่ม โดยสามารถนำเสนอในรูปแบบของเกณฑ์การพิจารณาพฤติกรรม ได้ดังนี้

<u>ความคิดคล่อง</u>

2 คะแนน บอกวิธีแก้ปัญหาที่เป็นไปได้ในทางปฏิบัติได้มากกว่า 3 วิธี

1 คะแนน บอกวิธีแก้ปัญหาที่เป็นไปได้ในทางปฏิบัติได้ 1-3 วิธี

0 คะแนน ไม่บอกวิธีการแก้ปัญหาหรือบอกวิธีแก้ปัญหาที่เป็นไปไม่ได้ในทางปฏิบัติ

<u>ความยืดหยุ่น</u>

2 คะแนน มีประเภทของวิธีการแก้ปัญหาที่เป็นไปได้ในทางปฏิบัติมากกว่า 3 ประเภทขึ้นไป

1 คะแนน มีประเภทของวิธีการแก้ปัญหาที่เป็นไปได้ในทางปฏิบัติ 1 - 3 ประเภท

0 คะแนน ไม่บอกวิธีการแก้ปัญหาหรือบอกวิธีแก้ปัญหาที่เป็นไปไม่ได้ในทางปฏิบัติ

<u>ความคิดริเริ่ม</u>

2 คะแนน บอกวิธีแก้ปัญหาซ้ำกันไม่เกิน 10 คน

1 คะแนน บอกวิธีแก้ปัญหาซ้ำกัน 11 – 20 คน

0 คะแนน บอกวิธีแก้ปัญหาซ้ำกันมากกว่า 20 คนขึ้นไป

3) การวางแผนการแก้ปัญหา พิจารณา 2 ประเด็นย่อย ได้แก่ จำนวนแผนการแก้ปัญหา และตัดสินใจเลือกแผนการแก้ปัญหา โดยสามารถนำเสนอในรูปแบบของเกณฑ์การพิจารณาพฤติกรรม ได้ดังนี้

<u>แผนการแก้ปัญหา</u>

2 คะแนน ออกแบบแผนการแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบและมีขั้นตอนการปฏิบัติย่างชัดเจน สามารถนำไปปฏิบัติได้จริง

1 คะแนน ออกแบบแผนการแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบและมีขั้นตอนการปฏิบัติอย่างชัดเจน แต่ไม่สามารถนำไปปฏิบัติได้จริง

0 คะแนน ออกแบบแผนการแก้ปัญหาไม่เป็นระบบและมีขั้นตอนการปฏิบัติไม่ชัดเจน แต่ไม่สามารถนำไปปฏิบัติได้จริง

<u>การตัดสินใจเลือกแผนการแก้ปัญหา</u>

2 คะแนน ตัดสินใจในการเลือกวิธีการแก้ไขปัญหาได้ และอธิบายด้วยเหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์สนับสนุนด้วยสมเหตุสมผล

1 คะแนน ตัดสินใจในการเลือกวิธีการแก้ไขปัญหาได้ และอธิบายด้วยเหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์สนับสนุนด้วยไม่สมเหตุสมผลหรือไม่ได้

0 คะแนน ตัดสินใจเลือกวิธีการแก้ไขปัญหาได้แต่ไม่สามารถอธิบายเหตุผลได้

2. นำแบบทดสอบความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ 1 สถานการณ์ จำนวน 6 ข้อ ให้อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์ พิจารณาตรวจสอบความเหมาะสมของสถานการณ์ ข้อคำถาม และเกณฑ์การประเมิน แล้วนำมาปรับปรุงตามคำแนะนำ

3. นำแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ที่สร้างให้ผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 5 ท่าน ประเมินเพื่อตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา ลักษณะการใช้คำถาม เกณฑ์การประเมิน ตลอดจนความถูกต้องด้านภาษา โดยใช้ค่าดัชนีความสอดคล้องเป็นเกณฑ์ในการพิจารณา ผลการประเมินพบว่า แบบทดสอบทั้ง 6 ข้อ ได้ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) มากกว่าหรือเท่ากับ 0.6 ซึ่งสูงกว่า 0.5 ซึ่งอยู่ในระดับคุณภาพที่ยอมรับได้ โดยมีข้อแนะนำจากผู้เชี่ยวชาญ ดังนี้ 1) ข้อคำถามควรใช้ภาษาที่ไม่กำกวม 2) เลือกสถานการณ์ที่ใกล้ตัวนักเรียนและเกิดขึ้นจริง

4. ในการประเมินเพื่อหาค่าความเชื่อมั่นของเกณฑ์แบบทดสอบความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์จากผู้ประเมิน 2 คน ผู้วิจัยใช้ค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างผู้ประเมิน (Rater Agreement Index: RAI) ซึ่งเป็นตัวบ่งชี้ถึงระดับความสอดคล้องกันของคะแนนที่ได้จากผู้ประเมิน โดยมีค่า RAI เฉลี่ยรวมของผู้ประเมินทั้ง 2 คน อยู่ที่ 0.83

5. นำแบบทดสอบไปทดลองใช้ (Try out) กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง จำนวน 32 คน จากนั้นผู้วิจัยนำกระดาษคำตอบมาตรวจให้คะแนน เพื่อนำมาวิเคราะห์ความยากง่ายและหาค่าอำนาจจำแนก โดยการวิเคราะห์เป็นรายข้อ ผลวิเคราะห์พบว่ามีค่าความยากง่าย (p) อยู่ระหว่าง 0.61-0.78 และมีค่าอำนาจจำแนก (r) อยู่ระหว่าง 0.21-0.76 มีค่าความเชื่อมั่นทั้งฉบับจากการใช้สมการสัมประสิทธิ์อัลฟ่าของครอนบาค โดยมีเท่ากับ 0.51

ระยะที่ 3 การดำเนินการวิจัย

ประชากรที่ใช้ในการวิจัย

นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนวชิรธรรมสาธิต แขวงบางจาก เขตพระโขนง กรุงเทพมหานคร ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2562 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์ - คณิตศาสตร์ จำนวน 3 ห้องเรียน มีจำนวนทั้งสิ้น 120 คน

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย

กลุ่มตัวอย่างในการวิจัยครั้งนี้เป็นนักเรียนช่วงขั้นที่ 4 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2562 โรงเรียนวชิรธรรมสาธิต แขวงบางจาก เขตพระโขนง กรุงเทพมหานคร ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ห้องที่ 1 จำนวน 39 คน ซึ่งได้มาโดยวิธีการสุ่มแบบกลุ่ม (cluster random sampling)

เนื้อหาวิชาที่ใช้ในการศึกษาค้นคว้า

ในการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ศึกษาเนื้อหาวิชาฟิสิกส์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง เสียง ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 และอ้างอิงจากคำอธิบายรายวิชารวมทั้งผลการเรียนรู้ที่คาดหวังจากสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.)

ระยะเวลาที่ใช้ในการศึกษาค้นคว้า

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยทำการทดลองในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2562 ใช้เวลาในการทดลอง 18 คาบ คาบละ 50 นาที เป็นเวลาทั้งสิ้น 5 สัปดาห์ (ไม่รวมระยะเวลาในการทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน) ดังตาราง 8

ตาราง 8 ระยะเวลาที่ใช้ในการศึกษาค้นคว้า

คาบที่	กิจกรรม	จำนวน (50นาที/คาบ)	หมายเหตุ
	- ทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ เรื่อง เสียง ก่อนเรียน (แบบทดสอบ) - ทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ ก่อนเรียน(แบบทดสอบ)	1 คาบ 1 คาบ	นอกเวลา
1 - 4	มาทำความรู้จักกับเสียง	2 คาบ	
	เสียงวิ่งได้	2 คาบ	
5 - 8	ได้ยินไหม	2 คาบ	
	มลพิษทางเสียง	2 คาบ	
9 - 12	ห้องเก็บเสียง	4 คาบ	
13 - 16	คลื่นนิ่งและบีตส์	2 คาบ	
	การสั่นพ้องของเสียง	2 คาบ	
17 - 18	ดอปเพลอร์และคลื่นกระแทก	2 คาบ	
	- ทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ เรื่อง เสียง หลังเรียน (แบบทดสอบ) - ทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ หลังเรียน(แบบทดสอบ)	1 คาบ 1 คาบ	นอกเวลา

แบบแผนการวิจัย

การศึกษาค้นคว้าครั้งนี้เป็นการวิจัยกึ่งทดลอง (Quasi-experiment research) โดยดำเนินการทดลองตามแบบแผนการวิจัย แบบหนึ่งกลุ่ม มีการสอบก่อนเรียนและหลังการเรียน (One-group pretest-posttest design) มีแบบแผนการทดลอง ดังตาราง 9

ตาราง 9 แบบแผนการวิจัยแบบ One-group Pretest-Posttest design

กลุ่ม	สอบก่อน	ทดลอง	สอบหลัง
E	T_1	X	T_2

สัญลักษณ์ที่ใช้ในแบบแผนการทดลอง

E แทน กลุ่มทดลอง (Experimental group)

T_1 แทน การทดสอบก่อนได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยหน่วยบูรณาการแบบ STEM (Pretest)

T_2 แทน การทดสอบหลังได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยหน่วยบูรณาการแบบ STEM (Posttest)

X แทน การจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้แบบ 5 ขั้น (5E) ด้วยหน่วยการเรียนรู้บูรณาการแบบSTEM เรื่อง เสียง

ขั้นตอนดำเนินการทดลอง

1. ก่อนดำเนินการทดลอง ผู้วิจัยดำเนินการทดสอบก่อนเรียน (Pre-test) กับนักเรียนกลุ่มตัวอย่างเป็นรายบุคคลด้วยแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและแบบทดสอบความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์

2. ดำเนินการจัดการเรียนรู้โดยใช้หน่วยการเรียนรู้บูรณาการแบบ STEM เรื่อง เสียง ผ่านการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้แบบ 5 ขั้น (5E) เป็นเวลา 18 คาบ (คาบละ 50 นาที)

3. เมื่อดำเนินการทดลองเสร็จสิ้น ผู้วิจัยดำเนินการทดสอบหลังเรียน (Post-test) กับนักเรียนกลุ่มตัวอย่างรายบุคคล ด้วยแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและแบบทดสอบความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์

4. ผู้วิจัยเก็บรวบรวมคะแนนแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน คะแนนจากการทำแบบฝึกหัดระหว่างเรียนในแต่ละหน่วยของนักเรียนทุกคน มาวิเคราะห์หาค่าประสิทธิภาพของหน่วยการเรียนรู้ตามเกณฑ์ 80/80

5. นำผลคะแนนของกลุ่มตัวอย่างจากการใช้แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และแบบทดสอบความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ของนักเรียน ในการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติเพื่อทดสอบสมมติฐานต่อไป

ระยะที่ 4 การวิเคราะห์ข้อมูล

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูล โดยใช้สถิติดังนี้

1. สถิติพื้นฐาน ได้แก่

1.1 ค่าเฉลี่ยเลขคณิต (Mean)

1.2 ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation)

2. สถิติที่ใช้ในการหาคุณภาพเครื่องมือ

2.1 หาค่าดัชนีความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน แบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ ใช้วิธีการหาดัชนีความสอดคล้อง (index of item objective congruence : IOC)

2.2 หาค่าความยากหรือดัชนีความยาก (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ เรื่อง เสียง ที่เป็นปรนัย โดยหาได้จากการวิเคราะห์ข้อสอบรายข้อ (Item-Analysis) ใช้เทคนิค 27% ของ จุง เตห์ ฟาน (Chung-Teh fan) และหาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หาโดยวิธีของ Kuder-Richardson method: KR-20

2.3หาค่าความยากหรือดัชนีความยากและค่าอำนาจจำแนกของแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ที่เป็นอัตนัย และหาค่าความเชื่อมั่นของเกณฑ์โดยใช้วิธีสัมประสิทธิ์แอลฟาครอนบราค (Cronbach' s Alpha method) และหาค่าความเชื่อมั่นของเกณฑ์ที่ใช้ตรวจข้อสอบอัตนัยจากผู้ตรวจ 2 คน (Rater Agreement Index, RAI)

3. สถิติเพื่อทดสอบสมมติฐาน ได้แก่

3.1 ทดสอบสมมติฐานข้อ 1 โดยคำนวณหาประสิทธิภาพของหน่วยการเรียนรู้บูรณาการแบบ STEM เรื่อง เสียง ตามเกณฑ์ 80/80 ใช้สูตร E_1/E_2 โดยกำหนดให้

80 ตัวแรก หมายถึง คะแนนจากการทำใบงานและชิ้นงานต่าง ๆ นำมาคำนวณหาค่าเฉลี่ยแล้วคิดเป็นร้อยละ

80 ตัวหลัง หมายถึง คะแนนทดสอบหลังเรียนของนักเรียนทุกคน นำมาคำนวณหาค่าเฉลี่ยแล้วคิดเป็นร้อยละ

3.2 ทดสอบสมมติฐานข้อ 2 และข้อ 4 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ของนักเรียน หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน โดยใช้สถิติ t-test for Dependent Samples ผ่านการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ใน

3.3 ทดสอบสมมติฐานข้อ 3 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนผ่านเกณฑ์ที่กำหนด (ร้อยละ 70) โดยใช้ t-test for One sample ผ่านการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ในการคำนวณ

บทที่ 4
ผลการศึกษา

การนำเสนอผลการศึกษา ผลการใช้หน่วยการเรียนรู้บูรณาการแบบสะเต็ม ในประเด็นดังต่อไปนี้

1. ประสิทธิภาพหน่วยการเรียนรู้บูรณาการแบบ STEM โดยเทียบหาค่าความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพของกระบวนการ E_1 กับประสิทธิภาพของผลลัพธ์ E_2

2. เปรียบเทียบคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนและหลังได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยหน่วยการเรียนรู้บูรณาการแบบ STEM เรื่อง เสียง

3. เปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ ก่อนและหลังได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยหน่วยการเรียนรู้บูรณาการแบบ STEM เรื่อง เสียง

สัญลักษณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

เพื่อให้เกิดความเข้าใจในการแปลความหมายของการวิเคราะห์ข้อมูลจากการทดลอง ผู้วิจัยได้กำหนดสัญลักษณ์ การแปลความหมายในการวิเคราะห์ข้อมูลจากการทดลอง ไว้ดังนี้

E_1	คือ	ประสิทธิภาพของกระบวนการที่จัดไว้ในหน่วยการเรียนรู้บูรณาการแบบ STEM คิดเป็นร้อยละจากการทำกิจกรรมระหว่างเรียน
E_2	คือ	ประสิทธิภาพของผลลัพธ์ (พฤติกรรมนักเรียนหลังจากเรียนรู้ด้วยหน่วยการเรียนรู้บูรณาการแบบ STEM) คิดเป็นร้อยละจากคะแนนวัดผลสัมฤทธิ์หลังเรียน
x	คือ	การจัดการเรียนรู้ด้วยหน่วยบูรณาการแบบ STEM เรื่อง เสียง
n	คือ	จำนวนกลุ่มตัวอย่าง
$\bar{X}$	คือ	ค่าเฉลี่ย
S.D.	คือ	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
p	คือ	ระดับความมีนัยสำคัญทางสถิติ
t	คือ	ค่าสถิติที่ใช้พิจารณาใน t-distribution

ผลการใช้หน่วยการเรียนรู้บูรณาการแบบสะเต็มเรื่อง เสียง

1. เปรียบเทียบประสิทธิภาพหน่วยการเรียนรู้บูรณาการแบบ STEM เรื่อง เสียง โดยวัดจากการเทียบหาค่าความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพของกระบวนการ (E_1) กับประสิทธิภาพของผลลัพธ์ (E_2)

ผู้วิจัยได้ดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูลโดยนำคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนทั้งก่อนเรียนและหลังที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยหน่วยการเรียนรู้บูรณาการแบบ STEM เรื่อง เสียง มาเปรียบเทียบกันโดยใช้สูตร E_1 / E_2 ได้ผลตามตาราง 10

ตาราง 10 เปรียบเทียบประสิทธิภาพของหน่วยการเรียนรู้บูรณาการแบบ STEM เรื่อง เสียง โดยวัดจากการทำกิจกรรมระหว่างเรียนและทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนได้ถึงเกณฑ์มาตรฐาน 80/80

รายการ	n	คะแนนเต็ม	คะแนนเฉลี่ย	ค่าประสิทธิภาพ
ประสิทธิภาพในการจัดกิจกรรมระหว่างเรียน E_1	39	80	66.88	83.60
ประสิทธิภาพในการทำแบบทดสอบหลังเรียน E_2	39	20	16.87	84.35

จากตาราง 10 พบว่าประสิทธิภาพของหน่วยการเรียนรู้บูรณาการแบบ STEM เรื่อง เสียง เท่ากับ 83.60/84.35 ซึ่งพบว่าหน่วยการเรียนรู้บูรณาการแบบ STEM เรื่อง เสียง ได้มาตรฐานตามเกณฑ์มาตรฐาน 80/80 เป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 1

2. เปรียบเทียบคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนและหลังเรียนของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้จากหน่วยการเรียนรู้บูรณาการแบบ STEM เรื่อง เสียง

ผู้วิจัยได้นำคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนทั้งก่อนและหลังที่ได้รับการจัดการเรียนรู้จากหน่วยการเรียนรู้บูรณาการแบบ STEM เรื่อง เสียง มาเปรียบเทียบกันโดยใช้วิธีการทางสถิติ t – test for Dependent Sample ได้ผลตามตาราง 11

ตาราง 11 เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนและหลังเรียนของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้หน่วยการเรียนรู้บูรณาการแบบ STEM เรื่อง เสียง

ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน	*n*	คะแนนเต็ม	ก่อนเรียน		หลังเรียน		*t*	*p*
			$\bar{x}$	*S.D.*	$\bar{x}$	*S.D.*		
1. ความจำ	39	2	*1.26*	*.68*	*1.90*	*.31*	*6.85***	.00
2.ความเข้าใจ	39	6	*1.72*	*.76*	*4.77*	*.87*	*16.97***	.00
3.การนำไปใช้	39	5	*.92*	*.74*	*4.64*	*.49*	*24.58***	.00
4. การวิเคราะห์	39	7	*.87*	*.69*	*5.67*	*.74*	*34.662***	.00
รวม	39	20	4.85	*.81*	16.87	.89	*55.74***	.00

**p<.01

จากตาราง 11 พบว่า นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้จากหน่วยการเรียนรู้บูรณาการแบบ STEM เรื่อง เสียง มีคะแนนเฉลี่ยในภาพรวมหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 เป็นไปตามสมมติฐานข้อ 2

เมื่อแยกประเด็นพฤติกรรมด้านพุทธิพิสัยทั้งหมด 4 ระดับ คือ ความรู้ ความเข้าใจ การนำไปใช้ และการวิเคราะห์ พบว่า

1. คะแนนเฉลี่ยด้านความรู้ของนักเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

2. คะแนนเฉลี่ยด้านความเข้าใจของนักเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

3. คะแนนเฉลี่ยด้านการนำไปใช้ของนักเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

4. คะแนนเฉลี่ยด้านการวิเคราะห์ของนักเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

ตาราง 12 เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังการจัดการเรียนรู้ด้วยหน่วยการเรียนรู้บูรณาการแบบ STEM เรื่อง เสียง ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เทียบกับเกณฑ์ที่กำหนด (ร้อยละ 70)

รายการ	n	คะแนนเต็ม	หลังเรียน		เทียบกับเกณฑ์	t
			$\overline{X}$	S.D.		
ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน	39	20	16.87	0.89	14.00 (ร้อยละ 70)	117.88**

**p<.01

จากตาราง 12 พบว่า นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้จากหน่วยการเรียนรู้บูรณาการแบบ STEM เรื่อง เสียง มีคะแนนเฉลี่ยหลังเรียน ผ่านเกณฑ์กำหนด (ร้อยละ 70) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานข้อ 3

3. วิเคราะห์เปรียบเทียบคะแนนจากแบบทดสอบความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ ก่อนและหลังเรียนของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ จากหน่วยการเรียนรู้บูรณาการแบบ STEM เรื่อง เสียง

ผู้วิจัยได้นำคะแนนจากแบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนทั้งก่อนเรียนและหลังเรียน ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้จากหน่วยการเรียนรู้บูรณาการแบบ STEM เรื่อง เสียง มาเปรียบเทียบกัน ใช้วิธีการทางสถิติ t-test for Dependent Sample ได้ผลดังตาราง 13

ตาราง 13 เปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ ก่อนและหลังที่ได้รับการจัดการเรียนรู้หน่วยการเรียนรู้บูรณาการแบบ STEM เรื่อง เสียง

ความสามารถการในแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์	*n*	คะแนนเต็ม	ก่อนเรียน		หลังเรียน		*t*	*p*
			$\bar{X}$	*S.D.*	$\bar{X}$	*S.D.*		
1. การค้นพบความจริง	39	4	2.23	.43	3.54	.72	10.21**	.00
2. การหาแนวทางการแก้ปัญหา	39	6	2.31	.47	4.79	.95	15.19**	.00
3. การวางแผนการแก้ปัญหา	39	4	2.28	.46	3.87	.52	14.66**	.00
รวม	39	14	6.82	.85	12.20	1.28	26.49**	.00

