การพัฒนาการจัดการเรียนรู้โดยใช้การออกแบบ 6E ตามแนวคิด STEAM ร่วมกับปัญหาเป็นฐานเพื่อส่งเสริมสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ด้านการประเมินและการออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ปฏิกิริยาเคมี สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

ภัทราภรณ์ เจริญศิลป์

การค้นคว้าอิสระเสนอบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยนเรศวร
เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา หลักสูตรการศึกษามหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิจัยและประเมินทางการศึกษา
ปีการศึกษา 2567
ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยนเรศวร

การพัฒนาการจัดการเรียนรู้โดยใช้การออกแบบ 6E ตามแนวคิด STEAM ร่วมกับปัญหาเป็นฐานเพื่อส่งเสริมสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ด้านการประเมินและการออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ปฏิกิริยาเคมี สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

ภัทราภรณ์ เจริญศิลป์

การค้นคว้าอิสระเสนอบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยนเรศวร
เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา หลักสูตรการศึกษามหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิจัยและประเมินทางการศึกษา
ปีการศึกษา 2567
ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยนเรศวร

การค้นคว้าอิสระ เรื่อง "การพัฒนาการจัดการเรียนรู้โดยใช้การออกแบบ 6E ตามแนวคิด STEAM ร่วมกับปัญหาเป็นฐานเพื่อส่งเสริมสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ด้านการประเมินและการออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ปฏิกิริยาเคมี สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3"

ของ ภัทราภรณ์ เจริญศิลป์

ได้รับการพิจารณาให้นับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาวิจัยและประเมินทางการศึกษา

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชำนาญ ปาณาวงษ์)

อาจารย์ที่ปรึกษาการค้นคว้าอิสระ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อัจฉรา ศรีพันธ์)

หัวหน้าภาควิชาบริหาร วิจัย และพัฒนานวัตกรรมทางการศึกษา

ชื่อเรื่อง การพัฒนาการจัดการเรียนรู้โดยใช้การออกแบบ 6E ตามแนวคิด STEAM ร่วมกับปัญหาเป็นฐานเพื่อส่งเสริมสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ด้านการประเมินและการออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ปฏิกิริยาเคมี สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

ผู้วิจัย ภัทราภรณ์ เจริญศิลป์

ประธานที่ปรึกษา ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชำนาญ ปาณาวงษ์

ประเภทสารนิพนธ์ การค้นคว้าอิสระ กศ.ม. วิจัยและประเมินทางการศึกษา, มหาวิทยาลัยนเรศวร, 2567

คำสำคัญ การจัดการเรียนรู้โดยการออกแบบ 6E ตามแนวคิด STEAM การจัดการเรียนรู้โดยปัญหาเป็นฐาน สมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ด้านการประเมินและการออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีจุดมุ่งหมายหลักเพื่อการพัฒนาการจัดการเรียนรู้โดยใช้การออกแบบ 6E ตามแนวคิด STEAM ร่วมกับปัญหาเป็นฐานเพื่อส่งเสริมสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ด้านการประเมินและการออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ปฏิกิริยาเคมี สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โดยมีจุดมุ่งหมาย ดังนี้ 1) เพื่อสร้างและหาดัชนีประสิทธิผลของการจัดการเรียนรู้โดยใช้การออกแบบ 6E ตามแนวคิด STEAM ร่วมกับปัญหาเป็นฐานเพื่อส่งเสริมสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ด้านการประเมินและการออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ปฏิกิริยาเคมี สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 2) เพื่อศึกษาผลของการจัดการเรียนรู้โดยใช้การออกแบบ 6E ตามแนวคิด STEAM ร่วมกับปัญหาเป็นฐานเพื่อส่งเสริมสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ด้านการประเมินและการออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ปฏิกิริยาเคมี สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 3) เพื่อศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการจัดการเรียนรู้โดยใช้การออกแบบ 6E ตามแนวคิด STEAM ร่วมกับปัญหาเป็นฐานเพื่อส่งเสริมสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ด้านการประเมินและการออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ปฏิกิริยาเคมี สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ดำเนินการโดยใช้กระบวนการวิจัยและพัฒนา 3 ขั้นตอน ดังนี้ ขั้นตอนที่ 1 การสร้างและหาดัชนีประสิทธิผลของการจัดการเรียนรู้โดยใช้การออกแบบ 6E ตามแนวคิด STEAM ขั้นตอนที่ 2 การทดลองใช้การจัดการเรียนรู้โดยใช้การออกแบบ 6E ตามแนวคิด STEAM ร่วมกับปัญหาเป็นฐาน ขั้นตอนที่ 3 การศึกษาความพึงพอใจที่มีต่อการจัดการเรียนรู้

โดยใช้การออกแบบ 6E ตามแนวคิด STEAM ร่วมกับปัญหาเป็นฐาน พิจารณาความเหมาะสมของกิจกรรมการเรียนรู้ โดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 คน และทดสอบประสิทธิผลกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนอุทัยวิทยาคม ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2567 จำนวน 39 คน หลังจากนั้นนำมาใช้กับกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนอุทัยวิทยาคม จำนวน 37 คนซึ่งได้มาจากการเลือกแบบเจาะจง โดยใช้แบบแผนการวิจัยแบบ One Group Pretest Posttest Design เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ การจัดการเรียนรู้โดยใช้การออกแบบ 6E ตามแนวคิด STEAM ร่วมกับปัญหาเป็นฐานเพื่อส่งเสริมสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ด้านการประเมินและการออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ปฏิกิริยาเคมี สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 แบบวัดสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ แบบประเมินความพึงพอใจที่มีต่อการจัดการเรียนรู้โดยใช้การออกแบบ 6E ตามแนวคิด STEAM ร่วมกับปัญหาเป็นฐาน สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

ผลการวิจัยพบว่า 1) ผลการสร้างและหาดัชนีประสิทธิผลของกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้การออกแบบ 6E ตามแนวคิด STEAM ร่วมกับปัญหาเป็นฐานเพื่อส่งเสริมสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ด้านการประเมินและการออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์เรื่อง ปฏิกิริยาเคมี กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 พบว่า สมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ด้านการประเมินและการออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์เรื่อง ปฏิกิริยาเคมี มีกิจกรรมการเรียนรู้ทั้งหมด 4 กิจกรรม ในแต่ละกิจกรรมประกอบไปด้วย 6 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นที่ 1 ขั้นกำหนดปัญหาเพื่อสร้างความสนใจ ขั้นที่ 2 ขั้นสำรวจตรวจสอบ ขั้นที่ 3 ขั้นอธิบายและเข้าใจปัญหา ขั้นที่ 4 ขั้นดำเนินการออกแบบเชิงวิศวกรรม ขั้นที่ 5 ขั้นสังเคราะห์ความรู้ ปรับปรุงและลงข้อสรุป ขั้นที่ 6 ขั้นสรุปและประเมินผล และมีค่าดัชนีประสิทธิผล 0.6153 คิดเป็นร้อยละ 61.53 2) ผลการศึกษาพฤติกรรมการเรียนรู้ระหว่างเรียนเมื่อผ่านกิจกรรมการเรียนรู้ทั้ง 6 ขั้นตอน พบว่า นักเรียนมีสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ด้านการประเมินและการออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน และคะแนนหลังเรียนสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 3) ผลการประเมินความพึงพอใจของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่มีต่อการจัดการเรียนรู้โดยใช้การออกแบบ 6E ตามแนวคิด STEAM ร่วมกับปัญหาเป็นฐาน พบว่า ในภาพรวมนักเรียนมีความพึงพอใจในระดับดีมาก

Title THE DEVELOPMENT OF LEARNING ACTIVITY BY 6E LEARNING ON STEAM EDUCATION WITH PROBLEM-BASED LEARNING TO ENHANCING SCIENTIFIC INQUIRY PROCESS EVALUATING AND DESIGN COMPETENCY INQUIRY BASED ON THE TOPIC OF CHEMICAL REACTION FOR GRADE 9 STUDENTS

Author Phattaraporn Charoensin

Advisor Assistant Professor Chamnan Panawong, Ph.D.

Academic Paper M.Ed. Independent Study in Educational Research and Evaluation - (Plan B), Naresuan University, 2024

Keywords Learning activity by 6E learning on steam education Learning activity by Problem-based learning Scientific Inquiry Process Evaluating and Design Competency Inquiry

ABSTRACT

The main objectives of this research were the development of learning activity by 6E learning on STEAM Education with problem-based learning to enhancing scientific inquiry process evaluating and design competency inquiry based on the topic of chemical reaction for grade 9 students. There were sub objectives: 1) To create and determine the effectiveness of 6E learning on STEAM Education with problem-based learning to enhancing scientific inquiry process evaluating and design competency inquiry based on the topic of chemical reaction for grade 9 students. 2) Studying the learning behavior and development of scientific inquiry process evaluating and design competency inquiry based in the assessment and design of scientific inquiry processes during learning management 3) Studying the satisfaction about learning activities by 6E learning on STEAM Education with problem-based learning. The research process involved three stages: 1) creation and effectiveness stage. 2) Trial stage the research participants included 39 9 grade students at Uthaiwitthayakhom School. 3) Studying the satisfaction about learning activities by 6E learning on STEAM Education with problem-based questioning techniques. This learning activities were considered as appropriate by 5 experts and test of effectiveness for 9 grade students at

Uthaiwitthayakhom School in Term 1 academic year 2024 the sample group, 37 grade 9 students of Uthaiwitthayakhom School who were chosen by specific selection method via One Group Pretest Posttest Design. The instrument tools were learning activities by 6E learning on STEAM Education with problem-based to enhance Scientific Inquiry Process Evaluating and Design Competency Inquiry on the topic of chemical reaction for grade 9 students, Scientific Inquiry Process Evaluating and Design Competency Inquiry test, and student satisfaction questionnaire about learning activities by 6E learning on STEAM Education.

The results of this research were as follows: 1) The result of appropriate learning activities by 6E learning on STEAM Education with problem-based to enhance Scientific Inquiry Process Evaluating and Design Competency Inquiry on the topic of chemical reaction for grade 9 students was, Get 4 activities, each activity consists of 6 steps ; Step 1 Problem Identification for engagement, Step 2 Exploration, Step 3 Explain and understand the problem, Step 4 Planning and engineering, Step 5 Synthesizing knowledge and design improvement and summarizing results, Step 6 Summary and evaluation and the effectiveness was 0.6153 or 61.53 percent 2) The Results of the study of learning behavior during study when passing through all 6 steps of learning activities Scientific Inquiry Process Evaluating and Design Competency Inquiry after learning by 6E learning on STEAM Education with problem-based was higher than before learning and Post-test scores was higher than the standard with statistical 70 percent significance at the level of .05 3) The satisfaction of grade 9 students about learning activities 6E learningon STEAM Education with problem-based was in high levels

ประกาศคุณูปการ

การศึกษาค้นคว้าด้วยตนเองฉบับนี้ สำเร็จสมบูรณ์ได้ด้วยความกรุณาในการให้คำปรึกษาแนะนำเป็นอย่างดีจาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชำนาญ ปาณาวงษ์ อาจารย์ที่ปรึกษาที่ได้กรุณาสละเวลาอันมีค่ามาเป็นที่ปรึกษา พร้อมทั้งให้คำแนะนำตลอดระยะเวลาในการทำการศึกษาค้นคว้าด้วยตนเองตลอดจนแก้ไขข้อบกพร่องด้วยความเอาใจใส่ จนทำให้การศึกษาค้นคว้าด้วยตนเองนี้สำเร็จลุล่วงได้อย่างสมบูรณ์ ผู้ทำการศึกษาวิจัยต้องขอกราบขอบพระคุณไว้ ณ ที่นี้ด้วย

กราบขอบพระคุณคณาจารย์คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวรทุกท่านที่ประสิทธิ์ประสาทความรู้และให้ประสบการณ์ที่ดี ให้คำปรึกษา คำแนะนำ และกำลังใจที่ดีแก่ศิษย์เสมอมา

กราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สกนธ์ชัย ชะนูนันท์ อาจารย์ประจำภาควิชาการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ณัฐกานต์ ประจัญบาน อาจารย์ประจำภาควิชาบริหาร วิจัย และพัฒนานวัตกรรมทางการศึกษา ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.รุ่งทิวา กองสอน อาจารย์ประจำภาควิชาหลักสูตรและการสอน วิทยาลัยการศึกษา มหาวิทยาลัยพะเยา นางสุภรรณี ดีเจริญ ครูชำนาญการพิเศษ โรงเรียนอุทัยวิทยาคม และนายอนุชา ตู้แก้ว ครูชำนาญการพิเศษ โรงเรียนอุทัยวิทยาคม เป็นอย่างสูง ที่ได้กรุณาเป็นผู้เชี่ยวชาญในการประเมินตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการค้นคว้าอิสระ รวมถึงให้คำแนะนำต่าง ๆ จนทำให้การค้นคว้าอิสระครั้งนี้สมบูรณ์

ขอขอบคุณนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนอุทัยวิทยาคม อำเภอเมืองอุทัยธานี จังหวัดอุทัยธานี ที่ให้ความร่วมมือเป็นอย่างดีในการเก็บข้อมูลและการดำเนินการในการค้นคว้าอิสระ ให้ผ่านลุล่วงไปได้ด้วยดี

เหนือสิ่งอื่นใดขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา ของผู้วิจัยที่ให้กำลังใจและให้การสนับสนุนในทุก ๆ ด้านอย่างดีที่สุดเสมอมาคุณค่าและคุณประโยชน์อันพึงมีจากการศึกษาค้นคว้าด้วยตนเองครั้งนี้ ผู้วิจัยขอมอบและอุทิศแด่ผู้มีพระคุณทุก ๆ ท่าน ผู้วิจัยหวังเป็นอย่างยิ่งว่า การศึกษาค้นคว้าด้วยตนเองนี้จะเป็นประโยชน์ต่อการพัฒนาการศึกษาของสังคมไทยและผู้ที่สนใจบ้างไม่มากก็น้อย

ภัทราภรณ์ เจริญศิลป์

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ค

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ

ประกาศคุณูปการ ..... ช

สารบัญ ..... ซ

สารบัญตาราง ..... ฌ

สารบัญภาพ ..... ต

บทที่ 1 บทนำ 1

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1

คำถามการวิจัย 4

จุดมุ่งหมายของการวิจัย 5

จุดมุ่งหมายของการวิจัยหลัก 5

จุดมุ่งหมายของการวิจัยย่อย 5

ขอบเขตของงานวิจัย 6

นิยามศัพท์เฉพาะ 9

สมมติฐานของการวิจัย 12

ประโยชน์ที่ได้รับ 12

บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 13

1. หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง 2560) 16

1.1 วิสัยทัศน์ 16

1.2 หลักการ 16
1.3 จุดหมาย 16
1.4 สาระและมาตรฐานการเรียนรู้ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี 17
1.5 คำอธิบายรายวิชาวิทยาศาสตร์ 17
1.6 โครงสร้างรายวิชาวิทยาศาสตร์ 18
2. สมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ 19
2.1 กรอบการประเมินด้านวิทยาศาสตร์ 19
2.2 กรอบโครงสร้างการประเมินการรู้เรื่องวิทยาศาสตร์ 20
2.3 บริบทที่ใช้ในการประเมิน 22
2.4 บริบทที่ใช้ในการประเมินด้านวิทยาศาสตร์ PISA 2022 22
2.5 สมรรถนะของวิทยาศาสตร์ (Scientific Competencies) 24
2.6 ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ 26
3. การจัดการเรียนรู้โดยใช้การออกแบบ 6E ตามแนวคิด STEAM 30
3.1 ความเป็นมาและความสำคัญของสะตีม (STEAM Education) 30
3.2 ความหมายการจัดการเรียนรู้แบบสะตีมศึกษา (STEAM Education) 31
3.3 ลักษณะสำคัญของการจัดการเรียนรู้แบบสะตีมศึกษา 34
3.4 ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบสะตีมศึกษา 35
3.5 ข้อดีของการจัดการเรียนรู้แบบสะตีมศึกษา 39
3.6 บทบาทของผู้สอนและผู้เรียน 40
3.7 แนวคิดของ STEM Education กับการออกแบบเชิงวิศวกรรม 43

3.8 การประยุกต์สะเต็มศึกษา (STEM Education) สู่สตีมศึกษา (STEAM Education) 46
3.9 ทฤษฎีการเรียนรู้ที่สนับสนุนการเรียนรู้ตามแนวคิดสตีม.....48
3.10 แนวทางการจัดกิจกรรมการเรียนรู้บูรณาการแบบ STEAM 49
3.11 กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม (Engineering Design Process).....57
4. การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน.....62
4.1 แนวคิดและทฤษฎีการเรียนรู้ที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน.....62
4.2 ความหมายของการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน.....63
4.3 ขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน.....65
4.4 ลักษณะสำคัญของการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน.....68
4.5 ลักษณะปัญหาที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน.....71
4.6 บทบาทของครูผู้สอนในการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน.....72
4.7 บทบาทของผู้เรียนในการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน 74
4.8 การประเมินผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน.....75
5. การจัดการเรียนรู้โดยใช้การออกแบบ 6E ตามแนวคิด STEAM ร่วมกับปัญหาเป็นฐาน เพื่อส่งเสริมสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ด้านการประเมินและการออกแบบกระบวนการ สืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ปฏิกิริยาเคมี สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 78
6. ทฤษฎีการเรียนรู้คอนสตรัคติวิสต์.....83
6.1 เงื่อนไขการเรียนรู้ตามแนวทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ (Constructivist Theory)....83
6.2 การออกแบบการสอนที่มีพื้นฐานจากทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์.....86

6.3 แนวคิดพื้นฐานในการออกแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ 87
6.4 รูปแบบการจัดการเรียนการสอนที่สอดคล้องกับทฤษฎีการเรียนรู้คอนสตรัคติวิสต์ (Constructivist) 88
6.5 วิธีการจัดการเรียนการสอนตามทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ 89
7. ความพึงพอใจ 91
7.1 ความหมายของความพึงพอใจ 91
7.2 แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับความพึงพอใจ 92
7.3 เครื่องมือวัดความพึงพอใจ 93
8. ดัชนีประสิทธิผล 95
9. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 97
9.1 งานวิจัยภายในประเทศ 97
9.2 งานวิจัยต่างประเทศ 103
10. กรอบแนวคิดการวิจัย 106
บทที่ 3 วิธีดำเนินงานวิจัย 107
ขั้นตอนที่ 1 การสร้างและหาดัชนีประสิทธิผลของการจัดการเรียนรู้โดยใช้การออกแบบ 6E ตามแนวคิด STEAM ร่วมกับปัญหาเป็นฐานเพื่อส่งเสริมสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ด้านการประเมินและการออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ปฏิกิริยาเคมี สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 110
1.1 ด้านแหล่งข้อมูล 110
1.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย 111
1.3 วิธีสร้างและหาคุณภาพของเครื่องมือ 111
1.4 การวิเคราะห์ข้อมูล 122

ขั้นตอนที่ 2 การทดลองใช้การจัดการเรียนรู้โดยใช้การออกแบบ 6E ตามแนวคิด STEAM ร่วมกับปัญหาเป็นฐานเพื่อส่งเสริมสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ด้านการประเมินและการออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ปฏิกิริยาเคมี สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 123

2.1 กลุ่มทดลอง 123

2.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย 123

2.3 แบบแผนการวิจัย 123

2.4 การวิเคราะห์ข้อมูล 124

ขั้นตอนที่ 3 การศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการจัดการเรียนรู้โดยใช้การออกแบบ 6E ตามแนวคิด STEAM ร่วมกับปัญหาเป็นฐานเพื่อส่งเสริมสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ด้านการประเมินและการออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ปฏิกิริยาเคมี สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 124

3.1 แหล่งข้อมูล 124

3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย 125

3.3 วิธีการสร้างและหาคุณภาพของเครื่องมือ 125

3.4 การวิเคราะห์ข้อมูล 126

สถิติที่ใช้ในการวิจัย 127

1. สถิติพื้นฐาน 127

2. สถิติที่ใช้ในการหาคุณภาพของเครื่องมือ 127

3. สถิติที่ใช้ทดสอบสมมติฐาน 130

บทที่ 4 ผลการวิจัย 131

ตอนที่ 1 ผลการสร้างและหาดัชนีประสิทธิผลของการจัดการเรียนรู้โดยใช้การออกแบบ 6E ตามแนวคิด STEAM ร่วมกับปัญหาเป็นฐานเพื่อส่งเสริมสมรรถนะทาง

วิทยาศาสตร์ด้านการประเมินและการออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ปฏิกิริยาเคมี สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 132
ตอนที่ 2 ผลการทดลองใช้การจัดการเรียนรู้โดยใช้การออกแบบ 6E ตามแนวคิด STEAM ร่วมกับปัญหาเป็นฐานเพื่อส่งเสริมสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ด้านการประเมินและการออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ปฏิกิริยาเคมี สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 145
ตอนที่ 3 ผลการศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่มีต่อการจัดการเรียนรู้โดยใช้การออกแบบ 6E ตามแนวคิด STEAM ร่วมกับปัญหาเป็นฐานเพื่อส่งเสริมสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ด้านการประเมินและการออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ปฏิกิริยาเคมี 164
บทที่ 5 บทสรุป 167
สรุปผลการวิจัย 168
อภิปรายผล 171
ข้อเสนอแนะ 178
ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้ 178
ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยในครั้งถัดไป 179
บรรณานุกรม 180
ภาคผนวก 185
ภาคผนวก ก รายนามผู้เชี่ยวชาญ 186
ภาคผนวก ข ผลการตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือ 194
ภาคผนวก ค เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล 225
ภาคผนวก ง การวิเคราะห์ข้อมูลการวิจัยโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป 323
ประวัติผู้วิจัย 329

สารบัญตาราง

หน้า

ตาราง 1 โครงสร้างรายวิชาวิทยาศาสตร์ (สาระที่ 2 วิทยาศาสตร์กายภาพ).....18

ตาราง 2 ลำดับแผนการจัดการเรียนรู้.....19

ตาราง 3 บริบทที่ใช้ในการประเมินด้านวิทยาศาสตร์ PISA 2022.....22

ตาราง 4 ความรู้ด้านเนื้อหาวิทยาศาสตร์ PISA 2022.....27

ตาราง 5 เปรียบเทียบทักษะการคิดที่เกิดจากแนวคิด STEM และ STEAM.....47

ตาราง 6 บทบาทหน้าที่แตกต่างกันของครูและนักเรียน.....52

ตาราง 7 รูปแบบการเรียนรู้สอดคล้องกับแนวคิดสตีมศึกษา.....57

ตาราง 8 สังเคราะห์การจัดการเรียนรู้โดยใช้การออกแบบ 6E ตามแนวคิด STEAM ร่วมกับปัญหาเป็นฐานเพื่อส่งเสริมสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ด้านการประเมินและการออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ปฏิกิริยาเคมี สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3.....79

ตาราง 9 เกณฑ์การประเมินแบบประเมินสมรรถนะการประเมินและออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์.....115

ตาราง 10 ค่าความสัมพันธ์ (r_{xy}) ระหว่างผู้ประเมินคนที่ 1 กับผู้ประเมินคนที่ 2 (interrater reliability).....118

ตาราง 11 แบบวัดสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ด้านการประเมินและการออกแบบกระบวนการ สืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ปฏิกิริยาเคมี สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3.....120

ตาราง 12 แบบแผนการวิจัยในการเปรียบเทียบสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ด้านการประเมินและการออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ปฏิกิริยาเคมี สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3.....123

ตาราง 13 ผลการวิเคราะห์ความเหมาะสมของการออกแบบ 6E ตามแนวคิด STEAM ร่วมกับปัญหาเป็นฐานเรื่อง ปฏิกิริยาเคมี 134

ตาราง 14 การปรับแก้แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 ขั้นที่ 3 อธิบายและเข้าใจปัญหา..... 138

ตาราง 15 การปรับแก้แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 ขั้นที่ 4 ขั้นดำเนินการออกแบบเชิงวิศวกรรม..... 139

ตาราง 16 การปรับแก้แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 ขั้นที่ 5 ขั้นสังเคราะห์ความรู้ ปรับปรุงและลงข้อสรุป 140

ตาราง 17 การปรับแก้แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 ขั้นที่ 6 ขั้นสรุปและประเมินผล..... 142

ตาราง 18 ผลการคำนวณค่าดัชนีประสิทธิผล (Efficiency Index: E.I.) (N = 39)..... 144

ตาราง 19 คะแนนพัฒนาการของสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ด้านการประเมินและการออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ระหว่างได้รับการจัดกิจกรรมเรียนรู้..... 146

ตาราง 20 ผลการวิเคราะห์การเปรียบเทียบสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ด้านการประเมิน และ การออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้การออกแบบ 6E ตามแนวคิด STEAM ร่วมกับปัญหาเป็นฐาน (N = 37) 162

ตาราง 21 ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ด้านการประเมินและการออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ หลังเรียนกับเกณฑ์ร้อยละ 70 ด้วย การจัดการเรียนรู้โดยใช้การออกแบบ 6E ตามแนวคิด STEAM ร่วมกับปัญหาเป็นฐาน (N = 37)..... 163

ตาราง 22 ผลการวิเคราะห์ความพึงพอใจของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่มีต่อการจัดการเรียนรู้โดยใช้การออกแบบ 6E ตามแนวคิด STEAM ร่วมกับปัญหาเป็นฐานเพื่อส่งเสริมสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ด้านการประเมินและการออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ปฏิกิริยาเคมี 164

ตาราง 23 ผลการประเมินความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้การพัฒนาการจัดการเรียนรู้โดยใช้การออกแบบ 6E ตามแนวคิด STEAM..... 195

ตาราง 24 ผลการประเมินความสอดคล้องของแบบวัดสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ด้านการประเมินและการออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ตามความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ..... 202

ตาราง 25 ผลการวิเคราะห์หาค่าความยากและอำนาจจำแนกของแบบทดสอบวัดสมรรถนะการประเมินและออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ปฏิกิริยาเคมี หลังจากนำไปทดลองใช้กับนักเรียนที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง..... 214

ตาราง 26 ผลการคัดเลือกแบบวัดสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ด้านการประเมินและการออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 จำนวน 13 ข้อ..... 216

ตาราง 27 ผลการวิเคราะห์ค่าความเชื่อมั่นทั้งฉบับ (Cronbach's alpha coefficient) ของแบบวัดสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ด้านการประเมินและการออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 จำนวน 13 ข้อ..... 217

ตาราง 28 ผลคะแนนการหาดัชนีประสิทธิผล คะแนนสอบก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้โดยใช้การออกแบบ 6E ตามแนวคิด STEAM ร่วมกับปัญหาเป็นฐาน เพื่อส่งเสริมสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ด้านการประเมินและการออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ปฏิกิริยาเคมี สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 จำนวน 39 คน..... 219

ตาราง 29 ผลการประเมินความสอดคล้องของข้อคำถามที่ใช้วัดความพึงพอใจที่มีต่อการจัดการ เรียนรู้โดยใช้การออกแบบ 6E ตามแนวคิด STEAM ร่วมกับปัญหาเป็นฐานเพื่อส่งเสริมสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ด้านการประเมินและการออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ปฏิกิริยาเคมี สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 จากการประเมินของผู้เชี่ยวชาญ..... 223

ตาราง 30 ผลการหาค่าความเชื่อมั่นแบบสอบถามความพึงพอใจที่มีต่อการจัดการเรียนรู้โดยใช้ การออกแบบ 6E ตามแนวคิด STEAM ร่วมกับปัญหาเป็นฐานเพื่อส่งเสริมสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ด้านการประเมินและการออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ปฏิกิริยาเคมี สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 224

ตาราง 31 ผลคะแนนการทดลองใช้กับกลุ่มตัวอย่าง คะแนนสอบก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้โดยใช้การออกแบบ 6E ตามแนวคิด STEAM ร่วมกับปัญหาเป็นฐาน เพื่อส่งเสริมสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ด้านการประเมินและการออกแบบกระบวน การสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ปฏิกิริยาเคมี สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 จำนวน 37 คน..... 324

ตาราง 32 ผลการวิเคราะห์การเปรียบเทียบสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ด้านการประเมินและการออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ปฏิกิริยาเคมี ระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียน โดยใช้การออกแบบ 6E ตามแนวคิด STEAM ร่วมกับปัญหาเป็นฐาน สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3..... 328

ตาราง 33 ผลการวิเคราะห์การเปรียบเทียบสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ด้านการประเมินและการออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ปฏิกิริยาเคมี หลังเรียนเทียบกับเกณฑ์ร้อยละ 70 โดยใช้การออกแบบ 6E ตามแนวคิด STEAM ร่วมกับปัญหาเป็นฐาน สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 329

สารบัญภาพ

หน้า

ภาพ 1 กรอบการประเมินด้านวิทยาศาสตร์ของ PISA 2022.....21

ภาพ 2 กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม.....45

ภาพ 3 กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมจึงประกอบด้วย 6 ขั้นตอน.....60

ภาพ 4 แนวคิดการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน.....62

ภาพ 5 ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน.....67

ภาพ 6 สเกลตามแบบวัดเจตคติของลิเคิร์ท.....94

ภาพ 7 สเกลข้อความตามแบบวัดเจตคติของลิเคิร์ท.....95

ภาพ 8 กรอบแนวคิดการวิจัย.....106

ภาพ 9 ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย.....109

ภาพ 10 การวิเคราะห์สถานการณ์ปัญหาของนักเรียนตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1-4149

ภาพ 11 การสำรวจตรวจสอบแยกแยะประเด็นปัญหาหรือคำถามใดสามารถตรวจสอบได้ด้วยวิธีการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1-4.....151

ภาพ 12 การอธิบายและเข้าใจปัญหาที่นักเรียนสำรวจตรวจสอบตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1-4.....152

ภาพ 13 ตัวอย่างการดำเนินการออกแบบเชิงวิศวกรรมที่นักเรียนลงมือปฏิบัติ แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1-4.....154

ภาพ 14 ตัวอย่างสังเคราะห์ความรู้ ปรับปรุงและลงข้อสรุปของนักเรียนใน แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1-4.....156