**p<.01

จากตาราง 13 พบว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยหน่วยการเรียนรู้บูรณาการแบบ STEM เรื่อง เสียง มีคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานข้อ 4

เมื่อแยกประเด็นความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์เป็น 3 ด้าน คือการระบุปัญหา การแสวงหาและคัดสรรทางเลือกในการแก้ปัญหา และการวางแผนปัญหา พบว่า

1. คะแนนเฉลี่ยด้านการระบุปัญหาของนักเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

2. คะแนนเฉลี่ยด้านการหาแนวทางการแก้ปัญหาของนักเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

3. คะแนนเฉลี่ยด้านการวางแผนการแก้ปัญหาของนักเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

บทที่ 5
สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

งานวิจัยนี้มีความมุ่งหมายเพื่อ 1)พัฒนาหน่วยการเรียนรู้บูรณาการแบบ STEM เรื่อง เสียง สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 80/80 2) เพื่อศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนก่อนและหลังได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยหน่วยการเรียนรู้บูรณาการ แบบ STEM เรื่อง เสียง สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 3) เพื่อศึกษาความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ของนักเรียนก่อนและหลังได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยหน่วยการเรียนรู้บูรณาการแบบ STEM เรื่อง เสียง สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยมีสมมติฐานการวิจัย ดังนี้

1) หน่วยการเรียนรู้บูรณาการแบบ STEM มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 80/80

2) นักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยหน่วยการเรียนรู้บูรณาการแบบ STEM เรื่อง เสียง มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน

3) นักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยหน่วยการเรียนรู้บูรณาการแบบ STEM เรื่อง เสียง มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70

4) นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยหน่วยบูรณาการแบบ STEM มีความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน

แบบแผนการวิจัยที่ใช้ในครั้งนี้คือ เป็นการวิจัยกึ่งทดลอง (Quasi-experiment research) โดยใช้แบบแผนการวิจัย แบบหนึ่งกลุ่ม มีการสอบก่อนเรียนและหลังการเรียน (One-group pretest-posttest design) ประชากรเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนวชิรธรรมสาธิต แขวงบางจาก เขตพระโขนง กรุงเทพ ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2562 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ จำนวน 3 ห้องเรียน มีจำนวนนักเรียน 120 คน โดยทำการสุ่มแบบกลุ่ม (cluster random sampling) 1 ห้องเรียน จำนวน 39 คน ใช้เวลา 18 คาบ คาบละ 50 นาที (ไม่รวมเวลาทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน) เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่

1. หน่วยการเรียนรู้บูรณาการแบบ STEM เรื่อง เสียง ประกอบด้วย แผนการจัดการเรียนรู้ทั้งหมด 8 แผน ที่ผ่านการตรวจสอบจากผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน มีค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) มากกว่าหรือเท่ากับ 0.6

2. แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น เป็นแบบปรนัย 4 ตัวเลือก จำนวน 20 ข้อ ที่ผ่านการตรวจสอบจากผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่านมีค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) มากกว่าหรือเท่ากับ 0.6 มีค่าความยากง่าย (p) อยู่ระหว่าง 0.48 – 0.8 ทั้งฉบับโดยเฉลี่ย 0.61 และมีค่าอำนาจจำแนก (r) อยู่ระหว่าง 0.35 – 0.81 ทั้งฉบับเฉลี่ย 0.52 ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ 0.86

3. แบบทดสอบการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นเป็นการวัดจากสถานการณ์ในชีวิตประจำวัน 1 สถานการณ์ 6 ข้อ มีเกณฑ์การให้คะแนนรูบริค แบบทดสอบเป็นข้อสอบเขียนตอบแบบบรรยาย ที่ผ่านการตรวจสอบจากผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่านมีค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) มีค่ามากกว่าหรือเท่ากับ 0.6 มีค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ 0.51

สถิติพื้นฐานที่ใช้ ได้แก่ 1) ค่าเฉลี่ยเลขคณิต (Mean) 2) ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation) สถิติที่ใช้ใน เพื่อทดสอบสมมติฐาน ได้แก่ 1) ทดสอบสมมติฐานข้อ 1 โดยคำนวณหาประสิทธิภาพของหน่วยการเรียนรู้บูรณาการแบบ STEM เรื่อง เสียง ตามเกณฑ์ 80/80 ใช้สูตร E_1/E_2 2) t-test for Dependent Samples เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ของนักเรียนก่อนและหลังได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยหน่วยการเรียนรู้บูรณาการแบบSTEM เรื่อง เสียง 3) t-test for One sample เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ของนักเรียนหลังได้รับการจัดการเรียนรู้เทียบกับเกณฑ์ที่กำหนด

สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาการพัฒนาหน่วยการเรียนรู้บูรณาการแบบ STEM เรื่อง เสียง สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาชั้นปีที่ 5 สรุปผลการศึกษา ได้ดังนี้

1. หน่วยการเรียนรู้บูรณาการแบบ STEM เรื่อง เสียง สำหรับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เท่ากับ 83.60/84.35 เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด

2. นักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยหน่วยการเรียนรู้บูรณาการแบบ STEM มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และผ่านเกณฑ์ที่กำหนด (ร้อยละ 70)

3. นักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยหน่วยการเรียนรู้บูรณาการแบบ STEM มีความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ทั้งภาพรวมและรายด้าน หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน

อภิปรายผลการวิจัย

จากผลการศึกษาการพัฒนาหน่วยการเรียนรู้บูรณาการเรียนรู้แบบสะเต็ม เรื่อง เสียง สามารถอภิปรายผลการวิจัย ได้ดังต่อไปนี้

1. **ผลการพัฒนาหน่วยการเรียนรู้**

หน่วยการเรียนรู้บูรณาการแบบ STEM เรื่อง เสียง สำหรับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ได้ประสิทธิภาพหน่วยการเรียนรู้เท่ากับ 83.60/84.35 เป็นไปตามเกณฑ์ 80/80 อาจเนื่องมาจากสาเหตุ ดังต่อไปนี้

ประการแรก การพัฒนาหน่วยการเรียนรู้ มีการดำเนินการอย่างเป็นขั้นตอน เริ่มจากมีการกำหนดหัวเรื่อง ผู้วิจัยได้เลือกหัวเรื่อง “เสียง” ซึ่งเป็นสิ่งที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวันของทุกคน และเป็นสาระสำคัญที่ผู้วิจัยต้องการให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ สอดคล้องกับ (สำนักวิชาการและมาตรฐานการศึกษา, 2553, น.13) ที่ได้กล่าวว่า การกำหนดหัวเรื่อง ชื่อหน่วยการเรียนรู้เป็นสิ่งที่สำคัญโดยหัวเรื่องต้องสะท้อนให้เห็นถึงสาระสำคัญ หลังจากที่ได้หัวเรื่อง จึงพิจารณาสาระการเรียนรู้และมาตรฐานการเรียนรู้ที่สอดคล้องกับหัวเรื่อง สร้างเป็นแผนผังความคิดแล้วกำหนดผลการเรียนรู้ของหน่วยการเรียนรู้ จากนั้นจึงจัดเรียงลำดับเนื้อหาต่าง ๆ จากง่ายไปยากและครอบคลุมผลการเรียนรู้ทั้งหมด พร้อมกับกำหนดเวลาการจัดการเรียนรู้แต่ละกิจกรรมให้เหมาะสม สุดท้ายจึงนำเนื้อหาที่เกี่ยวข้องไปวางแผนการจัดการเรียนรู้ กำหนดเทคนิควิธีที่จะใช้ในการจัดการเรียนรู้ โดยลักษณะของแผนจะต้องเน้นนักเรียนเป็นสำคัญ ให้นักเรียนมีส่วนร่วมในขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้ ส่งเสริมทักษะ คุณลักษณะอันพึงประสงค์ สมรรถนะ และสามารถนำความรู้ไปสู่ชีวิตจริงได้ สอดคล้องกับแนวทางการออกแบบการจัดการเรียนรู้ของ (สุนีย์ เหมะประสิทธิ์, 2554, น.7-8) มีองค์ประกอบดังนี้ 1) สาระสำคัญของความรู้ 2) ความรู้เดิมที่ต้องมีมาก่อน 3)จุดประสงค์การเรียนรู้ 4) ความสอดคล้องกับตัวชี้วัด 5) คุณลักษณะอันพึงประสงค์ 6) หลักฐานและร่องรอยการเรียนรู้ 7) สื่อและแหล่งการเรียนรู้ 8) กิจกรรมการเรียนรู้ 9) การมอบหมายงาน 10) บันทึกหลังการสอน

ประการที่สอง ในการพัฒนาหน่วยการเรียนรู้ครั้งนี้ผู้วิจัยได้เลือกพัฒนาหน่วยการเรียนรู้บูรณาการแบบ STEM เป็นการบูรณาการแบบสหวิทยาการ (Interdisciplinary) เป็นการจัดการเรียนรู้ที่นักเรียนได้เรียนเนื้อหาและฝึกทักษะอย่างน้อย 2 วิชาร่วมกัน โดยกิจกรรมมีการเชื่อมโยงความสัมพันธ์ของทุกวิชาเพื่อให้นักเรียนได้เห็นความสอดคล้องกัน (ศูนย์สะเต็มศึกษาแห่งชาติ, 2558, น.66) ทำให้นักเรียนได้เรียนรู้หลายวิชาในเวลาที่จำกัด เกิดการเรียนรู้อย่างลึกซึ้ง มองเห็นภาพเป็นองค์รวมและเป็นการเรียนรู้อย่างสมดุล สอดคล้องกับงานวิจัยของ (สุชานาฏ สุวรรณพิบูลย์, 2559, น.82) ที่ได้ทำการพัฒนาหน่วยการเรียนรู้แบบบูรณาการ เรื่องบ้านพักเชิงนิเวศตามแนวทางสะเต็มศึกษาสำหรับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 เป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐาน และ (พรสวัสดิ์ สองแคว, 2559, น.145) ที่ได้ทำการพัฒนาหน่วยการเรียนรู้เรื่อง “รู้รักษ์หิน ถิ่นแม่ฮ่องสอน” ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เพื่อส่งเสริมการเรียนรู้เรื่องวิทยาศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 พบว่า หน่วยการเรียนรู้ เรื่อง “รู้รักษ์หิน ถิ่นแม่ฮ่องสอน” ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เพื่อส่งเสริมการเรียนรู้เรื่องวิทยาศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 มีประสิทธิภาพเป็นไปตามเกณฑ์

2. ผลการใช้หน่วยการเรียนรู้

ผลการใช้หน่วยการเรียนรู้ สามารถแยกอภิปรายเป็นประเด็นต่าง ๆ ดังนี้

2.1 คะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียน หลังการใช้หน่วยการเรียนรู้บูรณาการแบบ STEM เรื่องเสียง สูงกว่าก่อนใช้หน่วยการเรียนรู้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ (ร้อยละ 70) ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้ อาจเนื่องมาจากสาเหตุดังต่อไปนี้

ประการแรก หน่วยการเรียนรู้บูรณาการแบบ STEM ที่ผู้วิจัยได้พัฒนาเป็นการเชื่อมโยงความสัมพันธ์ของ 4 รายวิชา ได้แก่วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ โดยเชื่อมโยงกัน ผ่านหัวข้อ (Theme) ของหน่วยการเรียนรู้บูรณาการแบบ STEM ที่กำหนดไว้ นักเรียนจะได้เรียนรู้ผ่านกิจกรรมที่มีความหลากหลาย เช่น การออกแบบการทดลองต่าง ๆ การสร้างชิ้นงานจากกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม แต่ละกิจกรรมมุ่งเน้นให้นักเรียนระดมความคิด ลงมือปฏิบัติ สร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง และนำความรู้ที่เรียนไปประยุกต์เพื่อแก้ปัญหาที่พบเห็นในชีวิตจริง นักเรียนได้เรียนรู้จากรูปธรรมสู่นามธรรม ส่งผลให้เข้าใจสาระรายวิชาวิทยาศาสตร์มากขึ้น สอดคล้องกับ Henson (2001 อ้างถึงใน กมลฉัตร กล่อมอิ่ม (2562,

น.99) กล่าวว่า การพัฒนาหน่วยการเรียนรู้จะต้องบูรณาการประสบการเรียนรู้กับชีวิตจริง กระบวนการเรียนรู้ และการประเมินเน้นการปฏิบัติเน้นการรับรู้ถึงสังคมและพฤติกรรมทำงานร่วมกัน และสนองความต้องการของนักเรียนแต่ละคนที่มีระดับการเรียนรู้แตกต่างกัน ซึ่งสอดคล้องกับ วศิณีส์ อิศรเสนา ณ อยุธยา (2559, น.20) กล่าวว่า ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบ STEM เป็นการเรียนการสอนที่สร้างองค์ความรู้ให้นักเรียน ช่วยให้นักเรียนเข้าใจสิ่งต่าง ๆ โดยเรียนรู้จากรูปธรรมสู่นามธรรม ลงมือปฏิบัติให้เกิดองค์ความรู้ ผลการศึกษานี้สอดคล้องกับงานวิจัยของ ศิริลักษณ์ ชาวลุ่มบัว (2558, น.148-150) ที่ได้พัฒนาหลักสูตรตามแนวทางสะเต็มศึกษา เรื่อง อ้อย สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 พบว่ามีคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนหลังการใช้หลักสูตรสูงกว่าก่อนการใช้หลักสูตรอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ (ร้อยละ 70) และสุชานาฏ สุวรรณพิบูลย์ (2559, น.84-85) ที่ได้พัฒนาหน่วยการเรียนรู้บูรณาการ เรื่อง บ้านพักเชิงนิเวศ ตามแนวทางสะเต็มศึกษา สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 พบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และนัสรินทร์ บือชา (2558, น.59) ได้จัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา (STEM Education) ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาชีววิทยา หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

ประการที่สอง ในการพัฒนาหน่วยการเรียนรู้ครั้งนี้ มีการนำรูปแบบการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้แบบ 5 ขั้น (5E) เป็นการจัดการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ ขอยกตัวอย่างกิจกรรมเรื่อง เสียงที่มองเห็น (ภาคผนวก ง) เริ่มจากขั้นสร้างความสนใจ เริ่มจากผู้สอนใช้วีดีทัศน์สถานการณ์ในชีวิตประจำวันแล้วตั้งคำถามว่าเสียงเกิดขึ้นได้อย่างไร และลักษณะของคลื่นเสียงมีรูปร่างลักษณะอย่างไร เพื่อให้นักเรียนได้ทบทวนความรู้เดิมและสร้างคำถามให้กับนักเรียนเพื่อให้นักเรียนเกิดความสนใจที่จะเรียนรู้ สู่ขั้นสำรวจตรวจสอบ นักเรียนร่วมกันออกแบบการทดลอง ทำการทดลอง โดยผู้สอนมีหน้าที่เตรียมอุปกรณ์การทดลองให้บางส่วนเท่านั้น นักเรียนแต่ละกลุ่มสามารถเตรียมอุปกรณ์เพิ่มเติมได้อย่างอิสระ แล้วนำแนวคิดที่ได้ผลการทดลองมาแลกเปลี่ยนเรียนรู้ร่วมกันในขั้นอธิบายและลงข้อสรุป โดยผู้สอนจะเป็นคนตั้งคำถามเพื่อให้นักเรียนร่วมกันสรุปเป็นองค์ความรู้ใหม่ จากนั้นผู้สอนนำสถานการณ์ปัญหาเรื่องเสียงที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวันมาตั้งเพื่อให้นักเรียนร่วมกันนำองค์ความรู้มาประยุกต์ใช้ ระบุปัญหาที่เกิดขึ้นจากสถานการณ์เพื่อสร้างความเข้าใจของปัญหา แล้วร่วมกันเลือกวิธีการแก้ปัญหา ทำให้นักเรียนเกิดความรู้ที่

กว้างขึ้น ในขั้นขยายความรู้ และสุดท้ายในขั้นการประเมินผลนักเรียนถูกประเมินผลจากการตอบคำถามในชั้นเรียน การทำกิจกรรม และความถูกต้องของการตอบคำถามในใบกิจกรรม

จากขั้นตอนที่กล่าวมานักเรียนจะได้รู้จักคิดด้วยตนเอง รู้จักค้นคว้าหาเหตุผล สามารถนำองค์ความรู้นั้นมาแก้ปัญหาได้โดยการนำเอาวิธีการต่าง ๆ ของกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ สอดคล้องกับ วราวรรณ แสงอยู่ (2556, น.69-70) ได้ทำการศึกษาผลของการใช้วงจรการเรียนรู้ 5E ร่วมกับเทคนิคการใช้คำถามตามแนวคิดของออสบอร์นที่มีต่อทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น พบว่า นักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่านักเรียนกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และศุจิกา จาตุรนต์พงศา (2552, น. 76-77) ได้ทำการศึกษาผลของการใช้รูปแบบวงจรการเรียนรู้ 5E ร่วมกับสัญศาสตร์ที่มีต่อความเข้าใจศัพท์ชีววิทยาและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย พบว่า นักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนการสอนโดยใช้รูปแบบวงจรการเรียนรู้ 5E ร่วมกับสัญศาสตร์มีคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่านักเรียนที่เรียนด้วยวิธีการสอนแบบทั่วไปอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และสรชา ศักดิ์คำดวง (2559, น.78) ได้ทำการศึกษาการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์และความสามารถในการคิดวิเคราะห์ ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 5 ขั้น (5E) กับการจัดการเรียนรู้แบบดั้งเดิม ผลการศึกษาพบว่า นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 5 ขั้น (5E) มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการคิดวิเคราะห์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ด้วยเหตุนี้จึงส่งผลทำให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนสูงขึ้น

2.2 คะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ก่อนและหลังได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยหน่วยการเรียนรู้บูรณาการแบบ STEM เรื่อง เสียง

จากการเปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยหน่วยการเรียนรู้บูรณาการแบบ STEM เรื่องเสียง พบว่า ความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ของนักเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ซึ่งเป็นไปตาม

สมมติฐานข้อที่ 3 จากผลการวิจัยดังกล่าวอธิบายได้ว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยหน่วยการเรียนรู้ด้วยหน่วยการเรียนรู้บูรณาการแบบ STEM เรื่อง เสียง มีความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์สูงขึ้นทั้งภาพรวมและรายด้าน ทั้งนี้เพราะในหน่วยการเรียนรู้บูรณาการแบบ STEM เรื่อง เสียง มีการใช้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้น (5E) ผนวกกับกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมซึ่งเป็นจุดเด่นของการจัดการเรียนรู้แบบ STEM ประกอบด้วย 5 ขั้นตอน เริ่มจากขั้นระบุปัญหา นักเรียนจะต้องทำความเข้าใจกับสถานการณ์ที่เป็นปัญหาในชีวิตประจำวันและจำเป็นต้องหาวิธีการในการสร้างชิ้นงานเพื่อแก้ปัญหาดังกล่าว จากนั้นนักเรียนต้องรวบรวมแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหาและประเมินความเป็นไปได้ในขั้นการค้นหาแนวคิดที่เกี่ยวข้อง พอได้แนวคิดที่เกี่ยวข้องในการแก้ปัญหานักเรียนจะต้องระดมความคิดวางแผนขั้นตอนการทำงานรวมถึงการออกแบบชิ้นงาน ในเวลาที่ผู้สอนจำกัดไว้ในขั้นการวางแผนและพัฒนา พอนักเรียนสร้างชิ้นงานเรียบร้อย จะต้องมาทดสอบชิ้นงานในขั้นการทดสอบและประเมินผล เมื่อทำการทดสอบแล้วเกิดปัญหา นักเรียนสามารถนำไปแก้ไขชิ้นงานเพื่อให้ชิ้นงานมีประสิทธิภาพมากขึ้น และขั้นตอนสุดท้ายขั้นการนำเสนอผลลัพธ์ หลังจากพัฒนาชิ้นงานเรียบร้อย นักเรียนจะต้องมานำเสนอวิธีการดำเนินการสร้างชิ้นงานและผลการใช้ชิ้นงาน จากขั้นตอนกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ช่วยให้นักเรียนสืบค้นหรือแก้ปัญหาเพื่อหาคำตอบในสิ่งที่อยากรู้ได้อย่างเป็นระบบ และกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมช่วยให้นักเรียนใช้ความรู้วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และคณิตศาสตร์มาบูรณาการรวมกันให้ได้นวัตกรรมที่สร้างสรรค์ขึ้นมา สอดคล้องกับขั้นตอนการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ดังนี้ 1) การค้นพบความจริง นักเรียนจะทราบสถานการณ์และคิดปัญหาที่เกิดขึ้นทั้งหมด แล้วค่อยเลือกประเด็นปัญหาที่จะแก้ 2) การหาแนวทางการแก้ปัญหา นักเรียนจะได้สืบความรู้ที่เกี่ยวข้องกับปัญหาที่เกิดขึ้น 3) การวางแผนการแก้ปัญหา นักเรียนจะได้ร่วมกันวางแผนและออกแบบนวัตกรรมเพื่อแก้ปัญหาจากสถานการณ์ที่กำหนดให้ 4) การค้นหาคำตอบเป็นที่ยอมรับ นักเรียนจะได้ลงมือสร้างนวัตกรรมที่ได้ออกแบบ และทดสอบผลลัพธ์ว่าสามารถแก้ปัญหาได้หรือไม่ หลังจากที่ได้ดำเนินกิจกรรมไปแล้ว ผู้วิจัยทำการสัมภาษณ์นักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมเห็นประโยชน์ ของการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ ดังนี้