ภาพ 15 ตัวอย่างการนำเสนอสรุปหน้าชั้นเรียนของนักเรียนในการทำกิจกรรม.....159

บทที่ 1

บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ตามแผนการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ.2560-2579 กำหนดวิสัยทัศน์ไว้ว่า “คนไทยทุกคนได้รับการศึกษาและเรียนรู้ตลอดชีวิตอย่างมีคุณภาพ และการเปลี่ยนแปลงของโลกศตวรรษที่ 21” โดยมีเป้าหมายของการจัดการศึกษา 5 ประการ ดังนี้ 1) ประชากรทุกคนเข้าถึงการศึกษาที่มีคุณภาพและมีมาตรฐานอย่างทั่วถึง 2) ผู้เรียนทุกคน ทุกกลุ่มเป้าหมายได้รับบริการการศึกษาที่มีคุณภาพตามมาตรฐานอย่างเท่าเทียม 3) ระบบการศึกษาที่มีคุณภาพ สามารถพัฒนาผู้เรียนให้บรรลุขีดความสามารถเต็มตามศักยภาพ เช่น คะแนนเฉลี่ยผลการทดสอบโครงการประเมินผลนักเรียนร่วมกับนานาชาติ (PISA) ของนักเรียนอายุ 15 ปีสูงขึ้น เป็นต้น 4) ระบบการบริหารจัดการศึกษาที่มีประสิทธิภาพ เพื่อการลงทุนทางการศึกษาที่คุ้มค่าและบรรลุเป้าหมาย 5) ระบบการศึกษาที่สนองตอบและก้าวทันการเปลี่ยนแปลงของโลกที่เป็นพลวัตและบริบทที่เปลี่ยนแปลง (สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา, 2560 : ฉ-ช)

ปัจจุบันความก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเป็นไปอย่างกว้างขวางและรวดเร็ว อีกทั้งยังเป็นเครื่องมือที่ช่วยยกระดับมาตรฐานความเป็นอยู่ของประชาชนให้สูงขึ้น องค์ประกอบที่สำคัญประการหนึ่ง คือ การจัดการศึกษาเพื่อเตรียมคนให้อยู่ในสังคมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเป็นทั้งผู้ผลิตและผู้บริโภคที่มีประสิทธิภาพ ในการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์มุ่งเน้นให้ผู้เรียนเกิดการศึกษาค้นคว้าหาความรู้ได้ด้วยตนเอง เพื่อเกิดกระบวนการเรียนรู้ได้ทั้งจากการสังเกต การทดลอง การสำรวจ แล้วนำผลที่ได้มาจัดเป็นระบบเพื่อให้เกิดองค์ความรู้ใหม่ที่สร้างขึ้นมาด้วยตนเอง โดยการเรียนวิทยาศาสตร์มุ่งหวังให้ผู้เรียนได้เรียนรู้วิทยาศาสตร์ในเนื้อหาความรู้ และกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ตลอดจนเชื่อมโยงความรู้กับกระบวนการต่าง ๆ จนสามารถสร้างองค์ความรู้และสามารถนำมาใช้แก้ปัญหาต่าง ๆ ได้ โดยผู้เรียนจะมีส่วนร่วมในการเรียนรู้ทุกขั้นตอน มีการลงมือปฏิบัติอย่างหลากหลายเหมาะสมกับวัยและระดับชั้นของผู้เรียน (สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน กระทรวงศึกษาธิการ, 2560 : ก-ข)

การพัฒนาคุณภาพการศึกษาในยุคปัจจุบันมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องศึกษาแนวทางจากประเทศอื่น ๆ ที่มีผลสัมฤทธิ์สูงเพื่อนำแนวทางที่ประสบความสำเร็จมาปรับใช้ในการยกระดับคุณภาพการศึกษาโครงการประเมินนักเรียนร่วมนานาชาติ (PISA) เป็นหนึ่งในเครื่องมือของการแลกเปลี่ยนการพัฒนาการศึกษาผ่านมุมมองนานาชาติที่ทั่วโลกให้การยอมรับ ซึ่งองค์การเพื่อ

ความร่วมมือและการพัฒนาทางเศรษฐกิจ (OECD) ได้สร้างขึ้นเพื่อประเมินความรู้ทักษะที่จำเป็นของนักเรียนอายุ 15 ปี ว่ามีการปรับตัวเข้ากับโลกที่เปลี่ยนแปลงในอนาคตหรือไม่ ทั้งนี้ PISA ทดสอบสมรรถนะนักเรียนทั้งหมด 3 ด้าน ได้แก่ การอ่าน คณิตศาสตร์ และวิทยาศาสตร์ ทุก ๆ 3 ปี (OECD, 2010) ผลการประเมิน PISA เป็นแนวทางในการสร้างรากฐานทางการศึกษาที่ดี เมื่อนำผลคะแนนนั้นไปเปรียบเทียบกับประเทศอื่น ๆ ที่เข้าร่วมโครงการสะท้อนให้เห็นระดับการพัฒนาคุณภาพการศึกษาและการสอนของครู และยังชี้ให้เห็นถึงปัจจัยที่ส่งผลต่อความสามารถของนักเรียน การประเมินผลนี้ไม่ได้ทดสอบนักเรียนตามความสามารถทางหลักสูตรแต่ทดสอบนักเรียนในการนำความรู้มาประยุกต์ใช้เพื่อแก้ปัญหาสถานการณ์ต่าง ๆ นอกจากนี้ ตัวชี้วัดจากผลการทดสอบ PISA ในด้านต่าง ๆ ยังสามารถเป็นแนวทางในการจัดการศึกษาให้แก่ระดับนโยบายของแต่ละประเทศอีกด้วย ผลการวิจัยของ OECD นอกจากจะทำให้ประเทศต่าง ๆ ได้รับรู้ถึงประสิทธิภาพในการจัดการศึกษาของประเทศตนเองแล้ว ยังช่วยส่งเสริมให้แต่ละประเทศมีการแลกเปลี่ยนกันในด้านการศึกษาอีกด้วย ประเทศไทยเข้าร่วมโครงการประเมินผลนักเรียนนานาชาติหรือ PISA ในฐานะประเทศนอกสมาชิกของ OECD ตั้งแต่ปี พ.ศ.2545 ในโครงการ PISA 2000 ซึ่งกระทรวงศึกษาธิการมอบหมายให้สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) เป็นหน่วยดำเนินการ ซึ่งวัตถุประสงค์หลักของการเข้าร่วมประเมิน PISA ของประเทศไทย คือ เพื่อนำผลการประเมินดังกล่าวมาเป็นแนวทางให้แก่หน่วยงานราชการที่เกี่ยวข้องในการปรับปรุงระบบการศึกษาให้สอดคล้องกับการพัฒนาของโลกในอนาคต และสามารถกำหนดเป็นนโยบายการพัฒนาคุณภาพการศึกษาของสถานศึกษาอีกทั้งผลการประเมินนี้ยังสะท้อนถึงประสิทธิภาพการสอนของครูและแนวทางการจัดการเรียนรู้ของนักเรียนในระดับการศึกษาขั้นพื้นฐานอันจะเป็นประโยชน์ต่อการพัฒนาประเทศ (สสวท., 2566) การประเมินด้านวิทยาศาสตร์ของ PISA เป็นการประเมินนักเรียนที่มีอายุ 15 ปี เป็นการประเมินที่ประยุกต์ใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ในชีวิตประจำวัน สามารถแสดงสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ 3 ด้านได้อย่างเหมาะสมในบริบทต่าง ๆ ทั้งในระดับส่วนบุคคล ระดับท้องถิ่น/ประเทศ และระดับโลก ซึ่งการประเมินดังกล่าวจะแตกต่างจากการเรียนวิทยาศาสตร์ในโรงเรียนโดยทั่วไปที่มักมุ่งเน้นความรู้ด้านเนื้อหา แต่กรอบการประเมินนี้เป็นการมองวิทยาศาสตร์ในมุมมองที่กว้างขึ้นเพื่อให้เห็นถึงความรู้ประเภทต่าง ๆ ที่จำเป็นต่อการมีส่วนร่วมของสมาชิกในสังคมร่วมสมัย สมรรถนะทางวิทยาศาสตร์แบ่งออกเป็น 3 ด้าน ได้แก่ ด้านการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ ด้านการประเมินและออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้วิทยาศาสตร์ ด้านการแปลความหมายข้อมูลและการใช้ประจักษ์พยานเชิงวิทยาศาสตร์ จากการศึกษาผลคะแนนจากการเข้าร่วมการประเมิน PISA พบว่าคะแนนความฉลาดรู้ด้านวิทยาศาสตร์ ของโรงเรียนมัธยมศึกษาทั้งภาครัฐบาลและเอกชนทุกสังกัดที่ประเมินนักเรียนอายุ 15 ปี ในประเทศไทย โดยทำการทดสอบทุก ๆ 3 ปี ผลคะแนนย้อนหลัง 3 ปีการศึกษา ตั้งแต่ปีคริสต์ศักราช 2015, 2018, และ 2022 มีคะแนนเฉลี่ย ดังนี้ 421, 426 และ 409

ตามลำดับ และผลคะแนนจากการเข้าร่วมการประเมิน PISA สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา ทุกสังกัดในประเทศไทย ผลคะแนนย้อนหลัง 3 ปีการศึกษา ตั้งแต่ปีคริสต์ศักราช 2015, 2018, และ 2022 มีคะแนนเฉลี่ย ดังนี้ 438, 444 และ 423 ตามลำดับ จากคะแนนข้างต้นนั้นพบว่ามีคะแนนต่ำกว่าค่าเฉลี่ยของ OECD (ประมาณ 500 คะแนน) มาตลอด ซึ่งคะแนนเฉลี่ยของประเทศไทยอยู่ในกลุ่มประเทศที่มีค่าเฉลี่ยต่ำซึ่งอยู่ในช่วง 25% รั้งท้ายของตารางการจัดอันดับ

จากผลการรายงานของโครงการประเมินผลนักเรียนนานาชาติหรือ PISA พบว่านักเรียนส่วนใหญ่ในประเทศไทยไม่สามารถระบุแนวทางในการแก้ปัญหาโดยวิธีการทางวิทยาศาสตร์ ไม่สามารถระบุตัวแปรที่ทำการศึกษา ไม่สามารถออกแบบการทดลองที่กำหนดได้ ขาดทักษะการทำการทดลองต่อการสืบเสาะแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์เท่าที่ควร ซึ่งในบริบทของโรงเรียนพบว่านักเรียนส่วนใหญ่ขาดการค้นคว้า ขาดการแสวงหาความรู้ ขาดความรู้ความเข้าใจในการตั้งสมมติฐานที่ดีที่จะนำไปสู่การออกแบบการทดลองที่ดีเพราะจะทำให้สามารถกำหนดขอบเขตของการทดลองได้มุ่งไปสู่การหาคำตอบได้อย่างแม่นยำ ไม่ออกนอกประเด็น และในท้ายสุดก็จะนำไปสู่การตรวจสอบกับสมมติฐานตั้งต้นได้ ขาดการออกแบบ วางแผน รวมรวบข้อมูลโดยใช้กระบวนการต่าง ๆ รวมรวบข้อมูลอย่างมีประสิทธิภาพ ขาดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ขาดความมั่นใจในการเรียนว่าสิ่งที่ได้เรียนรู้เกี่ยวกับเนื้อหาวิชานั้นเข้าใจได้อย่างถูกต้อง ทำให้การเรียนวิทยาศาสตร์ไม่ประสบความสำเร็จเท่าที่ควร อีกทั้งยังขาดสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ที่ยังไม่เพียงพอต่อการทำกิจกรรม โดยเฉพาะการประเมินและออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้วิทยาศาสตร์ ยกตัวอย่างเช่น เมื่อผู้สอนให้นักเรียนได้วิเคราะห์ปัญหาที่จะศึกษาจากสถานการณ์ที่กำหนดให้ออกแบบ รวมไปถึงกระบวนการปฏิบัติลงมือทำ พบว่านักเรียนส่วนใหญ่ไม่สามารถปฏิบัติได้ ครูผู้สอนต้องแนะนำให้ความช่วยเหลือตลอดเวลา อีกทั้งเมื่อพิจารณาแต่ละสาระการเรียนรู้แล้วพบว่า สาระวิทยาศาสตร์กายภาพเกี่ยวกับเนื้อหาปฏิกิริยาเคมี เป็นปัญหาที่ครูต้องปรับปรุงการจัดการเรียนการสอนเพื่อพัฒนาสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ด้านการประเมินและออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้วิทยาศาสตร์ของนักเรียนให้สูงขึ้น จากข้อมูลข้างต้นผู้วิจัยเล็งเห็นว่า สมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ด้านการประเมินและออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้วิทยาศาสตร์ เป็นทักษะที่นักเรียนควรพัฒนาอย่างเร่งด่วน เพราะการขาดทักษะในการออกแบบในการทดลองแสดงให้เห็นว่าแนวโน้มเกี่ยวกับสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนไม่สามารถใช้ประโยชน์จากความรู้ที่ได้เรียนรู้มา และเป็นข้อมูลที่ชี้ถึงคุณภาพการศึกษาและศักยภาพของต้นทุนมนุษย์ของชาติในอนาคต

ปัจจุบันการจัดการเรียนรู้โดยใช้การออกแบบ 6E ตามแนวคิด STEAM เป็นรูปแบบการเรียนรู้ที่ส่งเสริมผู้เรียนนำความรู้และทักษะต่าง ๆ มาออกแบบสร้างสรรค์ชิ้นงาน หรือผลิตนวัตกรรมเพื่อแก้ไขปัญหาจากการดำเนินชีวิตประจำวัน (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2561) โดยการเรียนรู้โดยการออกแบบ 6E ตามแนวคิด STEAM มีจุดเด่นคือ ผู้เรียนเป็นศูนย์กลางใน

การออกแบบและสร้างสรรค์ชิ้นงาน โดยมีการบูรณาการกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม (Engineering design) ได้ฝึกฝนผ่านการปฏิบัติงาน ตั้งเป้าหมาย วางแผนการทำงาน ตลอดจนการประเมินผลคุณภาพของผลงาน เรียนรู้จากสถานการณ์จริง สอดรับกับนโยบายการขับเคลื่อนประเทศสู่ไทยแลนด์ 4.0 ปัจจุบันการพัฒนาเศรษฐกิจบนพื้นฐานความคิดสร้างสรรค์ (Creative Industries) เป็นสิ่งที่ทั่วโลกให้ความสนใจ ด้วยแนวคิดที่ว่า ความคิดสร้างสรรค์ ความรู้และความสามารถในการเข้าถึงข้อมูลคือ ปัจจัยสำคัญในการสร้างความเจริญเติบโตให้กับเศรษฐกิจยุคใหม่ (สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ, 2559) และนำมาบูรณาการกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญโดยนำปัญหาที่เกี่ยวข้องกับชีวิตจริงหรือปัญหาที่นักเรียนสนใจเป็นจุดเริ่มต้นของกระบวนการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นตัวกระตุ้นให้นักเรียนวิเคราะห์ปัญหานั้นให้เข้าใจอย่างชัดเจน มีการค้นคว้าหาความรู้เพิ่มเติมเพื่อเป็นข้อมูลในการตัดสินใจเลือกแนวทางแก้ปัญหาที่เหมาะสม โดยใช้กระบวนการกลุ่ม ซึ่งจะคอยมีครูคอยชี้แนะและอำนวยความสะดวก (ทิศนา แขมมณี, 2556 : 137-138) จึงเป็นแนวทางหนึ่งที่ช่วยให้ผู้เรียนได้มีโอกาสพัฒนาทั้งความรู้ในเนื้อหาวิชาและทักษะต่าง ๆ นักเรียนสามารถนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ได้อย่างสอดคล้องกับโลกแห่งความเป็นจริง

จากความเป็นมาและความสำคัญของปัญหาที่กล่าวมา ผู้วิจัยจึงเห็นความสำคัญของปัญหาที่เกิดขึ้นและมีความสนใจที่จะพัฒนาการจัดการเรียนรู้โดยใช้การจัดการเรียนรู้โดยใช้การออกแบบ 6E ตามแนวคิด STEAM ร่วมกับปัญหาเป็นฐานเพื่อส่งเสริมสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ด้านการประเมินและการออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ปฏิกิริยาเคมี สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โดยผู้วิจัยได้ศึกษาและวิเคราะห์แล้วพบว่าการจัดการเรียนรู้โดยใช้การออกแบบ 6E ตามแนวคิด STEAM ร่วมกับปัญหาเป็นฐานเป็นการจัดการเรียนรู้ที่ช่วยส่งเสริมสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ด้านการประเมินและการออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนได้ ซึ่งนักเรียนสามารถนำไปใช้ในการเรียนเนื้อหาที่สูงขึ้นต่อไป

คำถามการวิจัย

1. การจัดการเรียนรู้โดยใช้การออกแบบ 6E ตามแนวคิด STEAM ร่วมกับปัญหาเป็นฐานเพื่อส่งเสริมสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ด้านการประเมินและการออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ปฏิกิริยาเคมี สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 มีความเหมาะสมและประสิทธิผลหรือไม่อย่างไร

2. การจัดการเรียนรู้โดยใช้การออกแบบ 6E ตามแนวคิด STEAM ร่วมกับปัญหาเป็นฐานเพื่อส่งเสริมสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ด้านการประเมินและการออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ปฏิกิริยาเคมี สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ส่งผลต่อ

พฤติกรรมการเรียนรู้และพัฒนาการทางสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ด้านการประเมินและการออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ระหว่างได้รับการจัดการเรียนรู้อย่างไร หลังเรียนนักเรียนมีสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ด้านการประเมินและการออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์สูงกว่างก่อนเรียนหรือไม่ และหลังเรียนนักเรียนมีสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ด้านการประเมินและการออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์เมื่อเทียบเกณฑ์คุณภาพอย่างไร

3. นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้การออกแบบ 6E ตามแนวคิด STEAM ร่วมกับปัญหาเป็นฐานมีความพึงพอใจหลังได้รับการจัดการเรียนรู้หรือไม่

จุดมุ่งหมายของการวิจัย

จุดมุ่งหมายของการวิจัยหลัก

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้กำหนดจุดมุ่งหมายของการวิจัยหลักเพื่อพัฒนาการจัดการเรียนรู้โดยใช้การออกแบบ 6E ตามแนวคิด STEAM ร่วมกับปัญหาเป็นฐานเพื่อส่งเสริมสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ด้านการประเมินและการออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ปฏิกิริยาเคมี สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

จุดมุ่งหมายของการวิจัยย่อย

1. เพื่อสร้างและหาดัชนีประสิทธิผลของการจัดการเรียนรู้โดยใช้การออกแบบ 6E ตามแนวคิด STEAM ร่วมกับปัญหาเป็นฐานเพื่อส่งเสริมสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ด้านการประเมินและการออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ปฏิกิริยาเคมี สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

2. เพื่อศึกษาผลของการจัดการเรียนรู้โดยใช้การออกแบบ 6E ตามแนวคิด STEAM ร่วมกับปัญหาเป็นฐานเพื่อส่งเสริมสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ด้านการประเมินและการออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ปฏิกิริยาเคมี สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

2.1 เพื่อศึกษาพฤติกรรมการเรียนรู้และพัฒนาการสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ด้านการประเมินและการออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ระหว่างได้รับการจัดการเรียนรู้

2.2 เพื่อเปรียบเทียบสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ด้านการประเมินและการออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ปฏิกิริยาเคมี สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ระหว่างก่อนและหลังเรียน จากการจัดการเรียนรู้โดยใช้การออกแบบ 6E ตามแนวคิด STEAM ร่วมกับปัญหาเป็นฐาน

2.3 เพื่อเปรียบเทียบสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ด้านการประเมินและการออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ปฏิกิริยาเคมี สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โดยใช้การออกแบบ 6E ตามแนวคิด STEAM ร่วมกับปัญหาเป็นฐาน หลังเรียนกับเกณฑ์ร้อยละ 70

3. เพื่อศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการจัดการเรียนรู้โดยใช้การออกแบบ 6E ตามแนวคิด STEAM ร่วมกับปัญหาเป็นฐานเพื่อส่งเสริมสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ด้านการประเมินและการออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ปฏิกิริยาเคมี สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

ขอบเขตของงานวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยและพัฒนา (Research and Development) โดยแบ่งขั้นตอนการวิจัยออกเป็น 3 ขั้นตอน และมีการกำหนดขอบเขตของการวิจัยในแต่ละขั้นตอน ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 การสร้างและหาดัชนีประสิทธิผลของการจัดการเรียนรู้โดยใช้การออกแบบ 6E ตามแนวคิด STEAM ร่วมกับปัญหาเป็นฐานเพื่อส่งเสริมสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ด้านการประเมินและการออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ปฏิกิริยาเคมี สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

1. ด้านเนื้อหา

เนื้อหาตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ.2560) กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี เพื่อส่งเสริมสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ใช้เวลาในการทดสอบก่อนเรียน 1 ชั่วโมง การทดสอบหลังเรียน 1 ชั่วโมงและใช้เวลาในการจัดกิจกรรม 12 ชั่วโมง รวมทั้งหมด 14 ชั่วโมง ดังนี้

1.1 การทดสอบก่อนเรียนและชี้แจงการทำกิจกรรม	เวลา 1 ชั่วโมง
1.2 ปฏิกิริยาของกรดกับเบส	เวลา 3 ชั่วโมง
1.3 ปฏิกิริยาการเกิดสนิมเหล็ก	เวลา 3 ชั่วโมง
1.4 ปฏิกิริยาการสังเคราะห์ด้วยแสง	เวลา 3 ชั่วโมง
1.5 ออกแบบวิธีการลดปริมาณแก๊สเรือนกระจก	เวลา 3 ชั่วโมง
1.6 การทดสอบหลังเรียน	เวลา 1 ชั่วโมง

2. ด้านแหล่งข้อมูล

2.1 ผู้เชี่ยวชาญในการประเมินความเหมาะสมของการจัดการเรียนรู้โดยใช้การออกแบบ 6E ตามแนวคิด STEAM ร่วมกับปัญหาเป็นฐานเพื่อส่งเสริมสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ด้านการประเมินและการออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ปฏิกิริยาเคมี สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 จำนวน 5 ท่าน ดังนี้

1) ผู้เชี่ยวชาญทางด้านการสอนวิทยาศาสตร์ จำนวน 1 ท่าน โดยคุณสมบัติของผู้เชี่ยวชาญด้านการสอนวิทยาศาสตร์จะต้องเป็นอาจารย์ในระดับมหาวิทยาลัยที่มีความเชี่ยวชาญทางด้านการสอนวิทยาศาสตร์ ที่มีวุฒิทางการศึกษาระดับปริญญาโทหรือปริญญาเอกทางด้านการสอนวิทยาศาสตร์

2) ผู้เชี่ยวชาญทางด้านการวัดและประเมินผล จำนวน 1 ท่านโดยคุณสมบัติของผู้เชี่ยวชาญด้านการวัดและประเมินผลจะต้องเป็นอาจารย์ในระดับมหาวิทยาลัยที่มีความเชี่ยวชาญทางด้านการวัดและประเมินผล หรือศึกษานิเทศก์ที่มีวุฒิทางการศึกษาระดับปริญญาโทหรือปริญญาเอกทางด้านการวัดและประเมินผล

3) ผู้เชี่ยวชาญทางด้านหลักสูตรและการสอน จำนวน 1 ท่าน โดยคุณสมบัติของผู้เชี่ยวชาญด้านหลักสูตรและการสอนจะต้องเป็นอาจารย์ในระดับมหาวิทยาลัยที่มีความเชี่ยวชาญทางด้านหลักสูตรและการสอน หรือศึกษานิเทศก์ที่มีวุฒิทางการศึกษาระดับปริญญาโทหรือปริญญาเอกทางด้านหลักสูตรและการสอน

4) ครูผู้สอนในเนื้อหาวิชาวิทยาศาสตร์ จำนวน 2 ท่าน โดยคุณสมบัติของครูผู้สอนในเนื้อหาวิชาวิทยาศาสตร์เป็นครูที่มีประสบการณ์ในการสอนไม่ต่ำกว่า 5 ปีและมีวิทยฐานะไม่ต่ำกว่าชำนาญการพิเศษหรือเทียบเท่า

2.2 ผู้ให้ข้อมูลในการหาดัชนีประสิทธิผลของการจัดการเรียนรู้โดยใช้การออกแบบ 6E ตามแนวคิด STEAM ร่วมกับปัญหาเป็นฐานเพื่อส่งเสริมสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ด้านการประเมินและการออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ปฏิกิริยาเคมี สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ประกอบด้วย นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2567 จำนวน 39 คน

3. ด้านตัวแปร

ตัวแปรที่ศึกษาในขั้นตอนนี้ ได้แก่

1) ความเหมาะสมของการจัดการเรียนรู้โดยใช้การออกแบบ 6E ตามแนวคิด STEAM ร่วมกับปัญหาเป็นฐานเพื่อส่งเสริมสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ด้านการประเมินและการออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ปฏิกิริยาเคมี สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

2) ดัชนีประสิทธิผลของการจัดการเรียนรู้โดยใช้การออกแบบ 6E ตามแนวคิด STEAM ร่วมกับปัญหาเป็นฐานเพื่อส่งเสริมสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ด้านการประเมินและการออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ปฏิกิริยาเคมี สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

ขั้นตอนที่ 2 การทดลองใช้การจัดการเรียนรู้โดยใช้การออกแบบ 6E ตามแนวคิด STEAM ร่วมกับปัญหาเป็นฐานเพื่อส่งเสริมสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ด้านการประเมินและการออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ปฏิกิริยาเคมี สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

1. ด้านเนื้อหา

เนื้อหาตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ.2560) กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี เพื่อส่งเสริมสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ด้านการประเมินและการออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ปฏิกิริยาเคมี สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ใช้เวลาในการทดสอบก่อนเรียน 1 ชั่วโมง การทดสอบหลังเรียน 1 ชั่วโมงและใช้เวลาในการจัดกิจกรรม 12 ชั่วโมง รวมทั้งหมด 14 ชั่วโมง ดังนี้

1.1 การทดสอบก่อนเรียนและชี้แจงการทำกิจกรรม	เวลา 1 ชั่วโมง
1.2 ปฏิกิริยาของกรดกับเบส	เวลา 3 ชั่วโมง
1.3 ปฏิกิริยาการเกิดสนิมเหล็ก	เวลา 3 ชั่วโมง
1.4 ปฏิกิริยาการสังเคราะห์ด้วยแสง	เวลา 3 ชั่วโมง
1.5 ออกแบบวิธีการลดปริมาณแก๊สเรือนกระจก	เวลา 3 ชั่วโมง
1.6 การทดสอบหลังเรียน	เวลา 1 ชั่วโมง

2. ด้านกลุ่มทดลอง

นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนอุทัยวิทยาคม อำเภอเมือง จังหวัดอุทัยธานี 1 ห้อง จำนวน 37 คน ซึ่งได้มาจากการเลือกแบบเจาะจง โดยมีเกณฑ์ คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3/4 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2567 ซึ่งผู้วิจัยเป็นครูผู้สอนนักเรียนห้องนี้

3. ด้านตัวแปร

3.1 ตัวแปรอิสระ ได้แก่ การจัดการเรียนรู้โดยใช้การออกแบบ 6E ตามแนวคิด STEAM ร่วมกับปัญหาเป็นฐาน เรื่อง ปฏิกิริยาเคมี

3.2 ตัวแปรตาม ได้แก่ สมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ด้านการประเมินและการออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ปฏิกิริยาเคมี

ขั้นตอนที่ 3 การศึกษาความพึงพอใจที่มีต่อการจัดการเรียนรู้โดยใช้การออกแบบ 6E ตามแนวคิด STEAM ร่วมกับปัญหาเป็นฐานเพื่อส่งเสริมสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ด้านการประเมินและการออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ปฏิกิริยาเคมี สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

1. ด้านเนื้อหา

ศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการจัดการเรียนรู้โดยใช้การออกแบบ 6E ตามแนวคิด STEAM ร่วมกับปัญหาเป็นฐานเพื่อส่งเสริมสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ด้านการประเมินและการออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ปฏิกิริยาเคมี สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ประเมินในด้านต่อไปนี้

1.1 ด้านปัจจัยนำเข้า (Input Evaluation)

1.2 ด้านกระบวนการ (Process Evaluation)

1.3 ด้านผลผลิต (Product Evaluation)

2. ด้านกลุ่มทดลอง

นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนอุทัยวิทยาคม อำเภอเมือง จังหวัดอุทัยธานี 1 ห้อง จำนวน 37 คน ซึ่งได้มาจากการเลือกแบบเจาะจง โดยมีเกณฑ์ คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3/4 ซึ่งผู้วิจัยเป็นครูผู้สอนนักเรียนห้องนี้

3. ด้านตัวแปร

ความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการจัดการเรียนรู้โดยใช้การออกแบบ 6E ตามแนวคิด STEAM ร่วมกับปัญหาเป็นฐานเพื่อส่งเสริมสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ด้านการประเมินและการออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ปฏิกิริยาเคมี สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ในด้านต่อไปนี้

3.1 ด้านปัจจัยนำเข้า

3.2 ด้านกระบวนการ

3.3 ด้านผลผลิต

นิยามศัพท์เฉพาะ

1. การจัดการเรียนรู้โดยโดยใช้การออกแบบ 6E ตามแนวคิด STEAM ร่วมกับปัญหาเป็นฐาน (Learning Activity by 6E Learning on STEAM Education with Problem-based Learning) หมายความว่า การจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมทักษะผู้เรียนโดยใช้สถานการณ์ปัญหาที่เกิดขึ้นในปัจจุบันหรือปัญหาที่มีความน่าสนใจ เพื่อกระตุ้นผู้เรียนให้เกิดความอยากรู้และต้องการค้นหาคำตอบในการทำกิจกรรมการเรียนรู้ ผู้เรียนได้ลงมือสืบเสาะแสวงหาความรู้ด้วยตนเอง สามารถนำความรู้และทักษะจากวิชาต่าง ๆ มาออกแบบสร้างสรรค์ชิ้นงาน หรือผลิตนวัตกรรมเพื่อ