“หนูประทับใจกิจกรรมการสร้างกล่องเก็บเสียง เพราะได้นำความรู้ที่ได้เรียนนำมาแก้ปัญหา และได้สร้างสิ่งประดิษฐ์ตามความคิดพวกหนู สนุกดีค่ะ”

นักเรียนคนที่ 1

"ชอบที่ครูนำสถานการณ์ในชีวิตประจำวันที่เชื่อมโยงเนื้อหา แล้วให้แก้ปัญหาอย่างเป็นขั้นตอน โดยไม่ปิดกั้นความคิด"

นักเรียนคนที่ 2

จากที่กล่าวมา การจัดการเรียนรู้แบบ STEM จะช่วยพัฒนาความสามารถการในแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ได้ดี สอดคล้องกับงานวิจัยของ (ดารารัตน์ ชัยพิลา, 2558, น.78) ที่พัฒนารูปแบบการสอนแบบโครงงานตามแนวคิด STEM Education ที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ เรื่องปฏิกิริยาเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 พบว่า ความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ระหว่างเรียนของนักเรียนโดยรวมอยู่ในระดับดี และเมื่อพิจารณาแยกแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้ พบว่านักเรียนมีพัฒนาการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์โดยมีคะแนนเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ ตามลำดับ

ข้อเสนอแนะ

1. **ข้อเสนอแนะในการนำผลวิจัยไปใช้**

1.1 ก่อนนำหน่วยการเรียนรู้ไปใช้ ควรศึกษาในด้านผลการเรียนรู้ ขอบเขตเนื้อหา กิจกรรมการเรียนรู้ การวัดและประเมินผล ก่อนนำหน่วยการเรียนรู้ไปใช้

1.2 การนำหน่วยการเรียนรู้ไปใช้ ควรคำนึงถึงบริบทของโรงเรียน ขอบเขตเนื้อหาของนักเรียน ความพร้อมของสื่อการสอน อุปกรณ์การทดลองและสถานที่ในการทดลองต้องเพียงพอต่อนักเรียน

1.3 ในการจัดการเรียนการสอนตามหน่วยการเรียนรู้ ผู้สอนควรมีความเข้าใจในรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา เนื้อหาฟิสิกส์เพิ่มเติมเรื่อง เสียง เพื่อเป็นผู้ชี้แนะที่ดี สามารถดำเนินกิจกรรมการเรียนรู้ได้อย่างราบรื่น และสามารถพัฒนาต่อยอดให้นักเรียนกำหนดปัญหาที่เกี่ยวข้องตามสถานการณ์ที่กำหนดให้ด้วยตนเอง ช่วยเพิ่มความท้าทายของนักเรียนมากขึ้น

2. **ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป**

2.1 ควรมีการพัฒนาหน่วยการเรียนรู้บูรณาการแบบ STEM โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบอื่น ๆ เช่น การจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐาน ใช้กิจกรรมเป็นฐาน การใช้ปัญหาเป็นฐาน เป็นต้น เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของนักเรียน

2.2 ควรมีการศึกษาผลการใช้หน่วยการเรียนรู้ ในประเด็นอื่น ๆ เช่น ทักษะการเรียนแบบร่วมมือ ทักษะการทำงานเป็นทีม ทักษะการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 เป็นต้น

2.3 ในการสร้างแบบทดสอบความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ ควรสร้างแบบทดสอบในรูปแบบ คู่ขนาน เพื่อไม่ให้นักเรียนเกิดการจำแบบทดสอบก่อนเรียนได้

บรรณานุกรม

Cetinkaya. (2014). The Effect of Gifted Students' Creative Problem Solving Program on Creative Thinking. *scienceDirect,* 116, 3722-3726.

Chitman-Booker, L., และ Kopp, K. (2013). *The 5Es of inquiry-based science*. USA: Shell Education.

Edward, M. R. (2013). *ImplementingScience,Science,Technology,Mathematicsand Engineering (STEM) in Thailand and in ASEAN*: IPTS.

Lee. (2005). Integrating science and mathematics education. *school science and mathematics,* 105(1), 15-24.

Lin, Y. (2015). Design of an assessment system for collaborative problem solving in STEM education. *Computers in Education Journal,* 2(3), 301-322.

Scott. (2012). An Investigation of Science, Technology, Engineering and Mathematics (STEM) Focused High School in the U.S. *Journal of STEM Education,* 13, 30.

Torrance. (1963). *Education and creative potential*. Minneapolis: The lund press.

กมลฉัตร กล่อมอิ่ม. (2562). การพัฒนาหลักสูตรสะเต็มศึกษา. พิษณุโลก: พิษณุโลกดอทคอม.

กรมวิชาการ. (2546). คู่มือการจัดการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์องค์การรับส่งสินค้าและพัสดุภัณฑ์.

กรมสามัญศึกษา. (2543). แนวทางการพัฒนากระบวนการเรียนรู้ตามแนวพระราชบัญญัติการศึกษา 2542. กรุงเทพฯ: หน่วยศึกษานิเทศก์กรมสามัญศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ.

กรรยา จิตฟุ้ง. (2556). การพัฒนาหน่วยการเรียนรู้แบบบูรณาการ เรื่อง การอ่านเขียนเรียนรู้สู่ประชาคมอาเซียนสำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5. ขอนแก่น: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

กระทรวงศึกษาธิการ. (2548a). แนวทางการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการ ตามหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2544. กรุงเทพฯ: คุรุสภาลาดพร้าว.

กระทรวงศึกษาธิการ. (2548b). แนวทางการจัดทำหน่วยการเรียนรู้บูรณาการ ตามหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2544. กรุงเทพฯ: คุรุสภาลาดพร้าว.

กัญญารัตน์ โคจร. (2554). การพัฒนารูปแบบการเรียนรู้การแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์(*CPS learning Model)* เรื่องสารและสมบัติสาร สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1. (ปริญญา

นิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, กรุงเทพฯ.

จารีพร ผลมูล. (2558). การพัฒนาหน่วยการเรียนรู้บูรณาการแบบ *STEAM* สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 กรณีศึกษา ชุมชนวังตะกอ จังหวัดชุมพร. (ปริญญานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, กรุงเทพฯ.

จิระพา สุโขวัฒนกิจ. (2556). ผลของการเรียนการสอนแบบสืบสอบโดยใช้แหล่งเรียนรู้ที่มีผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์และความสามารถในการวิเคราะห์ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย. (ปริญญานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.

จุฬาลักษณ์ ยิ้มดี. (2556). ผลของการเรียนการสอนโดยใช้ขั้นการเรียนรู้แบบอนุมารเบื้องต้นที่มีต่อความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์ ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย. (ปริญญานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.

ชยานันต์ จันดี. (2557). การพัฒนาผลการเรียนรู้ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนวัดหนองแขมสหราษฎร์บูรณะที่จัดการเรียนการสอนแบบวัฏจักรการเรียนรู้ 5E. วารสารวิชาการ *Veridian E-Journal,* 7(3), 203-213.

ชวาล แพรัตกุล. (2552). เทคนิคการวัดผล. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์วิฑูรย์การปก.

ชัยยงค์ พรหมวงศ์. (2556). การทดสอบประสิทธิภาพสื่อหรือชุดการสอน. ศิลปากรศึกษาศาสตร์วิจัย, 5(1), 7-20.

ดวงกมล สินเพ็ง. (2553). การพัฒนาผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง กลุ่มสาระการเรียนรู้สังคมศึกษา ศาสนาและวัฒนธรรม. กรุงเทพฯ: บริษัท วี.พริ้นท์ (1991) จำกัด.

ดารารัตน์ ชัยพิลา. (2558). ผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบโครงงานตามแนวคิด *STEM Education* ที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ปฏิกิริยาเคมี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2. (ปริญญานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยนเรศวร, พิษณุโลก.

ทิศนา แขมมณี. (2553). ศาสตร์การสอน องค์ความรู้เพื่อการจัดกระบวนการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพ. กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ธนพล กลิ่นเมือง. (2550). ผลของการใช้รูปแบบการเรียนกา รสอน 5*Es* ในหน่วยการเรียนรู้วิทยาศาสตร์โดยบูรณาการภูมิปัญญาท้องถิ่นที่มีต่อความสามารถในการทำโครงงานวิทยาศาสตร์และเจตคติต่อภูมิปัญญาท้องถิ่นของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น. (ปริญญานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.

นงนุช เอกตระกูล. (2560). การพัฒนาโปรแกรมเพิ่มพูนประสบการณ์ทางวิทยาศาสตร์ที่ส่งเสริมความสามารถ ในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์และความสุขในการเรียนของนักเรียนชั้นประถมศึกษาตอนปลาย. (ปริญญานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, กรุงเทพฯ.

นัสรินทร์ บือซา. (2558). ผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา (*STEM Education)*ที่มีผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาชีววิทยา ความสามารถในการแก้ปัญหาและความพึงพอใจต่อการเรียนรู้. (ปริญญานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, สงขลา.

นิตยา ภูผาบาง. (2559). การใช้กิจกรรมสะเต็มศึกษา เรื่อง พลาสติกชีวภาพจากแป้งมันสำปะหลัง เพื่อพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่2. ปริญญานิพนธ์ กศ.ม. (การมัธยมศึกษา). (ปริญญานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, กรุงเทพฯ.

นิปัทม์ ทิพยกมลพันธ์. (2558). การศึกษาผลการใช้หน่วยการเรียนรู้ สาระประวัติศาสตร์แบบบูรณาการ เรื่อง “เสรีไทยแพร่” สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6. (ปริญญานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, กรุงเทพฯ.

นิภาพร ภูมิภู. (2558). การพัฒนาแนวคิดของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ระบบประสาทโดยใช้วัฏจักรการเรียนรู้แบบ 5 ขั้น. (ปริญญานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

เบญจมาศ อยู่เป็นแก้ว. (2547). วิจัยทางการศึกษา. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ประสาท เนืองเฉลิม. (2558). การเรียนรู้วิทยาศาสตร์ในศตวรรษที่ 21. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ปิยะมาศ อาจหาญ. (2554). ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์และความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการและการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้. มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, กรุงเทพฯ.

พรทิพย์ ศิริภัทราชัย. (2556, เมษายน-มิถุนายน). STEM Education กับการพัฒนาทักษะในศตวรรษที่ 21. *วารสารนักบริหาร, 33*(2), 49-56.

พรสวัสดิ์ สองแคว. (2559). การพัฒนาหน่วยการเรียนรู้เรื่อง รู้รักษ์หิน ถิ่นแม่ฮ่องสอน ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เพื่อส่งเสริมการรู้เรื่องวิทยาศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6. (ปริญญานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยนเรศวร, พิษณุโลก.

พลศักดิ์ แสงพรมศรี. (2559). การใช้กิจกรรมสะเต็มศึกษา เรื่อง พลาสติกชีวภาพจากแป้งมันสำปะหลังเพื่อพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2. (ปริญญานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยบูรพา, ชลบุรี.

พัชรี บุญโสม. (2555). การพัฒนาหน่วยการเรียนรู้บูรณาการ กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ เรื่อง “ความสัมพันธ์ระหว่างรูปเรขาคณิตสองมิติและสามมิติ” ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1. (ปริญญานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

พิชิต ฤทธิ์จรูญ. (2548). หลักการวัดและประเมินผลการศึกษา (3). กรุงเทพ: เฮาส์ออฟเคอร์ มีสท์.

พิมพันธ์ เดชะคุปต์. (2545). การเรียนการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ. กรุงเทพฯ: สถาบันพัฒนาคุณภาพวิชาการ.

พิมพันธ์ เดชะคุปต์. (2548). วิธีวิทยาการสอนวิทยาศาสตร์ทั่วไป. กรุงเทพ: สถาบันคุณภาพวิชาการ.

พิมพันธ์ เดชะคุปต์, และ พเยาว์ ยินดีสุข. (2555). สอนเขียนแผนบูรณาการบนฐานเด็กเป็นสำคัญ. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

เพชรศิรินทร์ ตุ่นคำ. (2559). การพัฒนาชุดกิจกรรมสะเต็มศึกษาวิชาเคมี เรื่อง สารชีวโมเลกุล: โปรตีนและลิพิดเพื่อส่งเสริมทักษะในศตวรรษที่ 21 ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย. (ปริญญานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, กรุงเทพฯ.

เฟื่องลดา จิตจักร. (2558). ผลการใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน เรื่องปฏิกิริยาเคมี ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ด้วยแบบแผนการทดลองแบบสี่กลุ่มของโซโลมอน. (ปริญญานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, กรุงเทพฯ.

ภัสสร ติดมา. (2558). การพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ เรื่อง ระบบร่างกายมนุษย์ ด้วยระบบการออกแบบเชิงวิศวกรรมตามแนวทางสะเต็มศึกษา ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2. (ปริญญานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยนเรศวร, พิษณุโลก.

วราลี สินธุวา. (2560). การพัฒนาหน่วยการเรียนรู้เรื่อง เทคโนโลยีพันธุศาสตร์ โดยใช้การสืบเสาะบนพื้นฐานการโต้แย้งด้วยเทคนิค *SWH* เพื่อพัฒนามุมมองต่อธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ความสามารถในการโต้แย้งและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6. (Master's thesis). มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, กรุงเทพมหานคร.

วราวรรณ แสงอยู่. (2556). ผลของการใช้วงจรการเรียนรู้ 5*E* ร่วมกับเทคนิคการใช้คำถามตามแนวคิดของออสบอร์นที่มีต่อทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น. (ปริญญานิพนธ์

ปริญญามหาบัณฑิต). จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.

วศิณีส์ อิศรเสนา ณ อยุธยา. (2559). เรื่องน่ารู้เกี่ยวกับ *STEM Education (*สะเต็มศึกษา). กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

วินิตา สร้อยเพชรประภา, และ บำรุง ชำนาญเรือ. (2558). การพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง คำภาษาต่างประเทศในภาษาไทยของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ด้วยวิธีการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับสื่อมัลติมีเดีย. *Veridian E-Journa, Slipakorn University,* 8(3), 359-373.

วิรัตน์ ขันเขต, ศ. ภ., และ กิตติมา พันธ์พฤกษา. (2562). การจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับกลวิธีแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์เชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์เพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4. วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร, 21(4), 286-300.

ศิริชัย กาญจนวาลี. (2552). ทฤษฎีการทดสอบแบบดั้งเดิม (6). กรุงเทพ: สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ศิริลักษณ์ ชาวลุ่มบัว. (2558). การพัฒนาหลักสูตรตามแนวทางสะเต็มศึกษา เรื่อง อ้อย สำหรับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3. (ปริญญานิพนธ์ดุษฎีบัณฑิต). มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, กรุงเทพฯ.

ศุจิกา จาตุรนต์พงศา. (2552). ผลของการใช้รูปแบบวงจรการเรียนรู้ 5*E* ร่วมกับสัญศาสตร์ที่มีต่อความเข้าใจคำศัพท์ชีววิทยาและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย. (ปริญญานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.

ศูนย์สะเต็มศึกษาแห่งชาติ. (2558). คู่มือเครือข่ายสะเต็มศึกษา. สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีกระทรวงศึกษาธิการ: กรุงเทพฯ.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2561). คู่มือการจัดการเรียนรู้ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์. กรุงเทพฯ: สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.

สรชา ศักดิ์คำดวง. (2559). การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์และความสามารถในการคิดวิเคราะห์ ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ 5 ขั้น (5*E)* กับการจัดการเรียนรู้แบบดั้งเดิม. (ปริญญานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, กรุงเทพฯ.

สำนักทดสอบทางการศึกษากรมวิชาการ กระทรวงศึกษาธิการ. (2554). แนวทางการประเมินคุณภาพตามมาตรฐานการศึกษาขั้นพื้นฐานเพื่อประกันคุณภาพภายในสถานศึกษา.

กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์สำนักงานพระพุทธศาสนา

สำนักวิชาการ. (2559). สะเต็มศึกษา. *Academic Focus*.

สำนักวิชาการและมาตรฐานการศึกษา. (2553). แนวทางการจัดการเรียนรู้ ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด.

สิทธิชัย ชมพูพาทย์. (2554). การพัฒนาพฤติกรรมการเรียนการสอนเพื่อการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ของครูและนักเรียนในโรงเรียนส่งเสริมนักเรียนที่มีความสามารถพิเศษทางวิทยาศาสตร์โดยการใช้การวิจัยปฏิบัติการเชิงวิพากษ์. (ปริญญานิพนธ์ปริญญาดุษฎีบัณฑิต). มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, กรุงเทพฯ.

สุชานาฏ สุวรรณพิบูลย์. (2559). การพัฒนาหน่วยการเรียนรู้แบบบูรณาการ เรื่อง บ้านพักเชิงนิเวศตามแนวทางสะเต็มศึกษา สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1. (ปริญญานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, กรุงเทพฯ.

สุนัชชา ศุภธรรมวิทย์. (2556). การพัฒนารูปแบบการใช้ชุดกิจกรรมการเรียนด้วยแท็บเล็ตตามหลักการเรียนรู้โดยใช้สมองเป็นฐานเพื่อส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ของนักเรียนประถมศึกษา. (ปริญญานิพนธ์ปริญญาดุษฎีบัณฑิต). จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.

สุนีย์ คล้ายนิล. (2555). การศึกษาวิทยาศาสตร์ไทย: การพัฒนาและภาวะถดถอย. กรุงเทพฯ: สสวท.

สุนีย์ เหมะประสิทธิ์. (2542). เอกสารฝึกอบรม ทักษะ เทคนิค กระบวนการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์. กรุงเทพฯ: ภาคหลักสูตรและการสอนคณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร.

สุนีย์ เหมะประสิทธิ์. (2543). เอกสารคำสอนวิชา ปถ421 วิทยาศาสตร์สำหรับครูประถม. มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ: ภาควิชาหลักสูตรและการสอน คณะศึกษาศาสตร์.

สุนีย์ เหมะประสิทธิ์. (2554). ตัวอย่างหน่วยการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ ตามหลักสูตรขั้นพื้นฐานโดยใช้กระบวนการเรียนรู้สู่การบูรณาการ. ราชบุรี: ธรรมรักษ์การพิมพ์.

สุพีรา ดาวเรือง. (2554). การพัฒนารูปแบบการเรียนแบบผสมผสานโดยใช้การเรียนรู้แบบกิจกรรมเป็นฐานและเทคนิคเพื่อนคู่คิดบนวิกิเพื่อส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3. (ปริญญานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.

สุภัทราภรณ์ เบ็ญจวรรณ์. (2554). การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์และความสามารถ

ในการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้รูปแบบซิปปา และการจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐาน. (ปริญญานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, กรุงเทพฯ.

สุรศักดิ์ แซ่เตียว. (2549). การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถด้านการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่เรียนด้วยชุดกิจกรรมฟิสิกส์ *PDCA*. (ปริญญานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, กรุงเทพฯ.

สุวิทย์ มูลคำ, และ อรทัย มูลคำ. (2543). การเรียนรู้สู่ครูมืออาชีพ. กรุงเทพฯ: ที.พี.พริ้น์ จำกัด.

อทิติย์ ชูตระกูลวงศ์. (2556). ผลของการเรียนการสอนแบบสืบสอบโดยใช้คำถามตามการจำแนกประเภทวัตถุประสงค์ทางการศึกษาของบลูมที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์และทักษะกระบวนการทาวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสานของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย. (ปริญญานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.

อาทิตยา พูนเรือง. (2559). การพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง เอนไซม์ โดยใช้การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา. (ปริญญานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, กรุงเทพฯ.

อารีย์ พันธ์มณี. (2545). ฝึกคิดให้เป็น คิดให้สร้างสรรค์. กรุงเทพ: ใยไหม.