แก้ไขปัญหาจากการดำเนินชีวิตประจำวัน โดยมีครูเป็นผู้อำนวยความสะดวกในการเรียนรู้ ประกอบไปด้วย 6 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นที่ 1 ขั้นกำหนดปัญหาเพื่อสร้างความสนใจ ผู้สอนกระตุ้นความสนใจของนักเรียนโดยจัดสถานการณ์ต่าง ๆ เพื่อกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดความสนใจและมองเห็นปัญหาที่พบในการดำเนินชีวิตจริง เพื่อนำไปออกแบบและสร้างสรรค์นวัตกรรมเพื่อแก้ไขปัญหา

ขั้นที่ 2 ขั้นสำรวจตรวจสอบ เป็นขั้นที่ผู้เรียนต้องทำความเข้าใจปัญหา มีการใช้กระบวนการสืบเสาะเพื่อค้นหา หลักการ ความรู้ คุณลักษณะต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบและสร้างสรรค์ชิ้นงาน

ขั้นที่ 3 ขั้นอธิบายและเข้าใจปัญหา เป็นขั้นการนำเสนอข้อค้นพบที่ได้จากการสืบเสาะในขั้นสำรวจ ผู้เรียนต้องทำความเข้าใจปัญหา โดยนำมาอภิปรายร่วมกันกับเพื่อนในชั้นเรียน เพื่อกำหนดกรอบแนวคิดที่ชัดเจนก่อนนำไปออกแบบและสร้างสรรค์ชิ้นงาน โดยต้องสามารถอธิบายสิ่งที่เกี่ยวข้องกับปัญหาได้

ขั้นที่ 4 ขั้นดำเนินการออกแบบเชิงวิศวกรรม ครูให้นักเรียนนำสิ่งที่ได้เรียนรู้ในขั้นก่อนหน้ามาใช้ในการออกแบบและสร้างชิ้นงาน โดยดำเนินการศึกษาค้นคว้าด้วยตนเองด้วยวิธีการที่หลากหลาย มีขั้นตอน ดังนี้

4.1 ระบุปัญหา

4.2 รวบรวมข้อมูล

4.3 ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา

4.4 วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา

4.5 ทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุงแก้ไข

4.6 นำเสนอวิธีการแก้ปัญหา

ขั้นที่ 5 ขั้นสังเคราะห์ความรู้ ปรับปรุงและลงข้อสรุป ครูให้นักเรียนทดสอบประสิทธิภาพของชิ้นงาน ให้นักเรียนแลกเปลี่ยนเรียนรู้ร่วมกัน อภิปรายผล และสังเคราะห์ความรู้ที่ได้มาว่ามีความเหมาะสมและสอดคล้องกับสถานการณ์ปัญหา เพื่อบ่งชี้ข้อผิดพลาด และนำไปพัฒนางานให้ดีขึ้นหรือออกแบบใหม่

ขั้นที่ 6 ขั้นสรุปและประเมินผล ครูและนักเรียนประเมินความเหมาะสมของข้อมูลที่ศึกษาค้นคว้ามา และประเมินชิ้นงานที่ปรับปรุงใหม่เพื่อให้ทราบว่าผู้เรียนได้เรียนรู้อะไร และมากน้อยเพียงใด โดยครูประเมินผลการเรียนรู้ของผู้เรียนตามสภาพจริงผ่านการนำเสนอปากเปล่า การเขียนคำอธิบาย เพื่อสะท้อนถึงความเข้าใจเกี่ยวกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์

2. สมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ด้านการประเมินและออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (Evaluate and Design Scientific Enquiry) หมายความว่า การมีความสามารถในการอธิบายและประเมินคุณค่าของการสำรวจตรวจสอบทางวิทยาศาสตร์ และนำเสนอแนวทางในการตอบคำถามอย่างเป็นวิทยาศาสตร์ โดยผู้ที่มีสมรรถนะการประเมินและออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์สามารถทำสิ่งต่อไปนี้ได้ ได้แก่

2.1 สามารถระบุประเด็นปัญหาที่ต้องการสำรวจตรวจสอบจากการศึกษาทางวิทยาศาสตร์ที่กำหนดให้

2.2 แยกแยะได้ว่าประเด็นปัญหาหรือคำถามใดสามารถตรวจสอบได้ด้วยวิธีการทางวิทยาศาสตร์

2.3 เสนอวิธีสำรวจตรวจสอบปัญหาทางวิทยาศาสตร์ที่กำหนดให้

2.4 ประเมินวิธีสำรวจตรวจสอบปัญหาทางวิทยาศาสตร์ที่กำหนดให้

2.5 บรรยายและประเมินวิธีการต่าง ๆ ที่นักวิทยาศาสตร์ใช้ในการยืนยันถึงความน่าเชื่อถือของข้อมูลและความเป็นกลางและการสรุปอ้างอิงจากคำอธิบาย

3. ความพึงพอใจของนักเรียน หมายถึง ความรู้สึกของนักเรียนมีต่อการจัดการเรียนรู้โดยใช้การออกแบบ 6E ตามแนวคิด STEAM ร่วมกับปัญหาเป็นฐานเพื่อส่งเสริมสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ด้านการประเมินและการออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ปฏิกิริยาเคมี โดยสามารถวัดได้จากการทำแบบสอบถามความพึงพอใจที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นซึ่งมีลักษณะเป็นแบบมาตรประมาณค่า (Rating Scale) กำหนดค่าเป็น 5 ระดับ ตามแนวคิดของลิเคิร์ท (Likert) จำแนกเป็น 3 ด้าน ดังนี้

3.1 ประเมินด้านปัจจัยนำเข้า หมายถึง การประเมินเกี่ยวกับความเหมาะสมของการจัดการเรียนรู้โดยใช้การออกแบบ 6E ตามแนวคิด STEAM ร่วมกับปัญหาเป็นฐาน ในด้านของกิจกรรมที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้ วัสดุ สื่อและอุปกรณ์ที่ใช้ในการจัดการเรียนการสอน เวลาและสถานที่ใช้ในการจัดการเรียนการสอนว่ามีความเหมาะสมและเพียงพอในแต่ละกิจกรรมการเรียนรู้

3.2 ประเมินด้านกระบวนการ หมายถึง การประเมินเกี่ยวกับกระบวนการในการจัดการเรียนรู้โดยใช้การออกแบบ 6E ตามแนวคิด STEAM ร่วมกับปัญหาเป็นฐาน ในการแจ้งจุดประสงค์ก่อนการจัดการเรียนรู้ ครูเป็นผู้ส่งเสริมสนับสนุน อธิบาย ชี้แนะแนวทางการแก้ปัญหาให้กับนักเรียน ด้านวิธีการสอน การลำดับเนื้อหาจากง่ายไปยาก รูปแบบการสอนหรือเทคนิคการสอนว่ามีความน่าสนใจและหลากหลาย ที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้และส่งเสริมสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ด้านการประเมินและการออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ปฏิกิริยาเคมี ได้

3.3 ประเมินด้านผลผลิต หมายถึง การประเมินเกี่ยวกับความเหมาะสมและความรู้ความเข้าใจ การนำความรู้ที่ได้ไปปรับประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวัน รวมไปถึงการมีเจตคติที่ดีต่อการ

เรียนวิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่ได้จากการจัดการเรียนรู้โดยใช้การออกแบบ 6E ตามแนวคิด STEAM ร่วมกับปัญหาเป็นฐานเพื่อส่งเสริมสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ด้านการประเมินและการออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ปฏิกิริยาเคมี ได้

4. ดัชนีประสิทธิผลของการจัดการเรียนรู้ หมายถึง ตัวเลขที่แสดงถึงความก้าวหน้าในการเรียนของผู้เรียน ที่ได้รับการเรียนรู้โดยใช้การออกแบบ 6E ตามแนวคิด STEAM เรื่อง ปฏิกิริยาเคมี โดยคำนวณจากผลรวมของคะแนนหลังเรียนทุกคน ลบกับผลรวมของคะแนนก่อนเรียนทุกคนหารด้วยจำนวนนักเรียนทั้งหมดคูณกับคะแนนเต็ม และลบด้วยผลรวมของคะแนนก่อนเรียนทุกคน โดยเกณฑ์ค่าดัชนีประสิทธิผลมีค่าตั้งแต่ 0.50 ขึ้นไป

สมมติฐานของการวิจัย

1. นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้การออกแบบ 6E ตามแนวคิด STEAM ร่วมกับปัญหาเป็นฐานเพื่อส่งเสริมสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ด้านการประเมินและการออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ปฏิกิริยาเคมี สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน

2. นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้การออกแบบ 6E ตามแนวคิด STEAM ร่วมกับปัญหาเป็นฐานเพื่อส่งเสริมสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ด้านการประเมินและการออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ปฏิกิริยาเคมี สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 หลังเรียนสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70

ประโยชน์ที่ได้รับ

1. ได้แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้การออกแบบ 6E ตามแนวคิด STEAM ร่วมกับปัญหาเป็นฐานที่สามารถนำไปใช้ในการจัดการเรียนการสอนให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

2. สมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ด้านการประเมินและการออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่เรียนโดยการออกแบบ 6E ตามแนวคิด STEAM ร่วมกับปัญหาเป็นฐาน เรื่อง ปฏิกิริยาเคมี สูงขึ้น

3. เป็นแนวทางสำหรับครูในการจัดการเรียนรู้โดยใช้การเรียนรู้โดยใช้การออกแบบ 6E ตามแนวคิด STEAM ร่วมกับปัญหาเป็นฐาน ในเนื้อหาวิชาวิทยาศาสตร์เรื่องอื่น ๆ

4. นักเรียนเกิดสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ด้านการประเมินและการออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์สามารถนำไปใช้ในชีวิตประจำวันได้

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การพัฒนาการจัดการเรียนรู้โดยใช้การออกแบบ 6E ตามแนวคิด STEAM ร่วมกับปัญหาเป็นฐานเพื่อส่งเสริมสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ด้านการประเมินและการออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ปฏิกิริยาเคมี สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ผู้วิจัยได้ศึกษาค้นคว้าเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เพื่อเป็นพื้นฐานสำหรับการดำเนินการวิจัย ซึ่งจะเสนอรายละเอียดตามหัวข้อ ต่อไปนี้

1. หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ.2560)
    - 1.1 วิสัยทัศน์
    - 1.2 หลักการ
    - 1.3 จุดหมาย
    - 1.4 สาระและมาตรฐานการเรียนรู้ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
    - 1.5 คำอธิบายรายวิชาวิทยาศาสตร์
    - 1.6 โครงสร้างรายวิชาวิทยาศาสตร์
2. สมรรถนะทางวิทยาศาสตร์
    - 2.1 กรอบการประเมินด้านวิทยาศาสตร์
    - 2.2 กรอบโครงสร้างการประเมินการรู้เรื่องวิทยาศาสตร์
    - 2.3 บริบทที่ใช้ในการประเมิน
    - 2.4 บริบทที่ใช้ในการประเมินด้านวิทยาศาสตร์ PISA 2022
    - 2.5 สมรรถนะของวิทยาศาสตร์ (Scientific Competencies)
    - 2.6 ความรู้ทางวิทยาศาสตร์
3. การจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยการออกแบบ 6E ตามการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิด STEAM
    - 3.1 ความเป็นมาและความสำคัญของสะตีม (STEAM Education)
    - 3.2 ความหมายการจัดการเรียนรู้แบบสะตีมศึกษา (STEAM Education)
    - 3.3 ลักษณะสำคัญของการจัดการเรียนรู้แบบสะตีมศึกษา
    - 3.4 ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบสะตีมศึกษา
    - 3.5 ข้อดีของการจัดการเรียนรู้แบบสะตีมศึกษา

3.6 บทบาทของผู้สอนและผู้เรียน

3.7 แนวคิดของ STEM Education กับการออกแบบเชิงวิศวกรรม

3.8 การประยุกต์สะเต็มศึกษา (STEM Education) สู่สตีมศึกษา (STEAM Education)

3.9 ทฤษฎีการเรียนรู้ที่สนับสนุนการเรียนรู้ตามแนวคิดสตีม

3.10 แนวทางการจัดกิจกรรมการเรียนรู้บูรณาการแบบ STEAM

3.11 กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม (Engineering Design Process)

4. การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน

4.1 แนวคิดและทฤษฎีการเรียนรู้ที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน

4.2 ความหมายของการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน

4.3 ขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน

4.4 ลักษณะสำคัญของการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน

4.5 ลักษณะปัญหาที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน

4.6 บทบาทของครูผู้สอนในการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน

4.7 บทบาทของผู้เรียนในการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน

4.8 การประเมินผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน

5. การจัดการเรียนรู้โดยใช้การออกแบบ 6E ตามแนวคิด STEAM ร่วมกับปัญหาเป็นฐานเพื่อส่งเสริมสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ด้านการประเมินและการออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ปฏิกิริยาเคมี สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

6. ทฤษฎีการเรียนรู้คอนสตรัคติวิสต์

6.1 เงื่อนไขการเรียนรู้ตามแนวทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ (Constructivist Theory)

6.2 การออกแบบการสอนที่มีพื้นฐานจากทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์

6.3 แนวคิดพื้นฐานในการออกแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์

6.4 รูปแบบการจัดการเรียนการสอนที่สอดคล้องกับทฤษฎีการเรียนรู้คอนสตรัคติวิสต์ (Constructivist)

6.5 วิธีการจัดการเรียนการสอนตามทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์

6.5 หลักการออกแบบสื่อบนเครือข่ายตามแนวทฤษฎีการเรียนรู้คอนสตรัคติวิสต์

7. ความพึงพอใจ
    7.1 ความหมายของความพึงพอใจ
    7.2 แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับความพึงพอใจ
    7.3 เครื่องมือวัดความพึงพอใจ
8. ดัชนีประสิทธิผล
9. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
    9.1 งานวิจัยภายในประเทศ
    9.2 งานวิจัยต่างประเทศ
10. กรอบแนวคิดการวิจัย

1. หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง 2560)

1.1 วิสัยทัศน์

หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน มุ่งพัฒนาผู้เรียนทุกคน ซึ่งเป็นกำลังของชาติให้เป็นมนุษย์ที่มีความสมดุลทั้งด้านร่างกาย ความรู้ คุณธรรม มีจิตสำนึกในความเป็นพลเมืองไทยและเป็นพลโลก ยึดมั่นในการปกครองตามระบอบประชาธิปไตยอันมีพระมหากษัตริย์ทรงเป็นประมุข มีความรู้และทักษะพื้นฐาน รวมทั้งเจตคติที่จำเป็นต่อการศึกษาต่อการประกอบอาชีพและการศึกษาตลอดชีวิต มุ่งเน้นผู้เรียนเป็นสำคัญบนพื้นฐานความเชื่อว่า ทุกคนสามารถเรียนรู้และพัฒนาตนเองได้เต็มตามศักยภาพ

1.2 หลักการ

หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน มีหลักการที่สำคัญ ดังนี้

1.2.1 เป็นหลักสูตรการศึกษาเพื่อความเป็นเอกภาพของชาติ มีจุดหมายและมาตรฐานการเรียนรู้เป็นเป้าหมายสำหรับพัฒนาเด็กและเยาวชนให้มีความรู้ ทักษะ เจตคติ และคุณธรรมบนพื้นฐานของความเป็นไทยควบคู่กับความเป็นสากล

1.2.2 เป็นหลักสูตรการศึกษาเพื่อปวงชน ที่ประชาชนทุกคนมีโอกาสได้รับการศึกษาอย่างเสมอภาคและมีคุณภาพ

1.2.3 เป็นหลักสูตรการศึกษาที่สนองการกระจายอำนาจ ให้สังคมมีส่วนร่วมในการจัดการศึกษาให้สอดคล้องกับสภาพและความต้องการของท้องถิ่น

1.2.4 เป็นหลักสูตรการศึกษาที่มีโครงสร้างยืดหยุ่นทั้งด้านสาระการเรียนรู้ เวลา และการจัดการเรียนรู้

1.2.5 เป็นหลักสูตรการศึกษาที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ

1.2.6 เป็นหลักสูตรการศึกษาสำหรับการศึกษาในระบบ นอกระบบ และตามอัธยาศัยครอบคลุมทุกกลุ่มเป้าหมายสามารถเทียบโอนผลการเรียนรู้ และประสบการณ์

1.3 จุดหมาย

หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน มุ่งพัฒนาผู้เรียนให้เป็นคนดี มีปัญญา มีความสุขมีศักยภาพในการศึกษาต่อและประกอบอาชีพ จึงกำหนดเป็นจุดหมายเพื่อให้เกิดกับผู้เรียนเมื่อจบการศึกษาขั้นพื้นฐาน ดังนี้

1.3.1 มีคุณธรรม จริยธรรม และค่านิยมที่พึงประสงค์ เห็นคุณค่าของตนเอง มีวินัยและปฏิบัติตนตามหลักธรรมของพระพุทธศาสนา หรือศาสนาที่ตนนับถือ ยึดหลักปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียง

1.3.2 มีความรู้ ความสามารถในการสื่อสาร การคิด การแก้ปัญหา การใช้เทคโนโลยี และมีทักษะชีวิต

1.3.3 มีสุขภาพกายและสุขภาพจิตที่ดี มีสุขนิสัย และรักการออกกำลังกาย

1.3.4 มีความรักชาติ มีจิตสำนึกในความเป็นพลเมืองไทยและพลโลก ยึดมั่นในวิถีชีวิตและการปกครองตามระบอบประชาธิปไตยอันมีพระมหากษัตริย์ทรงเป็นประมุข

1.3.5 มีจิตสำนึกในการอนุรักษ์วัฒนธรรมและภูมิปัญญาไทย การอนุรักษ์และพัฒนาสิ่งแวดล้อม มีจิตสาธารณะที่มุ่งทำประโยชน์และสร้างสิ่งที่ดีงามในสังคม และอยู่ร่วมกันในสังคมอย่างมีความสุข

1.4 สาระและมาตรฐานการเรียนรู้ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

1.4.1 สาระและมาตรฐานการเรียนรู้

หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ.2560) กำหนดสาระการเรียนรู้แกนกลาง กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ.2560) โดยสาระที่สอดคล้องกับงานวิจัยนี้คือ สาระที่ 2 วิทยาศาสตร์กายภาพ ดังนี้

สาระที่ 2 วิทยาศาสตร์กายภาพ

มาตรฐาน ว 2.1 เข้าใจสมบัติของสสาร องค์ประกอบของสสาร ความสัมพันธ์ระหว่างสมบัติของสสารกับโครงสร้างและแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาค หลักและธรรมชาติของการเปลี่ยนแปลงสถานะของสสาร การเกิดสารละลาย และการเกิดปฏิกิริยาเคมี

1.5 คำอธิบายรายวิชาวิทยาศาสตร์

ศึกษา วิเคราะห์ สืบค้นข้อมูล และอธิบายปฏิสัมพันธ์ขององค์ประกอบของระบบนิเวศ รูปแบบความสัมพันธ์ของสิ่งมีชีวิต สายใยอาหาร การสะสมสารพิษในโซ่อาหาร ความหลากหลายทางชีวภาพ สมบัติทางกายภาพและการใช้ประโยชน์จากวัสดุประเภทพอลิเมอร์ เซรามิก และวัสดุผสม การเกิดปฏิกิริยาเคมี การเขียนสมการข้อความ กฎทรงมวล การเปลี่ยนแปลงพลังงานความร้อนของปฏิกิริยา ปฏิกิริยาเคมีในชีวิตประจำวัน ประโยชน์และโทษของปฏิกิริยาเคมีที่มีต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม และแนวทางการแก้ปัญหาที่เกิดจากปฏิกิริยาเคมี

โดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ การสืบเสาะหาความรู้ การสำรวจตรวจสอบ การพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และทักษะในศตวรรษที่ 21 การสืบค้นข้อมูล บันทึก จัดกลุ่มข้อมูล และการอภิปราย เพื่อให้เกิดความรู้ ความคิด ความเข้าใจ สามารถนำเสนอสื่อสารสิ่งที่เรียนรู้ มีความสามารถในการตัดสินใจ เห็นคุณค่าของการนำไปใช้ประโยชน์ในชีวิตประจำวัน มีจิตวิทยาศาสตร์ คุณธรรมจริยธรรม และค่านิยมที่เหมาะสม

รหัสมาตรฐานตัวชี้วัด ว 1.1 ม.3/1 ม.3/2 ม.3/3 ม.3/4 ม.3/5 ม.3/6 ว 1.3 ม.3/9 ม.3/10 ม.3/11 ว 2.1 ม.3/1 ม.3/2 ม.3/3 ม.3/4 ม.3/5 ม.3/6 ม.3/7 ม.3/8 ว 2.3 ม.3/1 ม.3/2 ม.3/3 ม.3/4 ม.3/5 ม.3/6 ม.3/7 ม.3/8 ม.3/9 รวม 26 ตัวชี้วัด

1.6 โครงสร้างรายวิชาวิทยาศาสตร์

ตาราง 1 โครงสร้างรายวิชาวิทยาศาสตร์ (สาระที่ 2 วิทยาศาสตร์กายภาพ)

ชื่อหน่วยการเรียนรู้	มาตรฐานการเรียนรู้/ตัวชี้วัด	สาระการเรียนรู้แกนกลาง	เวลา (คาบ)
ปฏิกิริยาเคมี	ว 2.1 ม.3/6 อธิบายปฏิกิริยาการเกิดสนิมของเหล็ก ปฏิกิริยาของกรดกับโลหะ ปฏิกิริยาของกรดกับเบส และปฏิกิริยาของเบสกับโลหะ โดยใช้หลักฐานเชิงประจักษ์ และอธิบายปฏิกิริยาการเผาไหม้ การเกิดฝนกรดการสังเคราะห์ด้วยแสง โดยใช้สารสนเทศ รวมทั้งเขียนสมการข้อความแสดงปฏิกิริยาดังกล่าว	- ปฏิกิริยาเคมีที่พบในชีวิตประจำวันมีหลายชนิด เช่น ปฏิกิริยาการเผาไหม้ การเกิดสนิมของเหล็ก ปฏิกิริยาของกรดกับโลหะ ปฏิกิริยาของกรดกับเบสปฏิกิริยาของเบสกับโลหะ การเกิดฝนกรด การสังเคราะห์ด้วยแสง ปฏิกิริยาเคมีสามารถเขียนแทนได้ด้วยสมการข้อความ ซึ่งแสดงชื่อของสารตั้งต้นและผลิตภัณฑ์ เช่น เชื้อเพลิง + ออกซิเจน ⟶ คาร์บอนไดออกไซด์ + น้ำ ปฏิกิริยาการเผาไหม้เป็นปฏิกิริยาระหว่างสารกับออกซิเจนสารที่เกิดปฏิกิริยาการเผาไหม้ ส่วนใหญ่เป็นสารประกอบที่มีคาร์บอนและไฮโดรเจนเป็นองค์ประกอบ ซึ่งถ้าเกิดการเผาไหม้อย่างสมบูรณ์ จะได้ผลิตภัณฑ์เป็นคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำ	(9)
	ว 2.1 ม.3/8 ออกแบบวิธีแก้ปัญหาในชีวิตประจำวันโดยใช้ความรู้เกี่ยวกับปฏิกิริยาเคมีโดยบูรณาการ	- ความรู้เกี่ยวกับปฏิกิริยาเคมีสามารถนำไปใช้ประโยชน์ในชีวิตประจำวัน และสามารถบูรณา	(3)

ชื่อหน่วยการเรียนรู้	มาตรฐานการเรียนรู้/ตัวชี้วัด	สาระการเรียนรู้แกนกลาง	เวลา (คาบ)
	วิทยาศาสตร์คณิตศาสตร์ เทคโนโลยี และวิศวกรรมศาสตร์	การกับคณิตศาสตร์เทคโนโลยีและวิศวกรรมศาสตร์เพื่อใช้ปรับปรุงผลิตภัณฑ์ให้มีคุณภาพตามต้องการ หรืออาจสร้างนวัตกรรมเพื่อป้องกันและแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นจากปฏิกิริยาเคมี โดยใช้ความรู้เกี่ยวกับปฏิกิริยาเคมี เช่น การเปลี่ยนแปลงพลังงานความร้อนอันเนื่องมาจากปฏิกิริยาเคมี การเพิ่มปริมาณผลผลิต	
	รวม		**12**

ตาราง 2 ลำดับแผนการจัดการเรียนรู้

หน่วยการเรียนรู้	ลำดับแผน	แผนการจัดการเรียนรู้	ชั่วโมง (คาบ)
ปฏิกิริยาเคมี	1	ปฏิกิริยาของกรดกับเบส	3
	2	ปฏิกิริยาการเกิดสนิมเหล็ก	3
	3	ปฏิกิริยาการสังเคราะห์แสง	3
	4	ออกแบบวิธีการลดปริมาณแก๊สเรือนกระจก	3
		รวม	12

2. สมรรถนะทางวิทยาศาสตร์

2.1 กรอบการประเมินด้านวิทยาศาสตร์

PISA 2022 ให้นิยาม “สมรรถนะทางวิทยาศาสตร์” ไว้ดังนี้ สมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ (Science competency) หมายถึง ความสามารถในการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ การประเมินและออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ และการแปลความหมายข้อมูลและใช้ประจักษ์พยานเชิงวิทยาศาสตร์

การประเมินด้านวิทยาศาสตร์ของ PISA ให้ความสำคัญกับการประยุกต์ใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ในชีวิตประจำวัน โดย PISA 2022 เน้นการประเมินนักเรียนที่มีอายุ 15 ปี สามารถแสดง

สมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ 3 ด้าน ได้อย่างเหมาะสมในบริบทต่าง ๆ ทั้งในระดับส่วนบุคคล ระดับท้องถิ่น/ประเทศ และระดับโลก ซึ่งการประเมินดังกล่าวจะแตกต่างจากการเรียนวิทยาศาสตร์ในโรงเรียนโดยทั่วไปที่มักมุ่งเน้นความรู้ด้านเนื้อหา แต่กรอบการประเมินนี้เป็นการมองวิทยาศาสตร์ในมุมมองที่กว้างขึ้นเพื่อให้เห็นถึงความรู้ประเภทต่าง ๆ ที่จำเป็นต่อการมีส่วนร่วมของสมาชิกในสังคมร่วมสมัย

ทั้งนี้ องค์ประกอบอื่น ๆ ที่นอกเหนือจากองค์ประกอบทางปัญญาเป็นสิ่งหนึ่งที่ช่วยให้นักเรียนสามารถแสดงสมรรถนะข้างต้นได้ นั่นคือ อัตลักษณ์ทางวิทยาศาสตร์ เจตคติต่อวิทยาศาสตร์ และแนวโน้มที่จะคิดในเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนจะเป็นตัวกำหนดระดับความสนใจ การมีส่วนร่วมในระยะยาว และกระตุ้นให้เกิดการลงมือกระทำ

นอกจากนี้การศึกษาด้านวิทยาศาสตร์ควรพัฒนาสมรรถนะที่ช่วยให้นักเรียนสามารถกระทำสิ่งที่ต้องการได้ โดยการกระทำอาจเกิดขึ้นได้ทั้งในระดับส่วนบุคคล เช่น การมีส่วนร่วมในการอนุรักษ์ต่าง ๆ หรือการเลือกซื้อหรือหลีกเลี่ยงการใช้ผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ โดยการพิจารณาตามคุณค่า รวมทั้งการลงมือกระทำร่วมกับผู้อื่นเพื่อสร้างความตระหนักภายในชุมชนหรือการให้ข้อเสนอแนะเกี่ยวกับการแก้ไขปัญหาด้านสิ่งแวดล้อม ซึ่งการมีเจตนาที่จะกระทำสิ่งเหล่านี้ต้องอาศัยความรู้และความสามารถ รวมถึงความหวังและวิสัยทัศน์ที่ว่าการแก้ไขปัญหานั้นสามารถเป็นไปได้ ตลอดจนความเชื่อมั่นทั้งในระดับส่วนบุคคลและส่วนรวมที่เชื่อว่าพวกเขาสามารถมีส่วนร่วมในการแก้ไขปัญหาเหล่านั้นได้

ดังนั้น บุคคลที่ได้รับการศึกษาด้านวิทยาศาสตร์โดยทั่วไปมักจะมีความสนใจในเรื่องวิทยาศาสตร์และสิ่งแวดล้อม มีส่วนร่วมกับประเด็นปัญหาที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ สุขภาพ เทคโนโลยี และความยั่งยืน และรู้สึกว่าวิทยาศาสตร์มีความสัมพันธ์และเชื่อมโยงกับชีวิตอย่างมีนัยสำคัญ แม้ไม่ได้ประกอบอาชีพเป็นนักวิทยาศาสตร์แต่ควรตระหนักได้ว่า วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และงานวิจัยเป็นส่วนสำคัญของวัฒนธรรมร่วมสมัยที่มีอิทธิพลอย่างมากต่อความคิดและอีกหลากหลายด้านของชีวิต

2.2 กรอบโครงสร้างการประเมินการรู้เรื่องวิทยาศาสตร์

ตามวัตถุประสงค์ของการประเมิน PISA 2022 จึงได้กำหนดกรอบโครงสร้างการประเมินผลการรู้เรื่อง วิทยาศาสตร์ ประกอบไปด้วย 3 องค์ประกอบ ได้แก่

1) บริบท (Context) หมายถึง สถานการณ์หรือประเด็นปัญหาในระดับส่วนบุคคล ระดับท้องถิ่น/ประเทศและระดับโลก ทั้งที่เป็นเรื่องในปัจจุบันหรือในอดีตที่ผ่านมาซึ่งจำเป็นต้องมีความเข้าใจเรื่องวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

2) ความรู้ทางวิทยาศาสตร์(Scientific knowledge) หมายถึง ความเข้าใจในข้อเท็จจริง แนวคิดหลักและทฤษฎีสำคัญที่ทำให้เกิดความรู้พื้นฐานทางวิทยาศาสตร์ โดยความรู้ทางวิทยาศาสตร์ประกอบด้วย