อารีย์ รังสินันท์. (2532). ความคิดสร้างสรรค์. กรุงเทพ: ข้าวฟ่าง.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

รายนามผู้เชี่ยวชาญตรวจเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

รายชื่อผู้เชี่ยวชาญ

1. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. อนุศิษย์ ทองนำ

   ภาควิชาฟิสิกส์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

2. อาจารย์โอภาส สุขหวาน

   ภาควิชาอุตสาหกรรมศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

3. อาจารย์เพ็ญจันทร์ นาคะรังสี

   ครูชำนาญการพิเศษ (คศ.3) สอนรายวิชาฟิสิกส์ ระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย โรงเรียนฤทธิยะวรรณาลัย กรุงเทพมหานคร

4. อาจารย์อัษฎายุธ จินผล

   ครูชำนาญการพิเศษ (คศ.3) สอนรายวิชาฟิสิกส์ ระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย โรงเรียนนวมินทราชินูทิศ เตรียมอุดมศึกษาพัฒนาการ กรุงเทพมหานคร

5. อาจารย์ไพฑูรย์ ธิราพืช

   ข้าราชการบำนาญ อดีตครูชำนาญการพิเศษ (คศ.3) สอนรายวิชาฟิสิกส์ ระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย โรงเรียนท่าเรือนิตยานุกูล จังหวัดนครศรีอยุธยา

ภาคผนวก ข

ตัวอย่างเครื่องมือการวิจัย

- แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ เรื่อง เสียง
- แบบทดสอบความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์

แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์เรื่อง เสียง

คำชี้แจง

1. ข้อสอบแบบปรนัยจำนวน 20 ข้อ ใช้เวลา 50 นาที
2. เขียนชื่อ - นามสกุล ชั้น เลขที่ วันที่สอบ ด้วยปากกาลงในกระดาษคำตอบ
3. ให้เลือกคำตอบที่ถูกต้องเพียงคำตอบเดียว
4. หากต้องการเปลี่ยนตัวเลือกใหม่ ต้องลบคำตอบเดิมให้สะอาดแล้วจึงเลือกตัวใหม่

****

1. ข้อใดอธิบายลักษณะการคลื่อนที่ของคลื่นเสียงได้ถูกต้อง (ความเข้าใจ)

1) อนุภาคตัวกลางสั่นในแนวเดียวกับการเคลื่อนที่ของคลื่นเสียง

2) เมื่อแหล่งกำเนิดเสียงสั่นทำให้เกิดการอัดตัวและขยายตัวของโมเลกุลอากาศ

3) คลื่นเสียงแพร่กระจายโดยการสั่นอนุภาคตัวกลางในแนวตั้งฉากกับทิศที่คลื่นเสียงเคลื่อนที่

4) เมื่อคลื่นเสียงกระจายออกไปทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงความดันจึงเกิดเสียงขึ้น

ข้อใดถูกต้อง

ก. 1) และ 3)　　ข. 1), 2) และ 3)

ค. 2), 3) และ 4)　　ง. ถูกทุกข้อ

2. เมื่อเสียงเคลื่อนที่ผ่านอากาศ ข้อใดต่อไปนี้ถูกต้อง (ความเข้าใจ)

ก. ตำแหน่งในอากาศที่มีการกระจัดเท่ากับศูนย์ จะมีความดันต่ำกว่าปกติ

ข. ตำแหน่งในอากาศที่มีการกระจัดเท่ากับศูนย์ จะมีความดันสูงกว่าปกติ

ค. กราฟของการกระจัดของโมเลกุลอากาศมีเฟสต่างกับกราฟของความดันอากาศเท่ากับ 90 องศา

ง. ตำแหน่งในอากาศที่มีความดันสูงกว่าปกติกับตำแหน่งที่มีความดันต่ำกว่าปกติ และเป็นตำแหน่งที่อยู่ติดกัน จะอยู่ห่างกันเท่ากับความยาวคลื่นของเสียง

3. ถ้าอุณหภูมิของอากาศเปลี่ยนจะมีผลทำให้ปริมาณใดของเสียงเปลี่ยนแปลงบ้าง (ความเข้าใจ)

1) ความถี่ 2) ความยาวคลื่น

3) อัตราเร็วคลื่น 4) ดัชนีหักเหของตัวกลางใด ๆเทียบกับอากาศ

คำตอบที่ถูกต้องคือ

ก. 2) และ 3) ข. 1), 2) และ 3)

ค. 2), 3) และ 4) ง. ถูกทุกข้อ

4. คนงานซ่อมรางรถไฟ ซึ่งกำลังซ่อมอยู่ ณ ที่แห่งหนึ่ง ผู้ฟังจะได้ยินเสียงเคาะราง 2 ครั้ง เวลาต่างกัน 3 วินาที ถ้าอัตราเร็วของเสียงในอากาศเท่ากับ 331 เมตร/วินาที ในเหล็กเท่ากับ 5,103 เมตร/วินาที จงหาว่าคนงานที่ซ่อมทางอยู่ห่างจากผู้ฟังเท่าใด (วิเคราะห์)

ก. 500 เมตร ข. 768 เมตร

ค. 1,062 เมตร ง. 1,580 เมตร

5. ข้อใดถูกต้องสำหรับการเคลื่อนที่ของเสียง (วิเคราะห์)

ก. ถ้าอุณหภูมิของอากาศเป็น 0 องศาเซลเซียส อัตราเร็วของเสียงเป็น 0

ข. ในชั้นบรรยากาศของโลกยิ่งสูงจากผิวโลกอัตราเร็วของเสียงจะยิ่งเร็วขึ้น

ค. ทุก ๆ 1 องศาเซลเซียสของอุณหภูมิของอากาศที่เพิ่มขึ้นจะทำให้อัตราเร็วของเสียงเพิ่มขึ้น 331 เมตร/วินาที

ง. ถ้าเขียนกราฟระหว่างอัตราเร็วของเสียงกับอุณหภูมิอากาศ (องศาเซลเซียส) เส้นกราฟจะตัดแกนอัตราเร็วที่ 331 เมตร/วินาที

6. เสียงดนตรีจากอีกห้องหนึ่งโดยไม่เปิดประตู ทำให้คนอื่นในอีกห้อง การที่ได้ยินหนึ่งได้ยินเสียงพูด เป็นปรากฏการณ์ของสมบัติเสียงตามข้อใด (ความเข้าใจ)

ก. การสะท้อน ข. การหักเห

ค. การแทรกสอด ง. การเลี้ยวเบน

7. วัสดุลักษณะใดที่สามารถใช้ในลดการสะท้อนของเสียงและดูดซับเสียงได้ดีที่สุด (การนำไปใช้)

ก. ลักษณะผิวเรียบ เนื้อแข็ง ไม่เป็นรู เป็นประเภทโลหะ

ข. ลักษณะผิวเรียบ เนื้อนิ่ม ไม่เป็นรูพรุน

ค. ลักษณะผิวขรุขระ เนื้อแข็ง ไม่เป็นรูพรุน

ง. ลักษณะผิวขรุขระ เนื้อนิ่ม เป็นรูพรุน

8. ข้อใดไม่ใช่วิธีการทำห้องเก็บเสียงอย่างง่าย (การนำไปใช้)

ก. ติดตั้งผ้าม่าน หรือผ้าห่มหนาๆที่ผนัง

ข. ติดตั้งวัสดุกั้นเสียงมาติดที่ผนังหรือนำชั้นหนังสือมาวางไว้ชิดที่ผนังห้อง

ค. ทำภายในห้องให้โล่ง มีเฟอร์นิเจอร์น้อยๆ

ง. นำแผ่นยางมาปิดช่องว่างใต้ประตูหรือหน้าต่างภายในห้องให้เรียบร้อย

9. แหล่งกำเนิดเสียงให้เสียงด้วยความถี่และกำลังเสียงคงที่ ถ้าเราวิ่งเข้าหาแหล่งกำเนิดเสียงนี้ จะได้ยินเสียงที่ (วิเคราะห์)

ก. มีระดับความเข้มเสียงคงเดิม มีระดับเสียงคงเดิม

ข. มีระดับความเข้มเสียงคงเดิม มีระดับเสียงเพิ่มขึ้น

ค. มีระดับความเข้มเสียงเพิ่มขึ้น มีระดับเสียงคงเดิม

ง. มีระดับความเข้มเสียงเพิ่มขึ้น มีระดับเสียงเพิ่มขึ้น

10. แหล่งกำเนิดมีกำลัง 6×10^{-2} W อยู่ห่างผู้ฟัง $100/\sqrt{\pi}$ m ปรากฏว่าได้ยินเสียงระดับความเข้ม 60 dB ทั้งนี้เป็นผลมาจากมีผนังห้องระหว่างแหล่งกำเนิดเสียงกับผู้ฟัง จงหาว่าผนังห้องดูดกลืนเสียงทำให้ระดับความเข้มเสียงลดร้อยละเท่าใด (วิเคราะห์)

ก. 26.5 ข. 33.33 ค. 40 ง. 66.67

11. กลุ่มอาชีพใดไม่เสี่ยงที่จะได้รับมลภาวะของเสียงนาน ๆ (ความจำ)

ก. พนักงานในโรงงานอุตสาหกรรม

ข. คนงานคุมเครื่องจักรกลก่อสร้าง

ค. พนักงานควบคุม หรือให้สัญญาณลานบิน

ง. พนักงานต้อนรับโรงแรม

12. ชายคนหนึ่งยืนอยู่ริมคลองแสนแสบ ห่างจากเรือผู้โดยสาร 50 เมตร ได้ยินเสียงเรือผู้โดยสารมีความเข้ม 0.4 วัตต์/ตารางเมตร ถ้าเรือผู้โดยสารแล่นตลอดวัน โดยคนขับเรือนั่งห่างจากเครื่อง 1 เมตร เขาจะได้รับอันตรายจากระดับความเข้มเสียงหรือไม่ เท่าไหร่ (วิเคราะห์)

ก. ระดับความเข้มเสียง 60 เดซิเบล ไม่เป็นอันตราย

ข. ระดับความเข้มเสียง 80 เดซิเบล ไม่เป็นอันตราย

ค. ระดับความเข้มเสียง 90 เดซิเบล เป็นอันตราย

ง. ระดับความเข้มเสียง 150 เดซิเบล เป็นอันตราย

13. บีตส์ของเสียงดนตรีเกิดจากปรากฏการณ์ข้อใด (ความจำ)

ก. เรโซแนนซ์ ข. การเปลี่ยนระดับเสียง

ค. การแทรกสอดของคลื่น ง. การเปลี่ยนแปลงความเร็วคลื่น

14. ถ้านักเรียนต้องการทดลองการเกิดบีตส์ นักเรียนต้องใช้อุปกรณ์ใดเป็นอย่างน้อย (การนำไปใช้)

ก. เครื่องกำเนิดสัญญาณเสียง 2 เครื่อง ลำโพง 2 ตัว

ข. เครื่องกำเนิดสัญญาณเสียง 2 เครื่อง ลำโพง 1 ตัว

ค. เครื่องกำเนิดสัญญาณเสียง 1 เครื่อง ลำโพง 2 ตัว

ง. เครื่องกำเนิดสัญญาณเสียง 1 เครื่อง ลำโพง 1 ตัว

15. ในการทดลองการสั่นพ้องของเสียง ขณะเกิดการสั่นพ้องของเสียงครั้งแรก ลูกสูบอยู่ห่างจากปากหลอดเรโซแนนซ์ 20 เซนติเมตร เมื่อเกิดการสั่นพ้องครั้งต่อไป ลูกสูบจะอยู่ห่างจากปากหลอดเท่าใด (นำไปใช้)

ก. 30 เซนติเมตร
ข. 40 เซนติเมตร
ค. 60 เซนติเมตร
ง. 100 เซนติเมตร

16. ท่อปลายเปิดทั้งสองด้านทำให้ลำอากาศในหลอดมีความถี่มูลฐาน (fuandamental frequency) เป็น 5,000 เมตร ท่อนี้ยาวประมาณกี่เซนติเมตร ถ้าอุณหภูมิอากาศในขณะนั้น 15 องศาเซลเซียส (นำไปใช้)

ก. 1 เซนติเมตร
ข. 3 เซนติเมตร
ค. 5 เซนติเมตร
ง. 7 เซนติเมตร

17. ในการทดลองการสั่นพ้องของเสียงเมื่อนำมือถือเปิดแหล่งกำเนิดเสียงความถี่ 1000 Hz จ่อไว้ที่ปลายหลอดเรโซแนนซ์จะได้ตำแหน่งเสียงดัง 2 ครั้งติดต่อกันมีระยะห่างระหว่างลูกสูบ 17 cm เมื่อปรับค่าความถี่ใหม่แล้วนำมาจ่อ พบว่าตำแหน่งที่เกิดการสั่นพ้อง 2 ครั้งติดต่อกันเป็น 15 cm ข้อใดถูกต้อง (วิเคราะห์)

ก. ในขณะที่ทำการทดลองอุณหภูมิภายในท่อเป็น 20 องศาเซลเซียส
ข. ความเร็วเสียงในขณะนั้นเป็น 340 เมตร/วินาที
ค. แหล่งกำเนิดเสียงใหม่มีความถี่ 800 เฮิรตซ์
ง. ถ้าใช้ความถี่ใหม่เป็น 1,200 เฮิรตซ์ ระยะที่มีเสียงดัง 2 ครั้งติดต่อกันจะเป็น 16 cm

18. รถยนต์คันหนึ่งแล่นด้วยความเร็ว 25 เมตร/วินาที คนขับบีบแตรด้วยความถี่ 320 Hz ผู้ฟังที่อยู่บนถนนด้านหน้ารถจะได้ยินเสียงด้วยความถี่เท่าใด กำหนดให้อัตราเร็วเสียง 340 เมตร/วินาที (นำไปใช้)

ก. 296 Hz ข. 298 Hz ค. 335 Hz ง. 345 Hz

19. ถ้าทิ้งระเบิดจากเครื่องบินซึ่งบินด้วยความเร็ว 360 เมตร/วินาที นักบินจะ (กำหนดให้อัตราเร็วเสียงในอากาศเท่ากับ 340 เมตร/วินาที) (วิเคราะห์)

ก. ได้ยินเสียงระเบิดก่อนเห็นแสง

ข. ไม่ได้ยินเสียงระเบิด

ค. ได้ยินเสียงระเบิดระดับเสียงต่ำกว่าคนที่อยู่บนพื้นได้ยิน

ง. เห็นแสงก่อน แล้วจึงได้ยินเสียงระเบิด

20. ในเรื่องของปรากฏการณ์ดอปเพลอร์ ข้อใดต่อไปนี้ไม่ถูกต้อง (เข้าใจ)

ก. ถ้าต้นกำเนิดคลื่นเคลื่อนเข้าหาผู้สังเกตที่อยู่นิ่ง คลื่นที่ผู้สังเกตได้รับความยาวคลื่นสั้นกว่าเมื่อเทียบกับกรณีที่ต้นกำเนิดไม่เคลื่อนที่

ข. ถ้าต้นกำเนิดคลื่นเคลื่อนเข้าหาผู้สังเกตที่อยู่นิ่ง คลื่นที่ผู้สังเกตได้รับความยาวคลื่นยาวกว่าเมื่อเทียบกับกรณีที่ต้นกำเนิดไม่เคลื่อนที่

ค. ถ้าผู้สังเกตเคลื่อนเข้าหาต้นกำเนิดคลื่นที่อยู่นิ่ง คลื่นที่ผู้สังเกตได้รับความยาวคลื่นสั้นกว่าเมื่อเทียบกับกรณีที่ผู้สังเกตไม่เคลื่อนที่

ง. ถ้าผู้สังเกตเคลื่อนที่ด้วยความเร็ว v เข้าหาต้นกำเนิดคลื่นที่อยู่นิ่ง เทียบกับกรณีที่ต้นกำเนิดเคลื่อนที่ด้วยความเร็ว v เดียวกันเข้าหาผู้สังเกตที่อยู่นิ่ง คลื่นที่ผู้สังเกตได้รับในแต่ละกรณีจะมีความถี่ไม่เท่ากัน

เฉลยแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์วิชาฟิสิกส์

เรื่อง เสียง

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

แบบทดสอบความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์

ชี้แจงแถลงไข

1. แบบทดสอบนี้เป็นแบบทดสอบวัดความสารถการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ของนักเรียนมีลักษณะเป็นคำถามเป็นสถานการณ์ให้นักเรียนอธิบาย

2. แบบทดสอบนี้ประกอบด้วยสถานการณ์ซึ่งประกอบด้วยคำถามจำนวน 3 ข้อ ใช้เวลา 50 นาที

3. ตอบคำถามด้วยความรู้ที่ตนเองมีอยู่ ให้มีความหลากหลายและแตกต่าง เน้นแนวคิดและอธิบาย มีเหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ในการตัดสินใจ

สถานการณ์ปัญหา เสียงกับมนุษย์

ดูเหมือนว่าเสียงรบกวนจากนอกบ้าน จะเป็นปัญหาหนึ่งที่คู่กับบ้านในสมัยนี้ไปเสียแล้ว โดยเฉพาะบ้านที่มีพื้นที่ขนาดเล็กที่ตั้งอยู่ในแหล่งชุมชนและเช่าอพาร์ทเม้นท์ คอนโด หรือหอที่ต้องใช้ผนังบ้านร่วมกับคนอื่น จนทำให้การออกแบบหรือวางตำแหน่งห้องเพื่อบล็อกเสียงทำได้ค่อนข้างลำบาก จึงมักจะเจอปัญหาเสียงดังรบกวนจากนอกบ้านหรือเพื่อนบ้านข้างห้อง และก่อให้เกิดปัญหาหลายอย่างตามมา ทั้งการนอนไม่หลับเพราะเสียงดังรบกวน ไม่มีสมาธิอ่านหนังสือและทำงาน และที่ยิ่งร้ายแรงไปกว่านั้นคือเกิดปัญหากับระบบประสาทการได้ยิน

ข้อที่ 1 เจ้าหนูยอดนักสืบ

1.1 จากสถานการณ์ที่เกิดขึ้น นักเรียนค้นพบประเด็นปัญหาใดบ้าง พร้อมทั้งระบุสาเหตุให้มากที่สุด

ที่	ปัญหา	สาเหตุของปัญหา

1.2 จากสถานการณ์ที่เกิดขึ้น นักเรียนคิดว่าปัญหาใดควรได้รับการแก้ไขเป็นอันดับแรก

คำตอบ

เพราะเหตุใด ⇨

คำตอบ

ข้อที่ 2 เจ้าหนูยอดนักคิด

2.1 ให้นักเรียนนำเสนอแนวทางแก้ไขปัญหาที่นักเรียนเลือกจากข้อที่ 1.2 ให้มากที่สุด

ปัญหาที่ควรได้รับการแก้ไข

คำตอบ

ที่	**วิธีการแก้ไขปัญหา**

2.2 จากวิธีการแก้ไขปัญหาที่นักเรียนคิดขึ้นมา ให้นักเรียนเลือกวิธีการแก้ไขปัญหาที่ดีที่สุด เพราะเหตุใด เพื่อไปวางแผนการแก้ปัญหาต่อไป

วิธีการแก้ปัญหาจากสถานการณ์ที่ดีที่สุด

คำตอบ

เพราะเหตุใด ⇨

คำตอบ

ข้อที่ 3 เจ้าหนูยอดนักวางแผน

3.1 ให้นักเรียนวางแผนการแก้ปัญหาวิธีที่ดีที่สุดจากสถานการณ์ที่กำหนดให้

วิธีการแก้ปัญหาจากสถานการณ์ที่ดีที่สุด

คำตอบ

การวางแผนการแก้ไขปัญหา

.....

.....

.....

.....

.....

.....