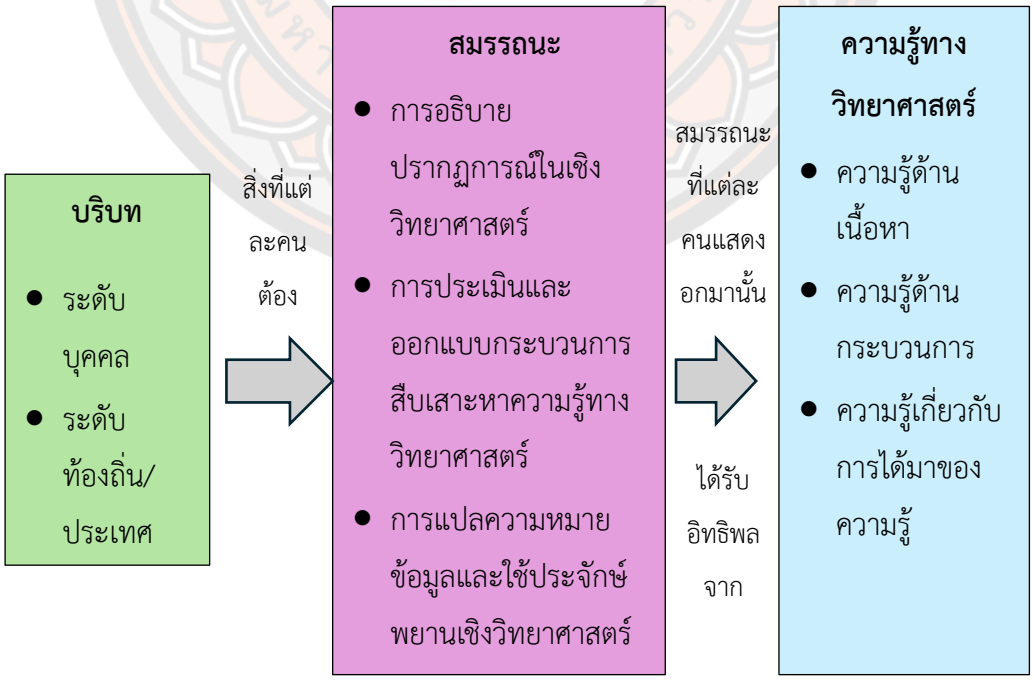
2.1 ความรู้ด้านเนื้อหา (Content knowledge) เป็นความรู้เกี่ยวกับข้อเท็จจริง แนวคิด และทฤษฎีเกี่ยวกับโลกธรรมชาติที่วิทยาศาสตร์ได้สร้างขึ้น และสิ่งประดิษฐ์ทางเทคโนโลยี

2.2 ความรู้ด้านกระบวนการ (Procedural knowledge) เป็นความรู้เกี่ยวกับวิธีการในการสร้างแนวคิดต่าง ๆ

2.3 ความรู้เกี่ยวกับการได้มาของความรู้(Epistemic knowledge) เป็นความเข้าใจในเหตุผลพื้นฐานของกระบวนการสร้างความรู้

3) สมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ (Science competencies) หมายถึง ความสามารถในการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ การประเมินและออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ และการแปลความหมายข้อมูลและใช้ประจักษ์พยานเชิงวิทยาศาสตร์

องค์ประกอบทั้งสามมีความสัมพันธ์กัน กล่าวคือ ในการดำเนินชีวิต คนเราต้องเผชิญสถานการณ์ที่หลากหลายในชีวิตจริงที่เกี่ยวข้องกับทั้งตนเอง ท้องถิ่น ประเทศ หรือสถานการณ์ของโลก เราจึงต้องมีและใช้สมรรถนะเพื่อตอบสนองและแก้ปัญหาต่าง ๆ ได้อย่างสมเหตุสมผล ซึ่งการตอบสนองจะทำได้ดีเพียงใดนั้นขึ้นอยู่กับความรู้และเจตคติต่าง ๆ ที่แต่ละคนมีอยู่ ดังความสัมพันธ์ที่แสดงในรูปต่อไปนี้



ภาพ 1 กรอบการประเมินด้านวิทยาศาสตร์ของ PISA 2022

2.3 บริบทที่ใช้ในการประเมิน

สิ่งหนึ่งที่ PISA ให้ความสำคัญในการประเมิน คือ การใช้วิทยาศาสตร์ในสถานการณ์ต่าง ๆ อย่างหลากหลายในการจัดการกับประเด็นทางวิทยาศาสตร์ การเลือกวิธีการที่ใช้มักจะขึ้นอยู่กับสถานการณ์ของประเด็นปัญหานั้นปัญหาแบบเดียวกันแต่ถ้าอยู่ในสถานการณ์ที่ต่างกัน วิธีการที่เลือกใช้ก็จะต่างกัน ดังนั้น ในการสร้างข้อสอบจึงมีการจัดสถานการณ์ หรือจำกัดบริบทของภารกิจในการประเมิน ข้อคำถามของ PISA จะเป็นการทดสอบความรู้ความเข้าใจในแนวคิดหลักการทางวิทยาศาสตร์ที่ได้เรียนรู้มาจากหลักสูตรเพื่อนำมาใช้ในการตอบคำถามเรื่องวิทยาศาสตร์ที่เกิดขึ้นในชีวิตจริง เช่น เกิดกับตัวเอง ครอบครัว หรือเพื่อน (บริบทระดับบุคคล) ประเด็นที่ส่งผลกระทบต่อสังคม วัฒนธรรม สุขภาพ หรือชีวิตมนุษย์ (บริบทระดับท้องถิ่น/ประเทศ) ประเด็นทางวิทยาศาสตร์ที่เป็นข่าวในสื่อ หรือมีผลกระทบสืบเนื่องถึงสังคมโลกหรือต่อโลกอนาคต (บริบทระดับโลก) เป็นต้น

คำถามของการประเมินผล PISA จึงอยู่ในสถานการณ์ที่เป็นส่วนหนึ่งในชีวิตจริงของนักเรียน และไม่จำกัดอยู่เฉพาะสถานการณ์ในโรงเรียนเท่านั้น แต่จะเป็นสถานการณ์ที่อาจเกี่ยวข้องกับตัวเอง ครอบครัว ชุมชนหรือสถานการณ์ของโลกก็ได้ หรือแม้กระทั่งคำถามที่อยู่ในบริบทประวัติศาสตร์ก็สามารถนำมาใช้ประเมินความเข้าใจเกี่ยวกับกระบวนการและความก้าวหน้าของความรู้ทางวิทยาศาสตร์ได้

2.4 บริบทที่ใช้ในการประเมินด้านวิทยาศาสตร์ PISA 2022

ตาราง 3 บริบทที่ใช้ในการประเมินด้านวิทยาศาสตร์ PISA 2022

บริบท	ระดับส่วนบุคคล	ระดับท้องถิ่น/ประเทศ	ระดับโลก
สุขภาพและโรคภัย	การดูแลรักษาสุขภาพ อุบัติเหตุ โภชนาการ	การควบคุมโรค การแพร่เชื้อในสังคม การเลือกอาหาร สุขภาพชุมชน	การระบาดของโรคที่แพร่กระจายไปทั่วโลก
ทรัพยากรธรรมชาติ	การใช้วัสดุต่าง ๆ และพลังงาน	การควบคุมขนาดประชากรมนุษย์ คุณภาพชีวิต ความมั่นคง การผลิตและการกระจายอาหาร การจัดหาพลังงาน	แหล่งพลังงานหมุนเวียนและพลังงานที่ใช้แล้วหมดไปการเติบโตของประชากร การใช้ประโยชน์จากสิ่งมีชีวิต

บริบท	ระดับส่วนบุคคล	ระดับท้องถิ่น/ประเทศ	ระดับโลก
			ชนิดต่าง ๆ อย่างยั่งยืน
คุณภาพสิ่งแวดล้อม	พฤติกรรมเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม การใช้และการกำจัดวัสดุและอุปกรณ์	การกระจายของประชากร การจัดการกับขยะ ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม	ความหลากหลายทางชีวภาพ ความยั่งยืนของระบบนิเวศ การควบคุมมลพิษ การเกิดและการสูญเสียดิน/มวลชีวภาพ
ภัยอันตราย	การประเมินความเสี่ยงในการเลือกดำเนินชีวิต	การประเมินความเสี่ยงจากการเปลี่ยนแปลงกะทันหัน (เช่น แผ่นดินไหว สภาพอากาศเลวร้าย) การเปลี่ยนแปลงอย่างช้า ๆ และต่อเนื่อง (เช่น การกัดเซาะชายฝั่ง การเกิดตะกอน)	การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ ผลกระทบจากการติดต่อสื่อสารยุคใหม่
ความก้าวหน้าของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี	แง่มุมทางวิทยาศาสตร์เกี่ยวกับงานอดิเรก เทคโนโลยีที่ใช้ส่วนบุคคลกิจกรรมทางดนตรีและกีฬา	วัสดุ เครื่องมือและกระบวนการใหม่ การดัดแปรพันธุกรรม เทคโนโลยีเกี่ยวกับสุขภาพ การคมนาคมขนส่ง	การสูญพันธุ์ของสิ่งมีชีวิต การสำรวจอวกาศ จุดกำเนิดและโครงสร้างของเอกภพ

2.5 สมรรถนะของวิทยาศาสตร์ (Scientific Competencies)

PISA ประเมินด้านวิทยาศาสตร์โดยให้ความสำคัญเป็นพิเศษกับสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ (Scientific Competencies) และนิยามการประเมินสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ ว่าเป็นการประเมินความสามารถของนักเรียน ในการทำสิ่งต่อไปนี้สมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ทั้ง 3 สมรรถนะ มีรายละเอียดดังนี้

- การอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ (Explain Phenomena Scientifically) หมายถึง การมีความสามารถในการรับรู้ เสนอและประเมินค าอธิบายที่เกี่ยวข้องกับปรากฏการณ์ทางธรรมชาติและเทคโนโลยี

- การประเมินและออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (Evaluate and Design Scientific Enquiry) หมายถึง การมีความสามารถในการอธิบายและประเมินคุณค่าของการสำรวจตรวจสอบทางวิทยาศาสตร์ และนำเสนอแนวทางในการตอบคำถามอย่างเป็นวิทยาศาสตร์

- การแปลความหมายข้อมูลและการใช้ประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์ (Interpret Data and Evidence Scientifically) หมายถึง การมีความสามารถในการวิเคราะห์และประเมินข้อมูล คำกล่าวอ้าง และข้อโต้แย้งในหลากหลายรูปแบบ และลงข้อสรุปทางวิทยาศาสตร์ได้อย่างเหมาะสม

สมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ทั้งสามสมรรถนะ ขยายความได้ในรายละเอียดดังนี้

1. การอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ (Explain Phenomena Scientifically) การอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์เป็นสมรรถนะที่จำเป็นสำหรับความฉลาดรู้ด้านวิทยาศาสตร์ การแสดงออกถึงสมรรถนะนี้บุคคลที่รู้เรื่องวิทยาศาสตร์ต้องสามารถระลึกถึงความรู้ด้านเนื้อหาที่เหมาะสมในสถานการณ์ที่กำหนดให้ และใช้ความรู้เพื่อแปลความหมายและให้คำอธิบายต่อปรากฏการณ์ต่าง ๆ สมรรถนะนี้ รวมถึงการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์เพื่อใช้อธิบายปรากฏการณ์ที่เกิดในชีวิตประจำวัน การบรรยายและการตีความปรากฏการณ์ การคาดการณ์หรือการทำนายการเปลี่ยนแปลงที่อาจจะเกิดขึ้น รวมถึงการให้นักเรียนระบุว่าคำบรรยาย คำอธิบายใดสมเหตุสมผลหรือไม่ อย่างไร คำคาดการณ์จะเป็นไปได้หรือไม่ ด้วยเหตุผลอะไร เป็นต้น โดยสรุปผู้ที่มีสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์สามารถทำสิ่งต่อไปนี้

1.1 นำความรู้ทางวิทยาศาสตร์มาใช้สร้างคำอธิบายที่สมเหตุสมผล

1.2 ระบุ ใช้ และสร้างแบบจำลอง และนำเสนอข้อมูลเพื่อใช้ในการอธิบาย

1.3 สร้างและตรวจสอบความถูกต้องของการท านายผลทางวิทยาศาสตร์ที่สมเหตุสมผล

1.4 เสนอสมมติฐานเพื่อใช้ในการอธิบาย

1.5 อธิบายถึงศักยภาพของการนำความรู้ทางวิทยาศาสตร์ไปใช้เพื่อประโยชน์ของสังคม

2. การประเมินและออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (Evaluate and Design Scientific Enquiry) บุคคลที่รู้เรื่องวิทยาศาสตร์ต้องมีความสามารถในการประเมินและออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เพื่อใช้ในการสร้างความรู้ที่เชื่อถือได้เกี่ยวกับโลกธรรมชาติ การแสดงออกถึงสมรรถนะด้านนี้ บุคคลต้องสามารถประเมินข้อค้นพบทางวิทยาศาสตร์อย่างมีวิจารณญาณ แยกแยะคำถามทางวิทยาศาสตร์ว่าคำถามใดสามารถตอบได้ด้วยการสำรวจตรวจสอบทางวิทยาศาสตร์ สมรรถนะนี้จำเป็นต้องใช้ความรู้เกี่ยวกับลักษณะสำคัญของการสำรวจตรวจสอบทางวิทยาศาสตร์ เช่น การทดสอบที่เที่ยงตรงต้องทำอย่างไร ต้องเปรียบเทียบอะไร ควบคุมตัวแปรใด และเปลี่ยนแปลงตัวแปรใด ต้องค้นคว้าสาระและข้อมูลอะไรเพิ่มเติมอีก และต้องทำอะไร อย่างไรจึงจะเก็บข้อมูลที่ต้องการได้ นอกจากนี้ ยังต้องรู้ถึงความสำคัญและคุณค่าของงานวิจัยที่ผ่านมาที่ส่งผลต่อการค้นคว้าทางวิทยาศาสตร์เรื่องอื่น ๆ ต่อไป รวมถึงการเข้าใจถึงความสำคัญของการตั้งข้อสงสัยในการรายงานที่ปรากฏในสื่อ หรือข้อค้นพบจากงานวิจัยต่าง ๆ ในแง่มุมที่ว่าอาจมีความคลุมเครือ การสรุปไม่สมเหตุสมผล ไม่มีข้อมูลมากพอ หรือมีความลำเอียงได้ เป็นต้น โดยสรุปผู้ที่มีสมรรถนะการประเมินและออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์สามารถทำสิ่งต่อไปนี้

2.1 ระบุประเด็นปัญหาที่ต้องการสำรวจตรวจสอบจากการศึกษาทางวิทยาศาสตร์ที่กำหนดให้

2.2 แยกแยะได้ว่าประเด็นปัญหาหรือคำถามใดสามารถตรวจสอบได้ด้วยวิธีการทางวิทยาศาสตร์

2.3 เสนอวิธีสำรวจตรวจสอบปัญหาทางวิทยาศาสตร์ที่กำหนดให้

2.4 ประเมินวิธีสำรวจตรวจสอบปัญหาทางวิทยาศาสตร์ที่กำหนดให้

2.5 บรรยายและประเมินวิธีการต่าง ๆ ที่นักวิทยาศาสตร์ใช้ในการยืนยันถึงความน่าเชื่อถือของข้อมูลและความเป็นกลางและการสรุปอ้างอิงจากคำอธิบาย