3.2 เพราะเหตุใดนักเรียนจึงเลือกแผนการแก้ปัญหาวิธีนี้

คำตอบ

เกณฑ์พิจารณาคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์

ประเด็นพิจารณา	2 คะแนน	1 คะแนน	0 คะแนน
ข้อที่ 1 การค้นพบความจริง			
1.1 การค้นพบปัญหาและระบุสาเหตุของปัญหา	ระบุปัญหาพร้อมระบุสาเหตุของปัญหาตามความเป็นจริงจากสถานการณ์มากกว่า 3 ปัญหาขึ้นไป	ระบุปัญหาพร้อมระบุสาเหตุของปัญหาตามความเป็นจริงจากสถานการณ์ 1-3 ปัญหา	ไม่มีการระบุปัญหาและไม่ระบุสาเหตุของปัญหาตามความเป็นจริงจากสถานการณ์
1.2 การตัดสินใจเลือกปัญหา	ตัดสินใจในการเลือกปัญหาได้ พร้อมอธิบายเหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์สนับสนุนได้สมเหตุสมผล	ตัดสินใจในการเลือกปัญหาได้ พร้อมอธิบายเหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์สนับสนุนได้ไม่สมเหตุสมผลหรือไม่ใช่เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์	ตัดสินใจในการเลือกปัญหาได้ แต่ไม่ได้มีการอธิบายเหตุผลใด
ข้อที่ 2 การหาแนวทางการแก้ปัญหา			
2.1 ความคิดคล่อง	บอกวิธีแก้ปัญหาที่เป็นไปได้ในทางปฏิบัติได้มากกว่า 3 วิธี	บอกวิธีแก้ปัญหาที่เป็นไปได้ในทางปฏิบัติได้ 1-3 วิธี	ไม่บอกวิธีการแก้ปัญหาหรือบอกวิธีแก้ปัญหาที่เป็นไปไม่ได้ในทางปฏิบัติ
2.2 ความยืดหยุ่น	มีประเภทของวิธีการแก้ปัญหาที่เป็นไปได้ในทางปฏิบัติมากกว่า 3 ประเภทขึ้นไป	มีประเภทของวิธีการแก้ปัญหาที่เป็นไปได้ในทางปฏิบัติ 1-3 ประเภท	ไม่บอกวิธีการแก้ปัญหาหรือบอกวิธีแก้ปัญหาที่เป็นไปไม่ได้ในทางปฏิบัติ
2.3 ความคิดริเริ่ม	บอกวิธีแก้ปัญหาซ้ำกันไม่เกิน 10 คน	บอกวิธีแก้ปัญหาซ้ำกัน 11–20 คน	บอกวิธีแก้ปัญหาซ้ำกันมากกว่า 20 คนขึ้นไป

ประเด็นพิจารณา	2 คะแนน	1 คะแนน	0 คะแนน
ข้อที่ 3 การวางแผนแก้ปัญหา			
3.1 แผนการแก้ปัญหา	ออกแบบแผนการแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบและมีขั้นตอนการปฏิบัติย่างชัดเจน สามารถนำไปปฏิบัติได้จริง	ออกแบบแผนการแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบและมีขั้นตอนการปฏิบัติอย่างชัดเจน แต่ไม่สามารถนำไปปฏิบัติได้จริง	ออกแบบแผนการแก้ปัญหาไม่เป็นระบบและมีขั้นตอนการปฏิบัติไม่ชัดเจน แต่ไม่สามารถนำไปปฏิบัติได้จริง
3.2 การตัดสินใจเลือกแผนการแก้ปัญหา	ตัดสินใจในการเลือกวิธีการแก้ไขปัญหาได้และอธิบายเหตุผลด้วยเชิงวิทยาศาสตร์สนับสนุนด้วยสมเหตุสมผล	ตัดสินใจในการเลือกวิธีการแก้ไขปัญหาได้และอธิบายเหตุผลด้วยเชิงวิทยาศาสตร์สนับสนุนด้วยไม่สมเหตุสมผลหรือไม่ได้อธิบายด้วยเหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์	ตัดสินใจเลือกวิธีการแก้ไขปัญหาได้แต่ไม่สามารถอธิบายเหตุผลได้

ภาคผนวก ค

- ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของหน่วยการเรียนรู้บูรณาการแบบสะเต็มเรื่อง เสียง

- ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์

- ผลการวิเคราะห์ค่าความยากง่าย (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์เรื่อง เสียง

- ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์

ตาราง 14 ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของหน่วยการเรียนรู้บูรณาการแบบสะเต็มเรื่อง เสียง

ข้อ	รายการพิจารณา	ความคิดเห็นผู้เชี่ยวชาญ			IOC	แปล
		1	0	-1		
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1						
ความสอดคล้องและองค์ประกอบของแผน						
1	แผนการจัดการเรียนรู้สอดคล้องสัมพันธ์กับหน่วยการเรียนรู้	5	0	0	1	**ใช้ได้**
2	เนื้อหาสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	4	1	0	0.8	**ใช้ได้**
3	กิจกรรมการเรียนรู้มีความเหมาะสมกับเนื้อหา	5	0	0	1	**ใช้ได้**
4	สื่อการเรียนรู้สอดคล้องกับเนื้อหา	5	0	0	1	**ใช้ได้**
5	สื่อการเรียนรู้สอดคล้องกับกิจกรรมการเรียนรู้	5	0	0	1	**ใช้ได้**
6	การวัดและประเมินผลสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	5	0	0	1	**ใช้ได้**
7	การวัดและประเมินผลสอดคล้องกับกิจกรรมการเรียนรู้	5	0	0	1	**ใช้ได้**
ด้านกระบวนการจัดการเรียนรู้						
8	กิจกรรมการเรียนรู้อ่านแล้วเข้าใจง่ายสามารถจัดกิจกรรมได้ตามแผน	5	0	0	1	**ใช้ได้**
9	กิจกรรมการเรียนรู้เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ	5	0	0	1	**ใช้ได้**
10	กิจกรรมการเรียนรู้เหมาะสมกับเวลาที่กำหนด	4	1	0	0.8	**ใช้ได้**
11	กิจกรรมมีการบูรณาการเนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และวิศวกรรมศาสตร์	**4**	**1**	**0**	**0.8**	**ใช้ได้**

ตารางที่ 14 (ต่อ)

ข้อ	รายการพิจารณา	ความคิดเห็นผู้เชี่ยวชาญ			IOC	แปล
		1	0	-1		
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2						
ความสอดคล้องและองค์ประกอบของแผน						
1	แผนการจัดการเรียนรู้สอดคล้องสัมพันธ์กับหน่วยการเรียนรู้	5	0	0	1	**ใช้ได้**
2	เนื้อหาสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	5	0	0	1	**ใช้ได้**
3	กิจกรรมการเรียนรู้มีความเหมาะสมกับเนื้อหา	5	0	0	1	**ใช้ได้**
4	สื่อการเรียนรู้สอดคล้องกับเนื้อหา	5	0	0	1	**ใช้ได้**
5	สื่อการเรียนรู้สอดคล้องกับกิจกรรมการเรียนรู้	5	0	0	1	**ใช้ได้**
6	การวัดและประเมินผลสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	4	1	0	0.8	**ใช้ได้**
7	การวัดและประเมินผลสอดคล้องกับกิจกรรมการเรียนรู้	5	0	0	1	**ใช้ได้**
ด้านกระบวนการจัดการเรียนรู้						
8	กิจกรรมการเรียนรู้อ่านแล้วเข้าใจง่ายสามารถจัดกิจกรรมได้ตามแผน	5	0	0	1	**ใช้ได้**
9	กิจกรรมการเรียนรู้เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ	5	0	0	1	**ใช้ได้**
10	กิจกรรมการเรียนรู้เหมาะสมกับเวลาที่กำหนด	5	0	0	1	**ใช้ได้**
11	กิจกรรมมีการบูรณาการเนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และวิศวกรรมศาสตร์	**5**	**0**	**0**	**1**	**ใช้ได้**

ตาราง 14 (ต่อ)

ข้อ	รายการพิจารณา	ความคิดเห็นผู้เชี่ยวชาญ			IOC	แปล
		1	0	-1		
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3						
ความสอดคล้องและองค์ประกอบของแผน						
1	แผนการจัดการเรียนรู้สอดคล้องสัมพันธ์กับหน่วยการเรียนรู้	5	0	0	1	**ใช้ได้**
2	เนื้อหาสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	5	0	0	1	**ใช้ได้**
3	กิจกรรมการเรียนรู้มีความเหมาะสมกับเนื้อหา	4	1	0	0.8	**ใช้ได้**
4	สื่อการเรียนรู้สอดคล้องกับเนื้อหา	4	1	0	0.8	**ใช้ได้**
5	สื่อการเรียนรู้สอดคล้องกับกิจกรรมการเรียนรู้	4	1	0	0.8	**ใช้ได้**
6	การวัดและประเมินผลสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	4	0	1	0.6	**ใช้ได้**
7	การวัดและประเมินผลสอดคล้องกับกิจกรรมการเรียนรู้	4	0	1	0.6	**ใช้ได้**
ด้านกระบวนการจัดการเรียนรู้						
7	กิจกรรมการเรียนรู้อ่านแล้วเข้าใจง่ายสามารถจัดกิจกรรมได้ตามแผน	5	0	0	1	**ใช้ได้**
8	กิจกรรมการเรียนรู้เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ	5	0	0	1	**ใช้ได้**
9	กิจกรรมการเรียนรู้เหมาะสมกับเวลาที่กำหนด	5	0	0	1	**ใช้ได้**
10	กิจกรรมมีการบูรณาการเนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และวิศวกรรมศาสตร์	**3**	**2**	**0**	**0.6**	**ใช้ได้**

ตาราง 14 (ต่อ)

ข้อ	รายการพิจารณา	ความคิดเห็นผู้เชี่ยวชาญ 1	0	-1	IOC	แปล
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4						
ความสอดคล้องและองค์ประกอบของแผน						
1	แผนการจัดการเรียนรู้สอดคล้องสัมพันธ์กับหน่วยการเรียนรู้	5	0	0	1	**ใช้ได้**
2	เนื้อหาสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	5	0	0	1	**ใช้ได้**
3	กิจกรรมการเรียนรู้มีความเหมาะสมกับเนื้อหา	5	0	0	1	**ใช้ได้**
4	สื่อการเรียนรู้สอดคล้องกับเนื้อหา	5	0	0	1	**ใช้ได้**
5	สื่อการเรียนรู้สอดคล้องกับกิจกรรมการเรียนรู้	5	0	0	1	**ใช้ได้**
6	การวัดและประเมินผลสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	5	0	0	1	**ใช้ได้**
7	การวัดและประเมินผลสอดคล้องกับกิจกรรมการเรียนรู้	5	0	0	1	**ใช้ได้**
ด้านกระบวนการจัดการเรียนรู้						
8	กิจกรรมการเรียนรู้อ่านแล้วเข้าใจง่ายสามารถจัดกิจกรรมได้ตามแผน	4	1	0	0.8	**ใช้ได้**
9	กิจกรรมการเรียนรู้เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ	5	0	0	1	**ใช้ได้**
10	กิจกรรมการเรียนรู้เหมาะสมกับเวลาที่กำหนด	4	1	0	0.8	**ใช้ได้**
11	กิจกรรมมีการบูรณาการเนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และวิศวกรรมศาสตร์	**4**	**1**	**0**	**0.8**	**ใช้ได้**

ตาราง 14 (ต่อ)

ข้อ	รายการพิจารณา	ความคิดเห็นผู้เชี่ยวชาญ			IOC	แปล
		1	0	-1		
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5						
ความสอดคล้องและองค์ประกอบของแผน						
1	แผนการจัดการเรียนรู้สอดคล้องสัมพันธ์กับหน่วยการเรียนรู้	4	1	0	0.8	**ใช้ได้**
2	เนื้อหาสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	4	1	0	0.8	**ใช้ได้**
3	กิจกรรมการเรียนรู้มีความเหมาะสมกับเนื้อหา	4	1	0	0.8	**ใช้ได้**
4	สื่อการเรียนรู้สอดคล้องกับเนื้อหา	5	0	0	1	**ใช้ได้**
5	สื่อการเรียนรู้สอดคล้องกับกิจกรรมการเรียนรู้	5	0	0	1	**ใช้ได้**
6	การวัดและประเมินผลสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	3	2	0	0.6	**ใช้ได้**
7	การวัดและประเมินผลสอดคล้องกับกิจกรรมการเรียนรู้	4	0	1	0.6	**ใช้ได้**
ด้านกระบวนการจัดการเรียนรู้						
8	กิจกรรมการเรียนรู้อ่านแล้วเข้าใจง่ายสามารถจัดกิจกรรมได้ตามแผน	5	0	0	1	**ใช้ได้**
9	กิจกรรมการเรียนรู้เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ	5	0	0	1	**ใช้ได้**
10	กิจกรรมการเรียนรู้เหมาะสมกับเวลาที่กำหนด	4	1	0	0.8	**ใช้ได้**
11	กิจกรรมมีการบูรณาการเนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และวิศวกรรมศาสตร์	**3**	**2**	**0**	**0.6**	**ใช้ได้**

ตาราง 14 (ต่อ)

ข้อ	รายการพิจารณา	ความคิดเห็นผู้เชี่ยวชาญ			IOC	แปล
		1	0	-1		
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 6						
ความสอดคล้องและองค์ประกอบของแผน						
1	แผนการจัดการเรียนรู้สอดคล้องสัมพันธ์กับหน่วยการเรียนรู้	5	0	0	1	**ใช้ได้**
2	เนื้อหาสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	5	0	0	1	**ใช้ได้**
3	กิจกรรมการเรียนรู้มีความเหมาะสมกับเนื้อหา	5	0	0	1	**ใช้ได้**
4	สื่อการเรียนรู้สอดคล้องกับเนื้อหา	5	0	0	1	**ใช้ได้**
5	สื่อการเรียนรู้สอดคล้องกับกิจกรรมการเรียนรู้	5	0	0	1	**ใช้ได้**
6	การวัดและประเมินผลสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	5	0	0	1	**ใช้ได้**
7	การวัดและประเมินผลสอดคล้องกับกิจกรรมการเรียนรู้	5	0	0	1	**ใช้ได้**
ด้านกระบวนการจัดการเรียนรู้						
8	กิจกรรมการเรียนรู้อ่านแล้วเข้าใจง่ายสามารถจัดกิจกรรมได้ตามแผน	5	0	0	1	**ใช้ได้**
9	กิจกรรมการเรียนรู้เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ	5	0	0	1	**ใช้ได้**
10	กิจกรรมการเรียนรู้เหมาะสมกับเวลาที่กำหนด	5	0	0	1	**ใช้ได้**
11	กิจกรรมมีการบูรณาการเนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และวิศวกรรมศาสตร์	**5**	**0**	**0**	**1**	**ใช้ได้**

ตาราง 14 (ต่อ)

ข้อ	รายการพิจารณา	ความคิดเห็นผู้เชี่ยวชาญ			IOC	แปล
		1	0	-1		
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 7						
ความสอดคล้องและองค์ประกอบของแผน						
1	แผนการจัดการเรียนรู้สอดคล้องสัมพันธ์กับหน่วยการเรียนรู้	5	0	0	1	**ใช้ได้**
2	เนื้อหาสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	5	0	0	1	**ใช้ได้**
3	กิจกรรมการเรียนรู้มีความเหมาะสมกับเนื้อหา	5	0	0	1	**ใช้ได้**
4	สื่อการเรียนรู้สอดคล้องกับเนื้อหา	5	0	0	1	**ใช้ได้**
5	สื่อการเรียนรู้สอดคล้องกับกิจกรรมการเรียนรู้	5	0	0	1	**ใช้ได้**
6	การวัดและประเมินผลสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	5	0	0	1	**ใช้ได้**
7	การวัดและประเมินผลสอดคล้องกับกิจกรรมการเรียนรู้	5	0	0	1	**ใช้ได้**
ด้านกระบวนการจัดการเรียนรู้						
8	กิจกรรมการเรียนรู้อ่านแล้วเข้าใจง่ายสามารถจัดกิจกรรมได้ตามแผน	5	0	0	1	**ใช้ได้**
9	กิจกรรมการเรียนรู้เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ	5	0	0	1	**ใช้ได้**
10	กิจกรรมการเรียนรู้เหมาะสมกับเวลาที่กำหนด	5	0	0	1	**ใช้ได้**
11	กิจกรรมมีการบูรณาการเนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และวิศวกรรมศาสตร์	**5**	**0**	**0**	**1**	**ใช้ได้**

ตาราง 14 (ต่อ)

ข้อ	รายการพิจารณา	ความคิดเห็นผู้เชี่ยวชาญ			IOC	แปล
		1	0	-1		
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 8						
ความสอดคล้องและองค์ประกอบของแผน						
1	แผนการจัดการเรียนรู้สอดคล้องสัมพันธ์กับหน่วยการเรียนรู้	5	0	0	1	**ใช้ได้**
2	เนื้อหาสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	5	0	0	1	**ใช้ได้**
3	กิจกรรมการเรียนรู้มีความเหมาะสมกับเนื้อหา	5	0	0	1	**ใช้ได้**
4	สื่อการเรียนรู้สอดคล้องกับเนื้อหา	5	0	0	1	**ใช้ได้**
5	สื่อการเรียนรู้สอดคล้องกับกิจกรรมการเรียนรู้	5	0	0	1	**ใช้ได้**
6	การวัดและประเมินผลสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	5	0	0	1	**ใช้ได้**
7	การวัดและประเมินผลสอดคล้องกับกิจกรรมการเรียนรู้	5	0	0	1	**ใช้ได้**
ด้านกระบวนการจัดการเรียนรู้						
8	กิจกรรมการเรียนรู้อ่านแล้วเข้าใจง่ายสามารถจัดกิจกรรมได้ตามแผน	5	0	0	1	**ใช้ได้**
9	กิจกรรมการเรียนรู้เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ	5	0	0	1	**ใช้ได้**
10	กิจกรรมการเรียนรู้เหมาะสมกับเวลาที่กำหนด	5	0	0	1	**ใช้ได้**
11	กิจกรรมมีการบูรณาการเนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และวิศวกรรมศาสตร์	**4**	**1**	**0**	0.8	**ใช้ได้**

ตาราง 15 ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์

ข้อที่	ผลการประเมินของผู้เชี่ยวชาญ					IOC	ผลการประเมิน
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5		
1	1	1	1	1	1	1	สอดคล้อง
2	1	1	1	1	1	1	สอดคล้อง
3	1	1	-1	1	1	0.6	สอดคล้อง
4	1	1	1	1	0	0.8	สอดคล้อง
5	1	1	0	1	1	0.8	สอดคล้อง
6	1	1	1	1	0	0.8	สอดคล้อง
7	1	1	0	1	1	0.8	สอดคล้อง
8	1	1	1	1	0	0.8	สอดคล้อง
9	1	1	1	1	1	1	สอดคล้อง
10	1	1	1	1	1	1	สอดคล้อง
11	1	1	1	0	1	0.8	สอดคล้อง
12	-1	1	1	1	1	0.6	สอดคล้อง
13	-1	1	1	1	1	0.6	สอดคล้อง
14	1	1	1	1	0	0.8	สอดคล้อง
15	0	1	1	1	1	0.8	สอดคล้อง
16	0	1	1	1	1	0.8	สอดคล้อง
17	0	1	1	1	1	0.8	สอดคล้อง
18	0	1	1	1	1	0.8	สอดคล้อง
19	0	1	1	1	1	0.8	สอดคล้อง
20	0	1	1	0	1	0.6	สอดคล้อง

ตาราง 16 ผลการวิเคราะห์ค่าความยากง่าย (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์เรื่อง เสียง

ข้อที่	ค่าความยากง่าย (p)	ค่าอำนาจจำแนก (r)
1	0.75	0.371
2	0.74	0.476
3	0.74	0.312
4	0.75	0.475
5	0.74	0.476
6	0.48	0.402
7	0.55	0.435
8	0.48	0.571
9	0.51	0.47
10	0.61	0.33
11	0.55	0.669
12	0.52	0.803
13	0.61	0.631
14	0.58	0.747
15	0.39	0.597
16	0.58	0.814
17	0.55	0.626
18	0.61	0.455
19	0.68	0.349
20	0.74	0.394

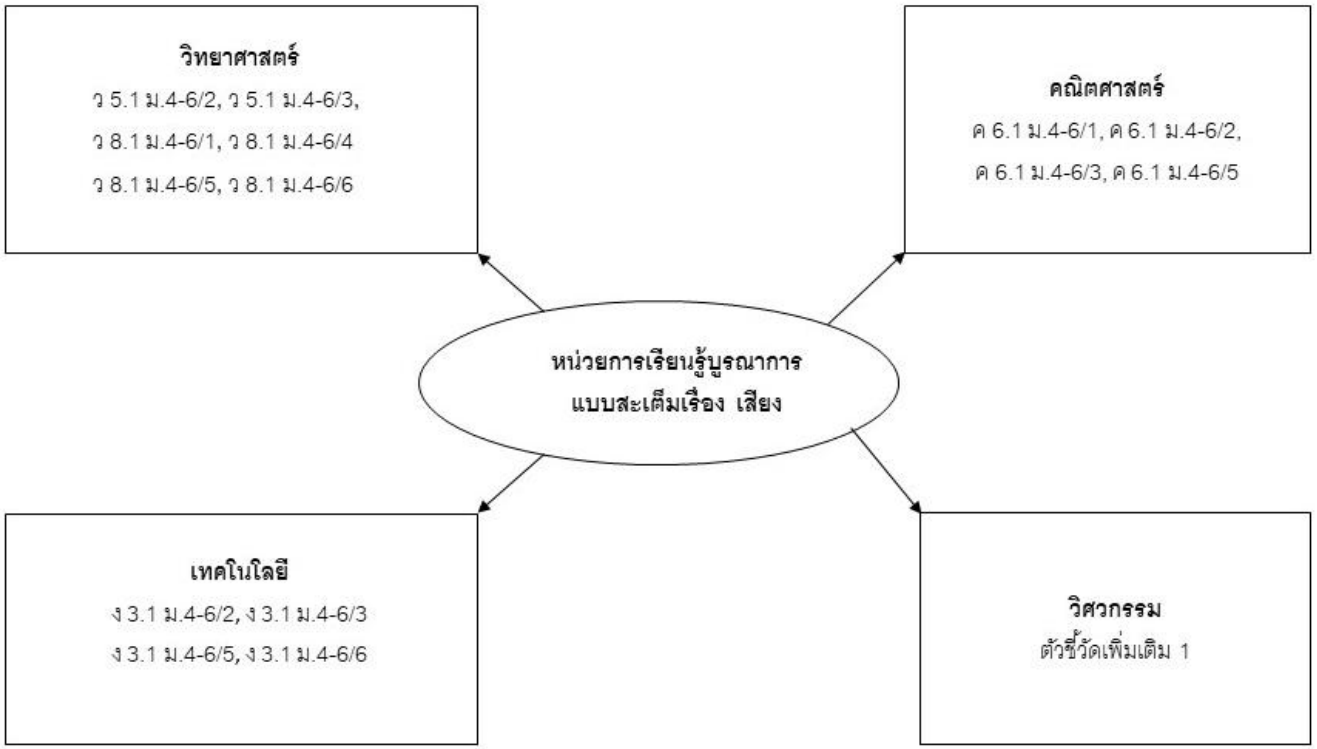
ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ เท่ากับ 0.86

ตาราง 17 ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์

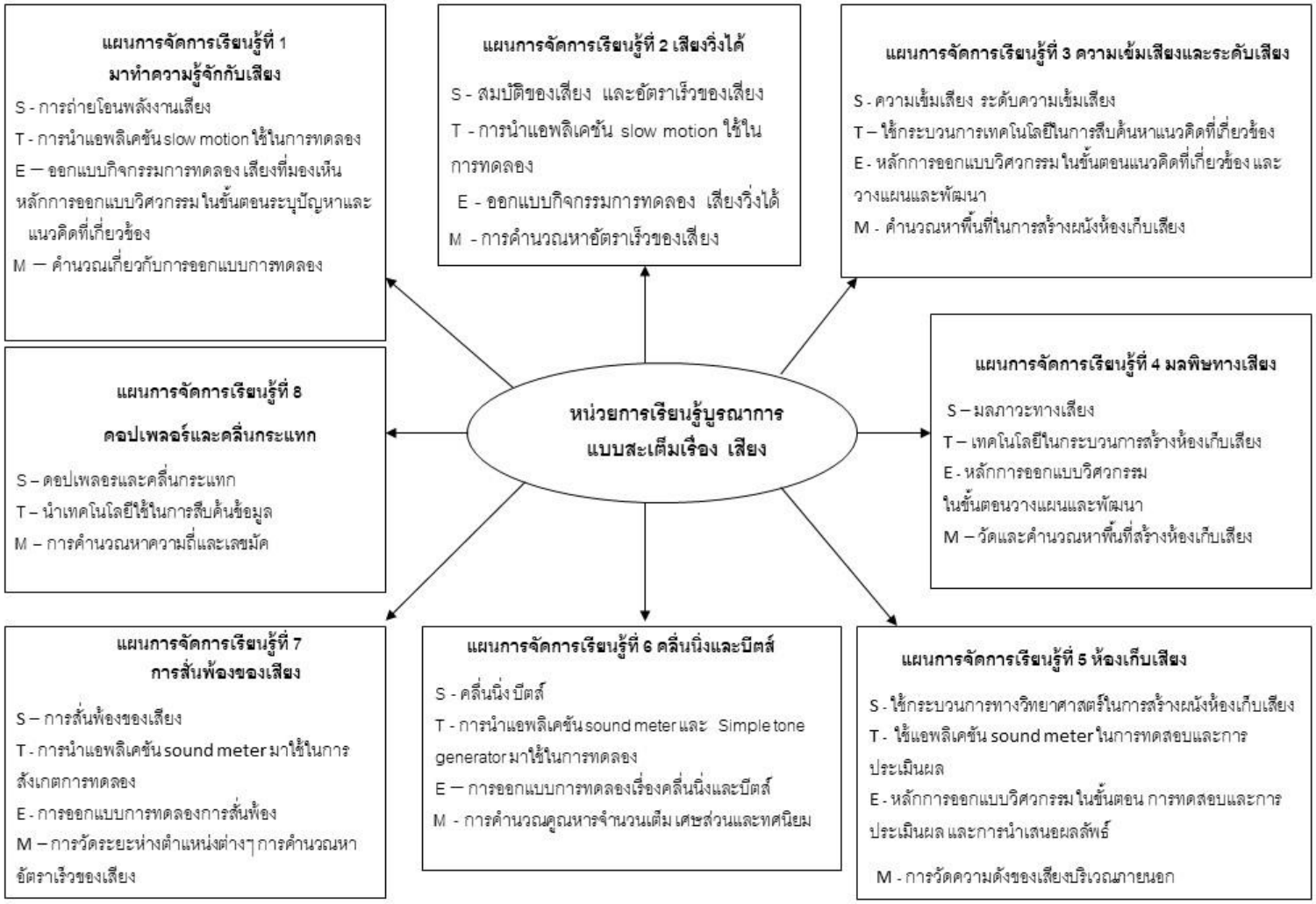
ผลการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญ						
ประเด็นการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์	**ระดับความคิดเห็น**				IOC	
	ข้อ	**+1**	**0**	**-1**		**แปลผล**
ค้นพบความจริง	1.1 จากสถานการณ์ที่เกิดขึ้น นักเรียนค้นพบประเด็นปัญหาใดบ้างพร้อมทั้งระบุสาเหตุให้มากที่สุด	5	0	0	1	ใช้ได้
	1.2จากสถานการณ์ที่เกิดขึ้น นักเรียนคิดว่าปัญหาใดควรได้รับการแก้ไขเป็นอันดับแรก	5	0	0	1	ใช้ได้
การหาแนวทางการแก้ปัญหา	2.1ให้นักเรียนนำเสนอแนวทางแก้ไขปัญหาที่นักเรียนเลือกจากข้อที่ 1.2 ให้มากที่สุด	5	0	0	1	ใช้ได้
	2.2 จากวิธีการแก้ไขปัญหาที่นักเรียนคิดขึ้นมา ให้นักเรียนเลือกวิธีการแก้ไขปัญหาที่ดีที่สุด เพราะเหตุใด เพื่อไปวางแผนการแก้ปัญหาต่อไป	5	0	0	1	ใช้ได้
การวางแผนการแก้ไขปัญหา	3.1ให้นักเรียนวางแผนการแก้ปัญหาวิธีที่ดีที่สุดจากสถานการณ์ที่กำหนดให้	5	0	0	1	ใช้ได้
	3.2 เพราะเหตุใดนักเรียนจึงเลือกแผนการแก้ปัญหาวิธีนี้	5	0	0	1	ใช้ได้

ภาคผนวก ง

- หน่วยการเรียนรู้บูรณาการแบบสะเต็ม เรื่อง เสียง
- ตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง มาทำความรู้จักกับเสียง
- ตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5 เรื่อง ห้องเก็บเสียง



ภาพประกอบ 3 ผังมโนทัศน์ความสอดคล้องของตัวชี้วัดกับหลักสูตรแกนกลาง



ภาพประกอบ 4 แสดงการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของหน่วยการเรียนรู้กับเนื้อหาและกระบวนการวิชาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์

มาตรฐานการเรียนรู้และผลการเรียนรู้ที่เกี่ยวข้อง

วิชาวิทยาศาสตร์

มาตรฐาน ว 2.3 เข้าใจความหมายของพลังงาน การเปลี่ยนแปลงและการถ่ายโอนพลังงาน ปฏิสัมพันธ์ระหว่างสสารและพลังงาน พลังงานในชีวิตประจำวัน ธรรมชาติของ คลื่น ปรากฏการณ์ที่เกี่ยวข้องกับเสียง แสง และคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า รวมทั้ง นำความรู้ไปใช้ประโยชน์

ผลการเรียนรู้ที่ 1 อธิบายการเกิดเสียงและสมบัติของเสียง ได้แก่ การสะท้อน การหักเห การแทรกสอด และการเลี้ยวเบน

ผลการเรียนรู้ที่ 2 อธิบายเกี่ยวกับการได้ยินได้แก่ ระดับเสียง ระดับสูงต่ำของเสียง คุณภาพเสียง และผลของมลพิษทางเสียงต่อการได้ยิน

ผลการเรียนรู้ที่ 3 อธิบายความถี่ธรรมชาติและการสั่นพ้องของวัตถุ

ผลการเรียนรู้ที่ 4 อธิบายปรากฏการณ์บางอย่างของเสียง และการนำความรู้มาประยุกต์ใช้ประโยชน์ด้านต่างๆ

วิชาคณิตศาสตร์

มาตรฐาน ค 1.1 เข้าใจความหลากหลายของการแสดงจำนวน ระบบจำนวน การดำเนินการของจำนวน ผลที่เกิดขึ้นจากการดำเนินการ สมบัติของการดำเนินการ และนำไปใช้

ผลการเรียนรู้ที่ 1 ประยุกต์ใช้อัตราส่วน สัดส่วนและร้อยละ ในการแก้ไขปัญหาคณิตศาสตร์และปัญหาในชีวิตจริง

ผลการเรียนรู้ที่ 2 ใช้สมบัติของเลขยกกำลังที่มีเลขชี้กำลังเป็นจำนวนเต็มในการแก้ไขปัญหาคณิตศาสตร์และปัญหาในชีวิตจริง

มาตรฐาน ค 2.1 เข้าใจพื้นฐานเกี่ยวกับการวัด วัดและคาดคะเนขนาดของสิ่งที่ต้องการวัด และนำไปใช้

ผลการเรียนรู้ที่ 1 ใช้ความรู้ ความเข้าใจพื้นฐานเกี่ยวกับการวัด และคาดคะเนขนาดของสิ่งที่ต้องการวัด นำไปใช้และแก้ปัญหาในสถานการณ์ต่าง ๆ ได้อย่างเหมาะสม

มาตรฐาน ค 2.2 เข้าใจและวิเคราะห์รูปเรขาคณิต สมบัติของรูปเรขาคณิต ความสัมพันธ์ระหว่างรูปเรขาคณิต และทฤษฎีบททางเรขาคณิต และนำไปใช้

ผลการเรียนรู้ที่ 1 ใช้ความรู้ ความเข้าใจและวิเคราะห์รูปเรขาคณิต สมบัติของรูปเรขาคณิต นำไปใช้ในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ได้

มาตรฐาน ค 3.1 เข้าใจกระบวนการทางสถิติ และใช้ความรู้ทางสถิติในการแก้ไขปัญหา

ผลการเรียนรู้ที่ 1 ใช้ความรู้ทางสถิติในการนำเสนอข้อมูลและแปลความหมายข้อมูล รวมทั้งนำสถิติไปใช้ในชีวิตจริงด้วยเทคโนโลยีที่หมาะสม

วิชาวิศวกรรม

ผลการเรียนรู้เพิ่มเติม 1 ใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมเพื่อแก้ไขสถานการณ์ต่าง ๆได้

วิชาเทคโนโลยี

มาตรฐาน ง 4.1 เข้าใจแนวคิดหลักของเทคโนโลยีเพื่อการดำรงชีวิตในสังคมที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว ใช้ความรู้และทักษะด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และศาสตร์อื่น ๆ เพื่อแก้ปัญหาหรือพัฒนางานอย่างมีความคิดสร้างสรรค์ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เลือกใช้เทคโนโลยีอย่างเหมาะสมโดยคำนึงถึงผลกระทบต่อชีวิต สังคมและสิ่งแวดล้อม

ผลการเรียนรู้เพิ่มเติมที่ 1 ระบุปัญหาทีมีผลกระทบต่อต่อชีวิต สังคมและสิ่งแวดล้อม

ผลการเรียนรู้เพิ่มเติมที่ 2 รวบรวมวิเคราะห์ข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหาเพื่อสังเคราะห์วิธีการแก้ปัญหาโดยคำนึงถึงความถูกต้อง

ผลการเรียนรู้เพิ่มเติมที่ 3 ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา และใช้ความรู้และทักษะเกี่ยวกับวัสดุ อุปกรณ์ และเทคโนโลยีที่ซับซ้อนในการแก้ไขปัญหาได้อย่างถูกต้อง และเหมาะสม

ผลการเรียนรู้เพิ่มเติมที่ 4 ทดสอบ ประเมินผลของชิ้นงาน และให้เหตุผลของปัญหาหรือข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นภายใต้กรอบเงื่อนไข

แนวทางการจัดการเรียนรู้

การจัดการเรียนรู้ผ่านหน่วยการเรียนรู้บูรณาการแบบSTEM เรื่อง เสียง สำหรับชั้นมัธยมศึกษาปีที่5 ใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 5 ขั้น (5E) เป็นการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ที่เน้นกระบวนการสืบสอบหาความรู้ ประกอบด้วย 5 ขั้นตอนที่สำคัญ ดังนี้

1. ขั้นสร้างความสนใจ (engagement) กระตุ้นให้เกิดความอยากรู้อยากเห็น สนใจในสิ่งที่จะเรียนรู้ในหัวใหม่และทบทวนประสบการณ์เดิมของผู้เรียน จากการตั้งคำถามกระตุ้นให้คิดเพื่อนำไปสู่การระบุปัญหาและการคาดคะเนคำตอบล่วงหน้า

2. ขั้นสำรวจและค้นหา (exploration) ดำเนินการค้นหาคำตอบของปัญหาจากประสบการณ์ตรงโดยผ่านการทดลองสำรวจ การสืบค้นข้อมูล การแลกเปลี่ยนประสบการณ์ ความคิดเห็น และการสื่อสารภายในกลุ่มหรือระหว่างกลุ่ม ตามที่ได้ออกแบบไว้เพื่อตรวจสอบสมมติฐาน

3. ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (explanation) กระตุ้นให้ทำความเข้าใจในปัญหา ที่ศึกษา อธิบายความเป็นไปได้ของคำตอบ วิธีการแก้ปัญหา ความสัมพันธ์ของสิ่งต่าง ๆ จากข้อมูลที่เก็บรวบรวมไว้ โดยการใช้คำถามเพื่อให้ได้ข้อค้นพบและทำความเข้าใจกับปัญหาที่ศึกษาจนนำมาสู่ข้อสรุปในเรื่องนั้น ๆ

4. ขั้นขยายความรู้ (elaboration) นำข้อค้นพบที่ได้มาเชื่อมดยงกับสิ่งรอบตัว ของผู้เรียนเพื่อประยุกต์ใช้ความรู้ผ่านกิจกรรมการทดลอง สำรวจ ศึกษาค้นคว้าจากแหล่เรียนรู้ต่าง ๆ เพิ่มเติม หรือกำหนดกิจกรรมอื่น ๆ เพื่อให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติ ส่งเสริมการแก้ปัญหา การตัดสินใจและการนำความรู้ไปใช้

5. ขั้นประเมิน (evaluation) ประเมินการเรียนรู้ของผู้เรียนจะแทรกอยู่ในทุกขั้นตอน ผู้สอนออกแบบการประเมินที่หลากหลายที่เน้นการประเมินตามสภาพจริง

การประเมินผล

1.ประเมินประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 80/80 ของการพัฒนาหน่วยการเรียนรู้บรูณาการแบบสะเต็ม เรื่อง เสียง

2.ประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนโดยใช้แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ประจำหน่วยการเรียนรู้ เรื่อง เสียง ก่อนเรียนและหลังเรียน

3.ประเมินความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ของนักเรียนโดยใช้แบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ก่อนเรียนและหลังเรียน

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1

รายวิชา ฟิสิกส์ 3	รหัสวิชา ว32203	ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5
หน่วยการเรียนรู้บูรณาการแบบสะเต็ม เรื่อง เสียง		เวลา 18 คาบ
เรื่อง มาทำความรู้จักกับเสียง		เวลา 2 คาบ

<u>วิทยาศาสตร์</u>

สาระสำคัญ

เสียงเกิดจากการสั่นของแหล่งกำเนิดเสียง และถ่ายโอนพลังงานการสั่นไปยังอนุภาคตัวกลางที่อยู่ติดกับแหล่งกำเนิดเสียง ทำให้อนุภาคของตัวกลางสั่นและเกิดการถ่ายโอนพลังงานต่อไปยังอนุภาคที่อยู่ถัดกันไปเรื่อย ๆ จนถึงหูผู้ฟัง หากไม่มีตัวกลางเพื่อการถ่ายโอนพลังงานจากแหล่งกำเนิดเสียง เราจะไม่สามารถได้ยินเสียงได้

ความสอดคล้องกับตัวชี้วัด

ว 5.1 ม.4-6/2, ว 5.1 ม.4-6/3, ว 8.1 ม.4-6/4

<u>เทคโนโลยี</u>

สาระสำคัญ

การใช้เทคโนโลยี ช่วยในการบันทึกข้อมูลผลการทดลองการมองเห็นคลื่นเสียง เป็นสิ่งจำเป็น เพราะลักษณะการสั่นอนุภาคของเสียงจากแหล่งกำเนิดที่ต่างกัน จะได้ลักษณะของคลื่นเสียงที่ต่างกัน และการใช้เทคโนโลยีในการบันทึกภาพ จะช่วยให้เห็นการเปรียบเทียบรูปร่างของคลื่นเสียงได้ชัดเจน และ เป็นการสร้างจิตสำนึกที่ดีในการใช้งานอย่างมีคุณธรรม

ความสอดคล้องกับตัวชี้วัด

ง 3.1 ม.4-6/6

<u>คณิตศาสตร์</u>

สาระสำคัญ

การมองเห็นคลื่นเสียง ต้องมีการออกแบบการทดลองโดยใช้วัสดุที่ช่วยทำให้เห็นเป็นภาพคลื่นเสียงออกมา โดยวัสดุต้องมีการวัดขนาด และคำนวณพื้นที่ของวัสดุให้มีพื้นที่เพียงพอสำหรับภาพคลื่นเสียงที่ตกกระทบลงมา

ความสอดคล้องกับตัวชี้วัด

ค 6.1 ม.4-6/2

<u>วิศวกรรม</u>

สาระสำคัญ

การนำความรู้เรื่องเสียงมาใช้ในการแก้ปัญหาสถานการณ์ปัญหาเรื่องเสียงในชีวิตประจำวัน อาศัยหลักการออกแบบเชิงวิศวกรรม โดยเริ่มขั้นตอนการระบุปัญหา (Identify a challenge) เป็นขั้นตอนผู้แก้ปัญหาทำความเข้าใจสิ่งทีเป็นปัญหาในชีวิตประจำวันโดยใช้ความรู้ที่ศึกษามาแล้ว

ความสอดคล้องกับตัวชี้วัด

ตัวชี้วัดเพิ่มเติม 1

ผลการเรียนรู้

1. อธิบายการเกิดเสียง ลักษณะของคลื่นเสียงและการถ่ายโอนพลังงานของเสียงได้

2. ใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมเพื่อแก้ไขสถานการณ์ต่าง ๆได้

ความรู้เดิมที่ต้องมีมาก่อน สมบัติของเสียง การได้ยินเสียง

จุดประสงค์การเรียน

ด้านความรู้ (K) นักเรียนสามารถ

1) อธิบายการเกิดเสียงและการถ่ายโอนพลังงานของเสียงผ่านอากาศได้ (วิทยาศาสตร์)

2) นำความรู้ด้านเทคโนโลยี แอพพลิเคชัน slow motion มาใช้ในการทดลอง เสียงที่มองเห็น (เทคโนโลยี)

3) นำความรู้ด้านคณิตศาสตร์มาใช้ในการคำนวณเกี่ยวกับการออกแบบชุดการทดลองเรื่อง เสียงที่มองเห็น (คณิตศาสตร์)

4) ใช้หลักการออกแบบเชิงวิศวกรรมในขั้นตอน ระบุปัญหา (Identify a challenge) และการค้นหาแนวคิดที่เกี่ยวข้อง (Explore Ideas) ในการออกแบบห้องเก็บเสียง (วิศวกรรม)

ด้านทักษะ / กระบวนการ (P) มีความสามารถ

ออกแบบและเลือกใช้วัสดุในการสร้างชุดทดลองเรื่อง เสียงที่มองเห็น

ด้านคุณลักษณะอันพึงประสงค์ (A)

มีความรับผิดชอบทำงานที่ได้รับมอบหมายได้สมบูรณ์ตรงตามที่กำหนดและตรงต่อเวลา

หลักฐานร่องรอยการเรียนรู้

สิ่งที่ต้องการวัดและประเมินผล	วิธีวัด	เครื่องมือวัด	เกณฑ์การวัดและประเมินผล
ด้านความรู้ (K) **นักเรียนสามารถ** 1. อธิบายการโอนพลังงานของเสียงผ่านอากาศได้ 2. นำความรู้ด้านเทคโนโลยีโดยใช้แอพพลิเคชัน slow motion สำหรับนำมาใช้ในการทดลอง เสียงที่มองเห็น 3. นำความรู้ด้านคณิตศาสตร์มาใช้ในการคำนวณเกี่ยวกับการออกแบบชุดการทดลองเรื่อง เสียงที่มองเห็น 4. ใช้หลักการออกแบบเชิงวิศวกรรมในขั้นตอน ระบุปัญหา ในการออกแบบห้องเก็บเสียง	- การตอบปัญหาและอภิปรายในชั้นเรียน - ตรวจการตรวจใบกิจกรรมที่ 1.1 และ 1.2	- ใบกิจกรรมที่ 1.1 เรื่องเสียงที่มองเห็น - ใบกิจกรรมที่ 1.2 เรื่องปัญหาที่เกิดขึ้นจากเสียง	ระดับคุณภาพดีขึ้นไป
ด้านทักษะ / กระบวนการ (P) **มีความสามารถ** 1. ออกแบบและเลือกใช้วัสดุในการสร้างชุดทดลองเรื่อง เสียงที่มองเห็น	การตรวจใบกิจกรรมที่ 1.1	- ใบกิจกรรมที่ 1.1 เรื่อง เสียงที่มองเห็น	ระดับคุณภาพดีขึ้นไป
ด้านคุณลักษณะอันพึงประสงค์ (A) 1. มีความรับผิดชอบทำงานที่ได้รับมอบหมายได้สมบูรณ์ตรงตามที่กำหนดและตรงต่อเวลา	การสังเกตพฤติกรรมของนักเรียน	แบบสังเกตพฤติกรรมของนักเรียน	ระดับคุณภาพดีขึ้นไป

สื่อและแหล่งการเรียนรู้

1. วิดิทัศน์เกี่ยวกับการตีระฆัง จาก https://www.youtube.com/watch?v=VBMlNEII9mA
2. ใบกิจกรรมที่ 1.1 เรื่องเสียงที่มองเห็น
3. ใบกิจกรรมที่ 1.2 เรื่องปัญหาที่เกิดขึ้นจากเสียง
4. ใบความรู้ที่ 1 เรื่อง มาทำความรู้จักกับเสียง

กิจกรรมการเรียนรู้

ครูแบ่งกลุ่มนักเรียนเป็นกลุ่มละ 5 คน โดยแบ่งเป็นเด็กกลุ่มเก่ง กลาง อ่อน

ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement) (10 นาที)

1. ครูถามนักเรียนว่าเสียงที่เราได้ยินในชีวิตประจำวันนั้นเกิดขึ้นได้อย่างไร โดยยกตัวอย่างเช่น การนำไม้บรรทัดไว้ข้างโต๊ะแล้วกดไม้บรรทัดเพื่อให้เกิดการสั่น และเปิดวีดีโอการเคาะระฆัง HTTPS://WWW.YOUTUBE.COM/WATCH?V=VBMLNEII9MA แล้วถามนักเรียนต่อว่าจากวีดีโอ ถ้าเณรไม่ได้นำไม้ไปกระทบกับระฆัง นักเรียนจะได้ยินเสียงหรือไม่ (แนวคำตอบ ไม่ได้ยินเสียง) เพื่อให้ได้ข้อสรุปว่า เสียงเกิดจากการสั่นสะเทือนของวัตถุ วัตถุที่มีการสั่นแล้วทำให้เกิดเสียง เรียกว่า แหล่งกำเนิดเสียง
2. ครูถามนักเรียนว่าเสียงของระฆังที่ได้ยิน เดินทางไปยังหูของเราได้อย่างไร และรู้ได้อย่างไรว่าเสียงเดินทางไปถึงนักเรียนแล้ว (แนวคำตอบ นักเรียนได้ยินจากหูของนักเรียน)
3. ครูถามนักเรียนว่าองค์ประกอบของการได้ยินมีอะไรบ้าง (แนวคำตอบ แหล่งกำเนิดเสียง ตัวกลาง หู)
4. ครูถามนักเรียนว่า แล้วนักเรียนทราบหรือไม่ว่าคลื่นเสียงที่ได้ยินมีลักษณะรูปร่างเป็นอย่างไร

ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration) (20 นาที)

5. นักเรียนแต่ละกลุ่มศึกษาใบกิจกรรมที่ 1.1 เรื่องเสียงที่มองเห็น โดยครูชี้แจงจุดประสงค์กิจกรรม คือให้นักเรียนสามารถเห็นรูปร่างของคลื่นเสียงได้ ให้นักเรียนออกแบบการทดลอง และทำการทดลองตามที่กำหนดไว้

ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation) (**20 นาที**)

6. นักเรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอผลการทดลอง โดยให้ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปราย แสดงความคิดเห็นเกี่ยวกับผลการทำกิจกรรม ครูถามนักเรียนว่า จากกิจกรรมการทดลองที่นักเรียนออกแบบขึ้น นักเรียนสามารถปรับปรุงหรือพัฒนาการทดลองเพื่อให้เห็นผลที่ดีขึ้นได้หรือไม่ (ตอบตามแนวคิดของนักเรียน)
7. ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายเพื่อให้ได้ข้อสรุปว่า เสียงเกิดจากการสั่นของแหล่งกำเนิดเสียง และถ่ายโอนพลังงานการสั่นไปยังอนุภาคของตัวกลางที่อยู่ติดกับแหล่งกำเนิดเสียง ทำให้อนุภาคตัวกลางสั่นและเกิดการถ่ายโอนพลังงานต่อไปยังอนุภาคที่อยู่ถัดกันเรื่อย ๆ จนถึงผู้ฟัง การที่คลื่นเสียงเคลื่อนที่แผ่ออกไป นักเรียนสามารถสังเกตได้จากรูปร่างของคลื่นเสียงที่เห็นส่วนที่คลื่นมีลักษณะชิดกันมาก เกิดจากความดันอากาศสูงกว่าปกติ เรียกว่าส่วนอัด และส่วนที่คลื่นมีลักษณะห่างกันเกิดจากความดันอากาศต่ำกว่าปกติ เรียกว่า ส่วนขยาย

ขั้นขยายความรู้ (Elaboration) (**35 นาที**)

8. นักเรียนศึกษาสถานการณ์ปัญหาเรื่องเสียงในใบกิจกรรมที่ 1.2 ให้นักเรียนนำความรู้เรื่องเสียงบอกปัญหาและสาเหตุของปัญหาที่เกิดขึ้นให้มากที่สุด
9. ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มออกมานำเสนอปัญหาและสาเหตุปัญหาที่เกิดขึ้น โดยให้ครูและนักเรียนร่วมกันแสดงความคิดเห็น และร่วมกันวิเคราะห์ปัญหาที่ควรแก้มากที่สุด และมีความเป็นไปได้ในทางปฏิบัติจริง (การสร้างผนังกั้นเสียง)
10. ครูตั้งคำถามนักเรียนเพื่อนำไปสู่ขั้นตอนการค้นหาแนวคิดที่เกี่ยวข้องนักเรียนคิดว่าผนังของห้องนอกจากมีหน้าที่ในการกั้นระหว่างห้องหรือภายในตัวบ้านและนอกบ้านแล้ว มีความสำคัญอย่างไรบ้าง (ช่วยกั้นเสียงไม่ให้เกิดเสียงรบกวนจากภายนอกหรือภายในห้อง)
11. ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มสืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับปัจจัยในการวัสดุที่ช่วยกันเสียงรบกวนที่สามารถสร้างเป็นผนังกั้นเสียงได้
12. ให้นักเรียนเลือกวัสดุที่จะนำมาสร้างเป็นผนังห้องเก็บเสียงพร้อมบอกคุณสมบัติ

ขั้นประเมิน (Evaluation) (10 นาที)

13. ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มบอกสิ่งที่ได้เรียนรู้จากในคาบเรียนนี้ กลุ่มละ 1 ข้อ
14. ครูประเมินผลการทำกิจกรรมของนักเรียนในภาพรวม เช่น การตอบคำถามในชั้นเรียน การทำกิจกรรม ความถูกต้องของการตอบคำถามในใบกิจกรรม

การมอบหมายงาน

1. นักเรียนทำใบกิจกรรมที่ 1.1 การทดลองเรื่อง เสียงที่มองเห็น
2. นักเรียนทำใบกิจกรรมที่ 1.2 ปัญหาที่เกิดขึ้นจากเสียง
3. ให้นักเรียนออกมานำเสนอปัญหาที่พบจากสถานการณ์ที่กำหนดให้ในใบกิจกรรมที่ 1.2

บันทึกหลังการสอน

ผลการสอน

.....

.....

.....

ปัญหาและอุปสรรค

.....

.....

.....

แนวทางแก้ไข

.....

.....

.....

ลงชื่อ.....

(นางสาวจุฑารัตน์ เกาะหวาย)

ตำแหน่ง ครู

เกณฑ์การประเมินใบกิจกรรม

เลขที่	ชื่อ-นามสกุล	รายการประเมิน				คะแนนรวม (12)	ระดับคุณภาพ	สรุปผล	
		ผลงานถูกต้องตามสาระ	ความสะอาดสวยงาม	ทำงานตามขั้นตอน	ความคิดสร้างสรรค์			ผ่าน	ไม่ผ่าน
		(3)	(3)	(3)	(3)				
1.									
2.									
3.									
4.									
5.									
6.									
7.									
8.									
9.									
10.									
11.									
12.									
13.									
14.									
15.									
16.									
17.									
18.									
19.									
20.									

เกณฑ์การให้คะแนนการประเมินผลงาน

รายการประเมิน	เกณฑ์การให้คะแนน		
	3	2	1
1. ความถูกต้องของเนื้อหา	เนื้อหามีความถูกต้องครบถ้วน สมบูรณ์	เนื้อหามีความถูกต้องมีผิดไม่เกิน 5 จุด	เนื้อหามีความถูกต้องมีผิดมากกว่า 5 จุด
2. ความสะอาดสวยงาม	มีความสะอาดสวยงาม เรียบร้อย ไม่มีร่องรอยการลบข้อความ	มีความสะอาดสวยงาม เรียบร้อย มีร่องรอยการลบข้อความไม่เกิน 5 จุด	มีความสะอาดสวยงาม เรียบร้อย มีร่องรอยในการลบข้อความเกิน 5 จุด
3. ทำงานตามขั้นตอน	การทำงานมีครบทุกขั้นตอน	การทำงานตามขั้นตอน ขาดไป 1-2 ขั้นตอน	การทำงานตามขั้นตอน ขาดมากกว่า 2 ขั้นตอน
4. ความคิดสร้างสรรค์	ผลงานแสดงออกถึงความคิดริเริ่มสร้างสรรค์แปลกใหม่	ผลงานแสดงออกถึงความคิดริเริ่มสร้างสรรค์เกิดจากการเลียนแบบ	ผลงานไม่แสดงออกถึงความคิดริเริ่มสร้างสรรค์

เกณฑ์การตัดสินคุณภาพ

0 - 5	คะแนน	หมายถึง	0	(ปรับปรุง)
6 - 8	คะแนน	หมายถึง	1	(พอใช้)
9 - 10	คะแนน	หมายถึง	2	(ดี)
11 - 12	คะแนน	หมายถึง	3	(ดีมาก)

หมายเหตุ ระดับคุณภาพ 0 ถือว่า **ไม่ผ่าน**

แบบสังเกตพฤติกรรมการทำงานกลุ่ม
ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/..... โรงเรียนวชิรธรรมสาธิต
กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2562

กลุ่ม.....

สมาชิกกลุ่ม

1.....

2.....

3.....

4.....

5.....

คำชี้แจง: ให้ผู้สอน สังเกตพฤติกรรมของนักเรียนในระหว่างเรียนแล้วขีด ✓ ลงในช่องที่ตรงกับระดับคะแนน

ลำดับที่	รายการประเมิน	ระดับคะแนน		
		3	2	1
1	ความร่วมมือกันทำงาน			
2	การแสดงความคิดเห็น			
3	การรับฟังความคิดเห็น			
4	การแบ่งหน้าที่กันอย่างเหมาะสม			
5	ความมีน้ำใจช่วยเหลือกัน			
รวม				

ลงชื่อ.....ผู้ประเมิน

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

เกณฑ์การให้คะแนน

ปฏิบัติหรือแสดงพฤติกรรมอย่างสม่ำเสมอ	ให้	3	คะแนน
ปฏิบัติหรือแสดงพฤติกรรมบ่อยครั้ง	ให้	2	คะแนน
ปฏิบัติหรือแสดงพฤติกรรมบางครั้ง	ให้	1	คะแนน

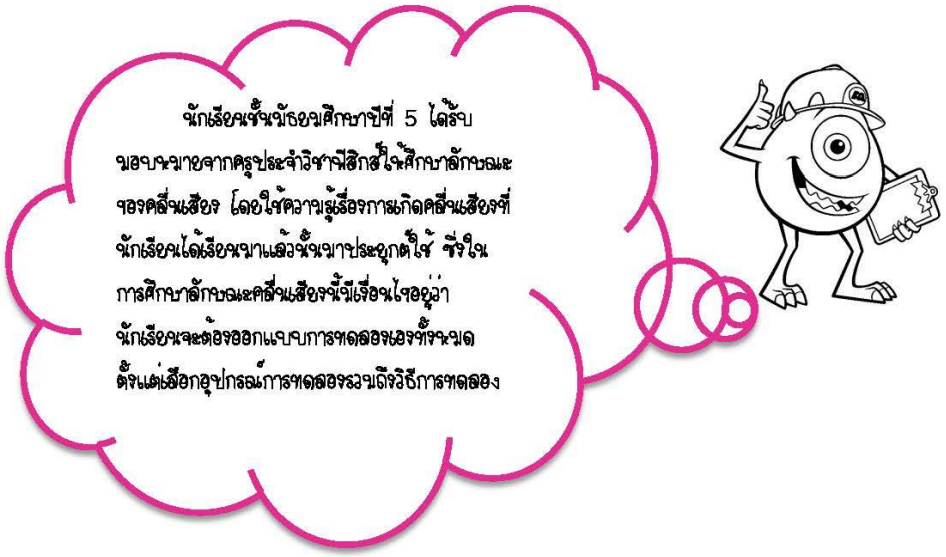
เกณฑ์การตัดสินคุณภาพ

ช่วงคะแนน	**ระดับคุณภาพ**
12-15	ดี
8-11	พอใช้
ต่ำกว่า 8	ปรับปรุง

กลุ่ม

ใบกิจกรรมที่ 1

ใบกิจกรรมที่ 1 เรื่องเสียงที่มองเห็น



<u>กำหนดวัสดุอุปกรณ์ให้ดังต่อไปนี้</u>

1. พลาสติกแรปใส 1 ม้วน
2. ลำโพงขยายเสียง 1 ตัว
3. อุปกรณ์แหล่งกำเนิดเสียง
4. อุปกรณ์บันทึกภาพ
5. แผ่นซีดีที่ไม่ใช้แล้ว 1 แผ่น
6. .....

กลุ่ม

หลังจากทดลองต้องตอบได้

1. ลักษณะของคลื่นเสียงในขณะที่เปิดแหล่งกำเนิดเสียงมีลักษณะอย่างไร
2. ครูถามนักเรียน จากรูปที่นักเรียนวาดในใบกิจกรรม ส่วนอัดและส่วนขยายของโมเลกุลอากาศ จะหาความยาวคลื่นได้อย่างไร
3. วาดกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความดันอากาศที่ตำแหน่งใดๆ ในเวลาหนึ่ง และแสดงความยาวคลื่น ลงในคำถามเพิ่มเติมใบกิจกรรม

ลงมือทำแล้วต้อง.....ได้

1. ออกแบบการทดลองเรื่อง เสียงที่มองเห็น ได้
2. อธิบายลักษณะของคลื่นเสียงจากการทดลองที่สร้างขึ้นได้
3. นำเทคโนโลยีมาช่วยในการทดลองได้

ระบุหน้าที่รับผิดชอบ

ชื่อสมาชิก	งานที่รับผิดชอบ
.....	.....
.....	.....
.....	.....
.....	.....
.....	.....
.....	.....

การทำกิจกรรม

สงสัยว่า ? (สิ่งที่อยากได้จากการทดลอง)

.....

.....

ทางเลือกที่ได้สร้างขึ้นเพื่อการแก้ปัญหา

.....

.....

.....

.....

กลุ่ม

วิธีการแก้ปัญหา

อุปกรณ์ที่พวกหนูเลือกนำมาใช้ในการทดลองนี้

1. .....
2. .....
3. .....
4. .....
5. .....
6. .....

ทำอย่างไรบ้าง บอกครูมาสิ ? **(วิธีการดำเนินการทดลอง)**

1.....

2.....

3.....

4.....

5.....

บอกแล้วยังนึกภาพไม่ออก วาดภาพให้ดูหน่อย

กลุ่ม

บันทึกผลการทดลอง

ลักษณะคลื่นเสียงที่ได้จากการทดลอง

สรุปผลการทดลอง

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ปัญหาที่เกิดขึ้นในการดำเนินกิจกรรม / วิธีแก้ปัญหา

.....

.....

.....

.....

.....

กลุ่ม

สิ่งที่ค้นพบจากข้อสงสัยที่สร้างขึ้น (ลักษณะคลื่นเสียงมีรูปร่างอย่างไร)

(หลังจากอภิปรายภายในห้องเรียบร้อย)

คำถามหลังกิจกรรม

1. ลักษณะของคลื่นเสียงในขณะที่เปิดแหล่งกำเนิดเสียงมีลักษณะอย่างไร

   .....

   .....

   .....

2. ครูถามนักเรียน จากรูปที่นักเรียนวาดในใบกิจกรรม ส่วนอัดและส่วนขยายของโมเลกุลอากาศ จะหาความยาวคลื่นได้อย่างไร

   .....

   .....

3. จงวาดภาพลักษณะคลื่นเสียงที่ได้จากการทดลอง

4. จงวาดกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความดันอากาศที่ตำแหน่งใดๆ ในเวลาหนึ่ง และแสดงความยาวคลื่น ลงในคำถามเพิ่มเติมใบกิจกรรม

กลุ่ม

ใบกิจกรรมที่ 1.2

ปัญหาที่พบจากเสียง

"ณ โรงเรียนไพเราะวิทยา มีนักเรียนที่ชอบเล่นดนตรีเป็นจำนวนมาก แต่ห้องซ้อมดนตรีที่เป็นห้องเก็บเสียง มีจำนวนจำกัด ไม่เพียงพอต่อนักเรียนที่สนใจ นักเรียนจึงใช้ห้องเรียนปกติเป็นห้องเล่นดนตรี ปัญหาที่เกิดขึ้นคือผนังห้องเรียนไม่สามารถกันเสียงดนตรีได้ เสียงจึงดังไปรบกวนห้องเรียนอื่น ๆ ดังนั้นจึงอยากให้พวกเราลองสร้างผนังห้องเก็บเสียง เพื่อให้เสียงภายในห้องดังรบกวนห้องข้าง ๆ ให้น้อยที่สุด

ว32203 หน่วยการเรียนรู้บูรณาการแบบSTEM เรื่อง เสียง

กลุ่ม

Step 1 ระบุปัญหา (Identify a challenge)

1. สถานการณ์ที่เกิดขึ้นให้นักเรียนระบุปัญหาที่นักเรียนพบพร้อมเหตุผล ให้มากที่สุด ?

ปัญหา	สาเหตุของปัญหา

2. จากการวิเคราะห์ปัญหาที่เกิดขึ้นนักเรียนคิดว่าปัญหาใดที่ควรแก้ไขก่อนเป็นอันดับแรก

คำถาม	คำตอบ
ปัญหาที่เลือก คือ	
เพราะเหตุใด???????	

3. จากปัญหาที่เกิดขึ้นนักเรียนมีวิธีการแก้ปัญหาในครั้งนี้ คือ

คำตอบ

เพื่อแก้ปัญหา

คำตอบ

กลุ่ม

Step 2 การค้นหาแนวคิดที่เกี่ยวข้อง (Explore Ideas)

1. องค์ประกอบใดภายในห้องที่สามารถช่วยลดปัญหาเสียงรบกวนจากภายในห้องได้

คำตอบ

2. ปัจจัยใดบ้างที่มีผลต่อการเลือกวัสดุในการสร้างผนังห้องเก็บเสียง

.....

.....

.....

.....

3. วัสดุที่นักเรียนนำมาสร้างผนังห้องเก็บเสียงพร้อมคุณสมบัติของวัสดุ

วัสดุที่นำมาใช้	คุณสมบัติ

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5

รายวิชา ฟิสิกส์ 3 รหัสวิชา ว32203 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

หน่วยการเรียนรู้บูรณาการแบบสะเต็ม เรื่อง เสียง เวลา 18 ชั่วโมง

เรื่อง ห้องเก็บเสียง เวลา 4 ชั่วโมง

วิทยาศาสตร์

สาระสำคัญ

การสร้างห้องเก็บเสียงเป็นการแก้ปัญหา ลดเสียงดังรบกวนบริเวณรอบห้อง โดยการออกแบบต้องอาศัยหลักในการว่าทำอย่าไรให้ผนังห้องสามารถกั้นเสียงให้ผ่านจากด้านหนึ่งไปยังอีกด้านหนึ่งให้น้อยที่สุด หรือไม่ให้เสียงผ่านเลย ซึ่งผนังของห้องเป็นหัวใจสำคัญในการออกแบบห้องเก็บเสียง การสร้างห้องเก็บเสียงได้ดีนั้นต้องอาศัยหลักกระบวนการเทคโนโลยีหรือกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมในการออกแบบและสร้าง โดยเลือกใช้วัสดุให้เหมาะสมตามสมบัติที่แตกต่างกัน และเลือกใช้เครื่องมือในการวัดให้ตรงตามวัตถุประสงค์อย่างถูกต้องและคำนึงถึงความปลอดภัย การทดสอบประสิทธิภาพของห้องเก็บเสียงว่าสามารถเก็บเสียงได้ดีหรือไม่ โดยใช้การวัดระดับความดังของเสียงภายนอกห้องโดยใช้หน่วยมาตรฐานและเปรียบเทียบกันทีละกลุ่ม เมื่อทดสอบและปรับปรุงห้องเก็บเสียงจนสำเร็จตามเป้าหมายแล้ว นำเสนอข้อมูลเพื่อเผยแพร่หรือถ่ายทอดวิธีการสร้างห้องเก็บเสียง

ความสอดคล้องกับตัวชี้วัด

ว 5.1 ม.4-6/2, ว 5.1 ม.4-6/2

เทคโนโลยี

สาระสำคัญ

การใช้เทคโนโลยีในการตรวจสอบจุดบกพร่องและข้อแก้ไขในการสร้างผนังห้องเก็บเสียงจำลอง

ความสอดคล้องกับตัวชี้วัด

ง 3.1 ม.4-6/5

<u>คณิตศาสตร์</u>

สาระสำคัญ

ผลการบันทึกข้อมูลที่ได้จากการตรวจสอบคุณภาพของห้องเก็บเสียงจำลอง การตีความข้อมูลเพื่อนำไปสู่การดำเนินการแก้ไขปัญหา

ความสอดคล้องกับตัวชี้วัด

ค 6.1 ม.4-6/2 ค 6.1 ม.4-6/3

<u>วิศวกรรม</u>

สาระสำคัญ

การสร้างห้องเก็บเสียงได้ดีนั้นต้องอาศัยหลักกระบวนการเทคโนโลยีหรือกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมซึ่งมีทั้งหมด 5 ขั้นตอนได้แก่ การระบุปัญหา (Identify a challenge) การค้นหาแนวคิดที่เกี่ยวข้อง (Explore Ideas) การวางแผนและพัฒนา (Plan and Develop) การทดสอบและการประเมินผล (Test and Evaluate) และการนำเสนอผลลัพธ์ (Present the Solution)

ผลการเรียนรู้

ใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมเพื่อแก้ไขสถานการณ์ต่าง ๆได้

ความรู้เดิมที่ต้องรู้ ความเข้มเสียง ระดับเสียง สมบัติของเสียง

จุดประสงค์การเรียน

ด้านความรู้ (K) นักเรียนสามารถ

4. บอกวิธีตรวจสอบคุณภาพ ด้วยการนำเทคโนโลยีมาช่วยในการตรวจสอบ
5. วัดและเปรียบเทียบความดังเสียงในการแข่งขันห้องเก็บเสียงโดยใช้หน่วยมาตรฐาน
6. บอกแนวทางการปรับปรุงและพัฒนาของห้องเก็บเสียงได้ เมื่อผ่านการตรวจสอบคุณภาพของชิ้นงาน

ด้านทักษะ / กระบวนการ (P) มีความสามารถ

ออกแบบการวัดคุณภาพของห้องเก็บเสียงโดยใช้กระบวนการออกแบบได้

ด้านคุณลักษณะอันพึงประสงค์ (A)

มีความรับผิดชอบทำงานที่ได้รับมอบหมายได้สมบูรณ์ตรงตามที่กำหนดและตรงต่อเวลา

หลักฐานร่องรอยการเรียนรู้

สิ่งที่ต้องการวัดและประเมินผล	วิธีวัด	เครื่องมือวัด	เกณฑ์การวัดและประเมินผล
ด้านความรู้ (K) **นักเรียนสามารถ** 1.บอกแนวทางการแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นจากการเล่นดนตรีแล้วมีเสียงรบกวนห้องข้างๆได้ 2.บอกวิธีตรวจสอบคุณภาพ ด้วยการนำเทคโนโลยีมาช่วยในการตรวจสอบ 3.วัดและเปรียบเทียบความดังเสียงในการแข่งขันห้องเก็บเสียงโดยใช้หน่วยมาตรฐาน	- การตอบปัญหาและอภิปรายในชั้นเรียน - ตรวจการตรวจใบกิจกรรมที่ 1.1 และ 1.2	- ใบกิจกรรมที่ 5 เรื่องรู้แล้วต้องแก้ไข	ระดับคุณภาพดีขึ้นไป
ด้านทักษะ / กระบวนการ (P) **มีความสามารถ** 1.วางแผนและออกแบบห้องเก็บเสียงโดยใช้กระบวนการออกแบบได้ 2.เลือกใช้วัสดุในการออกแบบผนังห้องเก็บเสียงได้เหมาะสมกับลักษณะของห้องซ้อมดนตรี	การตรวจใบกิจกรรมที่ 1.1	- ใบกิจกรรมที่ 5 เรื่องรู้แล้วต้องแก้ไข	ระดับคุณภาพดีขึ้นไป
ด้านคุณลักษณะอันพึงประสงค์ (A) 1. มีความรับผิดชอบทำงานที่ได้รับมอบหมายได้สมบูรณ์ตรงตามที่กำหนดและตรงต่อเวลา	การสังเกตพฤติกรรมของนักเรียน	แบบสังเกตพฤติกรรมของนักเรียน	ระดับคุณภาพดีขึ้นไป

สื่อและแหล่งการเรียนรู้

ใบกิจกรรมที่ 5 รู้แล้วต้องแก้ไข

กิจกรรมการเรียนรู้

ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement) (10 **นาที**)

1.ครูถามนักเรียนว่า กระบวนการออกแบบห้องเก็บเสียง นักเรียนใช้หลักการใดในการออกแบบ (แนวคำตอบ หลักการออกแบบเชิงวิศวกรรม มี 5 ขั้นตอน 1. การระบุปัญหา 2. การค้นหาและแนวคิดที่เกี่ยวข้อง 3. การวางแผนและพัฒนา 4. การทดสอบและประเมินผล 5. การนำเสนอผลลัพธ์)

2. ครูนำนักเรียนเข้าสู่กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมในขั้นการทดสอบและประเมินผล

ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration) (120 **นาที**)

3.นักเรียนแต่ละกลุ่มดำเนินการสร้างห้องเก็บเสียง เพื่อลดปัญหาเสียงดังรบกวนไปยังบริเวณภายนอก

4. หลังจากสร้างห้องเก็บเสียง ครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มออกแบบวิธีการทดสอบคุณภาพของผนังเก็บเสียงและสร้างเกณฑ์การประเมินคุณภาพของห้องเก็บเสียง

5. หลังจากที่นักเรียนสร้างห้องเก็บเสียงขึ้นมา ครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มประเมินว่าห้องเก็บเสียงที่สร้างขึ้นผ่านเกณฑ์หรือไม่

6.นักเรียนต้องจดบันทึกทุกขั้นตอนและทุกกระบวนการออกแบบลงในใบกิจกรรมที่ 5 อย่างละเอียด

ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation) (60 **นาที**)

7.นักเรียนแต่ละกลุ่มออกมานำเสนอผลงานห้องเก็บเสียงหน้าชั้นเรียน ว่ามีขั้นตอนในการสร้างอย่างไร มีการปรับปรุงแก้ไขจุดบกพร่องต่าง ๆ เช่น บรรยายสรุป สร้างแบบจำลอง รูปวาด ตาราง กราฟ ฯลฯ และนักเรียนต้องอ้างอิงรูปแบบการออกแบบของนักเรียนด้วยว่าตรงกับแนวคิดเรื่องใดบ้าง

ขั้นขยายความรู้ (Elaboration) (20 **นาที**)

8.ให้นักเรียนเขียนรายงานว่าได้เรียนรู้อะไรบ้างหรือได้แนวคิดใดบ้างจากการตรวจสอบและกระบวนการแก้ไขปัญหาหรือจุดบกพร่อง ที่มีอยู่พร้อมทั้งแสดงหลักฐานของข้อมูลที่มีอยู่ทั้งหมดลงในใบกิจกรรมที่ 5 เรื่อง ห้องเก็บเสียง

9. ให้นักเรียนบอกแนวทางการพัฒนาชิ้นงานในครั้งต่อไป จากองค์ความรู้และแนวคิดที่ได้จากการสร้างห้องเก็บเสียงลงในใบกิจกรรมที่ 5 เรื่อง ห้องเก็บเสียง

ขั้นประเมิน (Evaluation) (30 **นาที**)

10.ให้นักเรียนสรุปเกี่ยวกับประโยชน์และความรู้ที่นำมาใช้และความรู้ที่ได้จากกิจกรรม ห้องเก็บเสียง ในประเด็นต่อไปนี้

- นักเรียนได้เรียนรู้อะไรจากการทำกิจกรรมนี้บ้างเกี่ยวกับ วิทยาศาสตร์(S) เทคโนโลยี (T) วิศวกรรมศาสตร์ (E) และคณิตศาสตร์ (M)
- ห้องเก็บเสียงที่มีลักษณะที่ดีควรมีลักษณะอย่างไร
- ควรใช้วัสดุอย่างไรในการสร้างห้องเก็บเสียง
- ปัญหาในการสร้างห้องเก็บเสียงมีอะไรบ้างและมีแนวทางการปรับปรุงอย่างไร

การมอบหมายงาน

นักเรียนทำใบกิจกรรมที่ 5 รู้แล้วต้องแก้ไข

บันทึกหลังการสอน

ผลการสอน

.....

.....

.....

.....

.....

ปัญหาและอุปสรรค

.....

.....

.....

.....

.....

แนวทางแก้ไข

.....

.....

.....

.....

.....

ลงชื่อ .....

(นางสาวจุฑารัตน์ เกาะหวาย)

ตำแหน่ง ครู

เกณฑ์การให้คะแนนการประเมินใบกิจกรรม

รายการประเมิน	เกณฑ์การให้คะแนน		
	3	2	1
1. ความถูกต้องของเนื้อหา	เนื้อหามีความถูกต้องครบถ้วน สมบูรณ์	เนื้อหามีความถูกต้อง มีผิดไม่เกิน 5 จุด	เนื้อหามีความถูกต้อง มีผิดมากกว่า 5 จุด
2. ความสะอาดสวยงาม	มีความสะอาดสวยงาม เรียบร้อย ไม่มีร่องรอยการลบข้อความ	มีความสะอาดสวยงาม เรียบร้อย มีร่องรอยการลบข้อความไม่เกิน 5 จุด	มีความสะอาดสวยงาม เรียบร้อย มีร่องรอยในการลบข้อความเกิน 5 จุด
3. ทำงานตามขั้นตอน	การทำงานมีครบและถูกต้องทุกขั้นตอน	การทำงานไม่ครบทุกขั้นตอน ขาดไป 1-2 ขั้นตอน	การทำงานไม่ครบทุกขั้นตอน ขาดไปมากกว่า 2 ขั้นตอน
4. ความคิดสร้างสรรค์	ผลงานแสดงออกถึงความคิดริเริ่มสร้างสรรค์แปลกใหม่	ผลงานแสดงออกถึงความคิดริเริ่มสร้างสรรค์เกิดจากการเลียนแบบ	ผลงานไม่แสดงออกถึงความคิดริเริ่มสร้างสรรค์

เกณฑ์การตัดสินคุณภาพ

0 - 5	คะแนน	หมายถึง	0	(ปรับปรุง)
6 - 8	คะแนน	หมายถึง	1	(พอใช้)
9 - 10	คะแนน	หมายถึง	2	(ดี)
11 - 12	คะแนน	หมายถึง	3	(ดีมาก)

หมายเหตุ ระดับคุณภาพ 0 ถือว่า **ไม่ผ่าน**

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/..... โรงเรียนวชิรธรรมสาธิต

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2562

กลุ่ม.....

สมาชิกกลุ่ม

1.....

2.....

3.....

4.....

5.....

คำชี้แจง : ให้ผู้สอน สังเกตพฤติกรรมของนักเรียนในระหว่างเรียนแล้วขีด ✓ ลงในช่องที่ตรงกับระดับคะแนน

ลำดับที่	รายการประเมิน	ระดับคะแนน		
		3	2	1
1	ความร่วมมือกันทำงาน			
2	การแสดงความคิดเห็น			
3	การรับฟังความคิดเห็น			
4	การแบ่งหน้าที่กันอย่างเหมาะสม			
5	ความมีน้ำใจช่วยเหลือกัน			
รวม				

ลงชื่อ..... ผู้ประเมิน

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

เกณฑ์การให้คะแนน

ปฏิบัติหรือแสดงพฤติกรรมอย่างสม่ำเสมอ	ให้	3	คะแนน
ปฏิบัติหรือแสดงพฤติกรรมบ่อยครั้ง	ให้	2	คะแนน
ปฏิบัติหรือแสดงพฤติกรรมบางครั้ง	ให้	1	คะแนน

เกณฑ์การตัดสินคุณภาพ

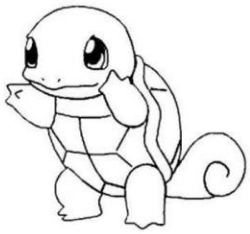
ช่วงคะแนน	**ระดับคุณภาพ**
12-15	ดี
8-11	พอใช้
ต่ำกว่า 8	ปรับปรุง

กลุ่ม

ใบกิจกรรมที่ 5

รู้แล้วต้องแก้ไข ไข ไข.....

หลังจากที่พวกเราทุกคน ได้ดำเนินการ
สร้างห้องเก็บเสียงจำลองเรียบร้อยแล้ว
ต่อไป... ให้แต่ละทีมนำมาตรวจสอบกันดูว่า
ห้องเก็บเสียงกลุ่มใครจะเก็บเสียงได้ดีที่สุด



ชี้แจงแถลงไข ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มตอบคำถามต่อไปนี้

Step 4 ทดสอบและการประเมินผล (Test and Evaluate)

	คำตอบ
วิธีการตรวจสอบ	
เกณฑ์การตรวจสอบ	
ผลการตรวจสอบ	

กลุ่ม

Step 5 การนำเสนอผลลัพธ์ (Present the Solution)

	คำตอบ
ข้อดีของผลงาน	
ข้อควรแก้ไขผลงาน	
ขั้นตอนการแก้ไข (เขียนเป็นรายข้อ)	

ภาคผนวก จ

- ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ก่อนและหลังเรียน ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้จากหน่วยการเรียนรู้บูรณาการแบบสะเต็ม เรื่อง เสียง

- คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ระหว่างเรียน ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้จากหน่วยการเรียนรู้บูรณาการแบบสะเต็ม เรื่อง เสียง

- คะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์หลังเรียน ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้จากหน่วยการเรียนรู้บูรณาการแบบสะเต็มเรื่อง เสียง

ตาราง 18 คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ก่อนและหลังเรียน ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้บูรณาการแบบสะเต็มเรื่อง เสียง

คนที่	ก่อนเรียน (20 คะแนน)	หลังเรียน (20 คะแนน)
1	3	17
2	4	17
3	6	17
4	6	15
5	5	15
6	6	17
7	6	17
8	4	16
9	5	18
10	5	18
11	4	17
12	5	16
13	5	16
14	3	18
15	6	16
16	4	18
17	5	17
18	4	17
19	4	17
20	4	17
21	5	18
22	5	16
23	5	16
24	5	18
25	6	17

ตาราง 18 (ต่อ)

คนที่	ก่อนเรียน (20 คะแนน)	หลังเรียน (20 คะแนน)
26	5	17
27	5	16
28	5	18
29	5	15
30	5	17
31	5	16
32	6	18
33	5	17
34	5	17
35	4	17
36	5	16
37	4	18
38	6	17
39	4	18

ตาราง 19 คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ระหว่างเรียน ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้บูรณาการแบบสะเต็มเรื่อง เสียง

คนที่	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5	ครั้งที่ 6	ครั้งที่ 7	ครั้งที่8	รวม (80คะแนน)
1	6	7.5	7.5	10	7.5	10	10	10	68.5
2	4	7.5	7.5	10	10	10	10	10	69
3	4	7	7.5	10	10	10	10	10	68.5
4	5	7.5	7.5	10	10	7.5	7.5	10	65
5	4	7.5	7.5	10	10	10	10	10	69
6	6	5	7.5	7.5	10	10	10	10	66
7	4	7	10	10	7.5	10	10	10	68.5
8	4	10	7.5	10	10	10	10	10	71.5
9	5	7	7.5	10	10	10	10	10	69.5
10	4	7.5	7.5	10	10	10	10	10	69
11	4	7.5	7.5	7.5	10	10	10	10	66.5
12	4	5	7.5	7.5	10	10	10	10	64
13	4	7.5	10	7.5	10	10	10	7.5	66.5
14	4	7.5	7.5	10	7.5	10	10	10	66.5
15	4	6	7.5	7.5	10	7.5	10	7.5	60
16	0	7.5	7.5	2.5	10	10	10	10	57.5
17	4	7.5	7.5	10	10	7.5	7.5	7.5	61.5
18	2	5	10	10	10	10	10	10	67
19	4	7.5	10	10	10	10	10	10	71.5
20	4	5	10	7.5	10	10	10	10	66.5
21	4	7.5	7.5	7.5	10	10	10	10	66.5
22	4	7.5	7.5	10	10	10	10	10	69
23	4	5	10	7.5	10	10	10	7.5	64

ตาราง 19 (ต่อ)

คนที่	ครั้งที่1	ครั้งที่2	ครั้งที่3	ครั้งที่4	ครั้งที่5	ครั้งที่6	ครั้งที่ 7	ครั้งที่8	รวม (80คะแนน)
24	4	7.5	7.5	10	10	0	10	10	59
25	4	10	7.5	7.5	10	10	10	10	69
26	4	7.5	7.5	10	10	10	10	10	69
27	2	6	7.5	10	10	7.5	7.5	10	60.5
28	4	7.5	7.5	10	10	10	10	10	69
29	4	5	7.5	10	10	10	7.5	10	64
30	6	5	10	7.5	10	10	10	10	68.5
31	4	7.5	10	10	10	10	10	10	71.5
32	4	5	7.5	10	10	10	10	10	66.5
33	4	7.5	7.5	10	10	10	7.5	10	66.5
34	4	7.5	7.5	10	10	10	10	10	69
35	4	7.5	7.5	10	10	10	10	10	69
36	4	7.5	7.5	10	10	10	10	10	69
37	4	10	7.5	10	10	10	10	10	71.5
38	6	5	7.5	10	10	10	7.5	10	66
39	4	7.5	7.5	10	10	10	10	10	69

ตาราง 20 คะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้บูรณาการแบบสะเต็มเรื่อง เสียง

คนที่	ก่อนเรียน (14 คะแนน)	หลังเรียน (14 คะแนน)
1	7	14
2	8	12
3	6	12
4	6	10
5	7	13
6	7	14
7	7	12
8	7	12
9	6	11
10	6	12
11	7	11
12	8	11
13	7	13
14	6	12
15	7	12
16	7	12
17	7	13
18	6	12
19	6	12
20	8	14
21	7	12
22	6	14
23	6	14
24	7	13
25	7	13

ตาราง 20 (ต่อ)

คนที่	ก่อนเรียน (14 คะแนน)	หลังเรียน (14 คะแนน)
26	9	13
27	6	11
28	8	13
29	6	10
30	6	10
31	9	13
32	6	13
33	7	13
34	6	12
35	7	13
36	7	13
37	6	12
38	8	12
39	6	8

ภาคผนวก ฉ

ภาพกิจกรรมการเรียนรู้

หน่วยการเรียนรู้บูรณาการแบบ STEM เรื่อง เสียง

ภาพกิจกรรมขณะได้รับการจัดการเรียนรู้
ด้วยหน่วยการเรียนรู้บูรณาการแบบสะเต็มเรื่อง เสียง
กิจกรรมเสียงที่มองเห็น

ภาพกิจกรรมขณะได้รับการจัดการเรียนรู้
ด้วยหน่วยการเรียนรู้บูรณาการแบบสะเต็มเรื่อง เสียง
กิจกรรมเสียงวิ่งได้

ภาพกิจกรรมขณะได้รับการจัดการเรียนรู้
ด้วยหน่วยการเรียนรู้บูรณาการแบบสะเต็มเรื่อง เสียง
กิจกรรมการสั่นพ้องของเสียง

ภาพกิจกรรมขณะได้รับการจัดการเรียนรู้
ด้วยหน่วยการเรียนรู้บูรณาการแบบสะเต็มเรื่อง เสียง
กิจกรรมห้องเก็บเสียง

ภาพกิจกรรมขณะได้รับการจัดการเรียนรู้
ด้วยหน่วยการเรียนรู้บูรณาการแบบสะเต็มเรื่อง เสียง
กิจกรรมห้องเก็บเสียง

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-สกุล	นางสาวจุฑารัตน์ เกาะหวาย
วัน เดือน ปี เกิด	8 พฤษภาคม 2535
สถานที่เกิด	นครนายก
วุฒิการศึกษา	พ.ศ.2558 การศึกษาบัณฑิต สาขาเอกฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ จาก มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