3. การแปลความหมายข้อมูลและการใช้ประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์ (Interpret Data and Evidence Scientifically) บุคคลที่มีสมรรถนะการแปลความหมายข้อมูลและใช้ประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์ต้องแสดงออกถึงความสามารถในการตีความข้อมูลและหลักฐานทางวิทยาศาสตร์ที่มาในการสร้าง คำกล่าวอ้างหรือลงข้อสรุป นำเสนอข้อมูลที่ได้รับในรูปแบบอื่น เช่น ใช้คำพูดของตนเอง แผนภาพ หรือการแสดงแทนอื่น ๆ ได้ ซึ่งสมรรถนะนี้จำเป็นต้องใช้เครื่องมือทางคณิตศาสตร์ในการวิเคราะห์หรือสรุปข้อมูลและใช้ความสามารถในการใช้วิธีการพื้นฐานในการแปลง

ข้อมูลเป็นการแสดงแทนในรูปแบบอื่น ๆ นอกจากนี้ยังต้องสร้างข้อสรุปที่สมเหตุสมผลบนพื้นฐานของประจักษ์พยานข้อมูลหรือประเมินข้อสรุปที่ผู้อื่นสร้างขึ้นว่าสอดคล้องกับประจักษ์พยานที่มีหรือไม่ รวมถึงสามารถโต้แย้งอย่างมีสมเหตุสมผล โดยสรุป ผู้ที่มีสมรรถนะการแปลความหมายข้อมูลและใช้ประจักษ์พยานเชิงวิทยาศาสตร์สามารถทำสิ่งต่อไปนี้

3.1 แปลงข้อมูลที่นำเสนอในรูปแบบหนึ่งไปสู่รูปแบบอื่น

3.2 วิเคราะห์และแปลความหมายข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ และลงข้อสรุป

3.3 ระบุข้อสันนิษฐาน ประจักษ์พยาน และเหตุผล ในเรื่องที่เกี่ยวกับวิทยาศาสตร์

3.4 แยกแยะระหว่างข้อโต้แย้งที่มาจากประจักษ์พยานและทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์กับที่มาจากการพิจารณาจากสิ่งอื่น

3.5 ประเมินข้อโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์และประจักษ์พยานจากแหล่งที่มาที่หลากหลาย เช่น หนังสือพิมพ์ อินเทอร์เน็ต และวารสาร

2.6 ความรู้ทางวิทยาศาสตร์

การประเมินด้านวิทยาศาสตร์มีส่วนของความรู้ทางวิทยาศาสตร์แตกต่างจากการประเมินในรอบที่ผ่านมาการประเมินความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (Scientific Knowledge) ที่ PISA กำหนดไว้นั้นครอบคลุมความรู้ทางวิทยาศาสตร์สามด้าน ได้แก่ ความรู้ด้านเนื้อหา (Content Knowledge) ความรู้ด้านกระบวนการ (Procedural Knowledge) และความรู้เกี่ยวกับการได้มาของความรู้ (Epistemic Knowledge) ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

1) ความรู้ด้านเนื้อหา เป็นความรู้เกี่ยวกับข้อเท็จจริง แนวความคิดหลัก แนวคิดและทฤษฎีเกี่ยวกับโลก ธรรมชาติ โดย PISA เลือกประเมินความรู้ในสาขาวิชาหลัก ได้แก่ ฟิสิกส์ เคมี ชีววิทยา และวิทยาศาสตร์โลกและอวกาศ ทั้งนี้มีเกณฑ์การเลือกแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ที่ใช้ในการประเมินดังนี้

- เป็นความรู้ที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์ในชีวิตจริง
- แสดงให้เห็นถึงแนวความคิดหลักทางวิทยาศาสตร์ หรือทฤษฎีที่สำคัญ ซึ่งถูกสร้างและใช้ได้อย่างยาวนาน
- เหมาะสมกับระดับพัฒนาการของนักเรียนอายุ 15 ปี

ความรู้ด้านเนื้อหาวิทยาศาสตร์ที่ PISA 2022 ประเมินนั้นครอบคลุมความรู้เกี่ยวกับโลกธรรมชาติ มีองค์ประกอบดังนี้

ความรู้ด้านเนื้อหาวิทยาศาสตร์ PISA 2022

ตาราง 4 ความรู้ด้านเนื้อหาวิทยาศาสตร์ PISA 2022

ระบบทางกายภาพ (Physical Systems) ใช้ความรู้เกี่ยวกับ :

- โครงสร้างของสสาร (เช่น แบบจำลองอนุภาค และพันธะ)
- สมบัติของสสาร (เช่น การเปลี่ยนสถานะ การนำความร้อนและการนำไฟฟ้า)
- การเปลี่ยนแปลงทางเคมีของสสาร (เช่น ปฏิกิริยาเคมี การถ่ายโอนพลังงาน กรด/เบส)
- การเคลื่อนที่และแรง (เช่น ความเร็ว ความเสียดทาน) และแรงที่กระทำต่อวัตถุโดยส่งผลของแรงมาจากระยะไกล (เช่น แรงแม่เหล็ก แรงโน้มถ่วง แรงแม่เหล็กไฟฟ้า)
- พลังงานและการเปลี่ยนรูปของพลังงาน (เช่น การอนุรักษ์พลังงาน การสูญเสียพลังงานปฏิกิริยาเคมี)
- อันตรกิริยาระหว่างพลังงานและสสาร (เช่น คลื่นแสงและคลื่นวิทยุ คลื่นเสียงและคลื่นไหวสะเทือน)

ระบบสิ่งมีชีวิต (Living Systems) ใช้ความรู้เกี่ยวกับ :

- เซลล์(เช่น โครงสร้างและหน้าที่ DNA เซลล์พืชและเซลล์สัตว์)
- แนวความคิดเรื่องสิ่งมีชีวิต (เช่น สิ่งมีชีวิตเซลล์เดียว สิ่งมีชีวิตหลายเซลล์)
- มนุษย์ (เช่น สุขภาพ โภชนาการ ระบบต่าง ๆ ในร่างกาย ซึ่งรวมทั้งการย่อย การหายใจ การหมุนเวียนเลือด การขับถ่าย การสืบพันธุ์ ความสัมพันธ์ของระบบต่าง ๆ)
- ประชากร (เช่น สายพันธุ์ การวิวัฒนาการ ความหลากหลายทางชีวภาพ ความแปรผันทางพันธุกรรม)
- ระบบนิเวศ (เช่น โซ่อาหาร การถ่ายทอดสารและพลังงาน)
- ไบโอสเฟียร์(เช่น ประโยชน์ที่ได้รับจากระบบนิเวศ ความยั่งยืนของระบบนิเวศ)

ระบบของโลกและอวกาศ (Earth and Space Systems) ใช้ความรู้เกี่ยวกับ :

- โครงสร้างของระบบโลก (เช่น พื้นดิน พื้นน้ำ บรรยากาศ)
- พลังงานในระบบโลก (เช่น แหล่งพลังงาน ภูมิอากาศของโลก)
- การเปลี่ยนแปลงในระบบโลก (เช่น การแปรสัณฐานของแผ่นธรณีวัฏจักรธรณีเคมี แรงดึง และแรงอัด)
- ประวัติศาสตร์ของโลก (เช่น ซากดึกดำบรรพ์ กำเนิดและวิวัฒนาการของโลก)
- โลกในอวกาศ (เช่น ความโน้มถ่วง ระบบสุริยะ กาแล็กซี)
- ประวัติศาสตร์และขนาดของจักรวาล (เช่น ปีแสง ทฤษฎีบิกแบง)

2) ความรู้ด้านกระบวนการ เป็นความรู้เกี่ยวกับกระบวนการที่นักวิทยาศาสตร์ใช้ในการสร้างความรู้ทางวิทยาศาสตร์ รวมทั้งความรู้ในเรื่องการปฏิบัติและแนวความคิดเกี่ยวกับการสืบเสาะหาความรู้ เช่น การตรวจสอบซ้ำเพื่อลดความผิดพลาดและลดความไม่แน่นอน การควบคุมตัวแปร และการมีกระบวนการมาตรฐานเพื่อนำเสนอและสื่อสารข้อมูล ซึ่งลักษณะทั่วไปของความรู้ด้านกระบวนการที่จะทดสอบนักเรียน ครอบคลุมถึงแนวคิดเรื่องตัวแปร ได้แก่ ตัวแปรต้น ตัวแปรตาม และตัวแปรควบคุม

- แนวคิดเรื่องการวัด เช่น การวัดเชิงปริมาณ (การใช้เครื่องมือวัด) การวัดเชิงคุณภาพ (การสังเกต)
- การใช้มาตรวัด และการวัดตัวแปรเชิงกลุ่มและตัวแปรต่อเนื่อง
- วิธีการประเมินและลดข้อผิดพลาด เช่น การทำซ้ำและการหาค่าเฉลี่ยจากการวัด
- กลไกที่ทำให้เกิดความน่าเชื่อถือในการำทำซ้ำและความถูกต้องของข้อมูล
- การสรุปและนำเสนอข้อมูลโดยใช้ตาราง กราฟ และแผนภูมิอย่างเหมาะสม
- วิธีการกำหนดและควบคุมตัวแปร และบทบาทของตัวแปรในการออกแบบการทดลอง
- ลักษณะของการออกแบบที่เหมาะสมเพื่อตอบคำถามทางวิทยาศาสตร์ เช่น การทดลอง การสำรวจตรวจสอบภาคสนาม หรือการสืบค้นข้อสนเทศจากแหล่งต่าง ๆ

3) ความรู้เกี่ยวกับการได้มาของความรู้ เป็นความรู้เกี่ยวกับบทบาทและลักษณะที่จำเป็นต่อกระบวนการ สร้างความรู้ทางวิทยาศาสตร์ รวมถึงความเข้าใจบทบาทและหน้าที่ของสิ่งต่าง ๆ ที่มีต่อวิทยาศาสตร์ เช่น คำถาม การสังเกต ทฤษฎี สมมติฐาน แบบจำลอง การอภิปรายโต้แย้ง การยอมรับรูปแบบที่หลากหลายในกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ และบทบาทในการตรวจสอบจากผู้อื่นที่ทำให้ความรู้ที่สร้างขึ้นนั้นน่าเชื่อถือ ซึ่งความรู้เกี่ยวกับการได้มาของความรู้ที่จำเป็นต่อความฉลาดรู้ด้านวิทยาศาสตร์ มีลักษณะสำคัญดังนี้

1) การสร้างและการระบุลักษณะของวิทยาศาสตร์ ครอบคลุมถึง

- ธรรมชาติของการสังเกต ข้อเท็จจริง สมมติฐาน แบบจำลอง และทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์
- วัตถุประสงค์และเป้าหมายของวิทยาศาสตร์เพื่อสร้างคำอธิบายธรรมชาติของโลก ซึ่งต่างจาก วัตถุประสงค์และเป้าหมายของเทคโนโลยี ซึ่งเป็นการสร้างวิธีแก้ปัญหาที่ตรงตามความต้องการ ของมนุษย์ให้มากที่สุด จึงต้องพิจารณาถึงค าถามและข้อมูลที่เหมาะสมสำหรับวิทยาศาสตร์หรือเทคโนโลยี

- คุณค่าของวิทยาศาสตร์ เช่น ความมุ่งมั่นในการตีพิมพ์ผลงาน การไม่เอาเรื่องส่วนตัวมาเกี่ยวข้องและการขจัดอคติ
- ธรรมชาติของการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ เช่น การอนุมาน การอุปมาน การลงข้อสรุปเพื่อหาคำอธิบายที่ดีที่สุด การเปรียบเทียบความคล้ายคลึง การใช้แบบจำลอง

2) ลักษณะที่ใช้ในการตัดสินความรู้ที่สร้างจากวิทยาศาสตร์ ครอบคลุมถึง

- คำกล่าวอ้างทางวิทยาศาสตร์ต้องได้รับการสนับสนุนจากข้อมูลและเหตุผลทางวิทยาศาสตร์
- บทบาทของการใช้กระบวนการสืบเสาะหาความรู้หลากหลายรูปแบบในการสร้างความรู้ กำหนด เป้าหมาย (เพื่อตรวจสอบสมมติฐานและระบุรูปแบบ) และการออกแบบ (การสังเกต การควบคุม การทดลอง การวิจัยเชิงความสัมพันธ์)
- ความผิดพลาดในการตรวจวัดส่งผลต่อความเชื่อมั่นในความรู้ทางวิทยาศาสตร์
- การใช้ บทบาท และข้อจำกัดของแบบจำลองที่เป็นรูปธรรม แบบจำลองที่เป็นระบบและแบบจำลองที่เป็นนามธรรม
- บทบาทของการทำงานแบบร่วมมือกัน การวิพากษ์วิจารณ์ และการตรวจสอบคุณภาพจากผู้อื่น ในการสร้างความน่าเชื่อถือเกี่ยวกับคำกล่าวอ้างทางวิทยาศาสตร์
- ความรู้ทางวิทยาศาสตร์มีบทบาทในการระบุถึงปัญหาทางสังคมและเทคโนโลยี

จากการศึกษาความหมายและความรู้ทางวิทยาศาสตร์ผู้วิจัยสรุปได้ว่า สมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ด้านการประเมินและออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (Evaluate and Design Scientific Enquiry) หมายความว่า การมีความสามารถในการอธิบายและประเมินคุณค่าของการสำรวจตรวจสอบทางวิทยาศาสตร์ และนำเสนอแนวทางในการตอบคำถามอย่างเป็นวิทยาศาสตร์โดยผู้ที่มีสมรรถนะการประเมินและออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์สามารถทำสิ่งต่อไปนี้ได้ ได้แก่

1) ระบุประเด็นปัญหาที่ต้องการสำรวจตรวจสอบจากการศึกษาทางวิทยาศาสตร์ที่กำหนดให้

2) แยกแยะได้ว่าประเด็นปัญหาหรือคำถามใดสามารถตรวจสอบได้ด้วยวิธีการทางวิทยาศาสตร์

3) เสนอวิธีสำรวจตรวจสอบปัญหาทางวิทยาศาสตร์ที่กำหนดให้

4) ประเมินวิธีสำรวจตรวจสอบปัญหาทางวิทยาศาสตร์ที่กำหนดให้

5) บรรยายและประเมินวิธีการต่าง ๆ ที่นักวิทยาศาสตร์ใช้ในการยืนยันถึงความน่าเชื่อถือของข้อมูลและความเป็นกลางและการสรุปอ้างอิงจากคำอธิบาย

3. การจัดการเรียนรู้โดยใช้การออกแบบ 6E ตามแนวคิด STEAM

เพื่อให้การจัดการเรียนรู้โดยใช้การออกแบบ 6E ตามแนวคิด STEAM มีแนวทางและขั้นตอนที่ชัดเจน ผู้วิจัยจึงขอนำเสนอข้อมูล ดังนี้

3.1 ความเป็นมาและความสำคัญของสะตีม (STEAM Education)

National Science Foundation: NSF (2012) ได้กล่าวว่าการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็ม (STEM) ถูกนำมาใช้โดยสถาบันวิทยาศาสตร์แห่งประเทศสหรัฐอเมริกา เนื่องจากประสบปัญหาในการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์และการสร้างนวัตกรรมที่มีแนวโน้มลดลง อีกทั้งปัญหาการขาดแคลนบุคคลากรด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ส่งผลต่อการแข่งขันทางเศรษฐกิจในระดับนานาชาติ เนื่องจากการพัฒนานวัตกรรมและเทคโนโลยีที่ก้าวกระโดดนั้นต้องอาศัยความคิดสร้างสรรค์จากศิลปะร่วมในการออกแบบด้วย (Land, 2013) สถาบันวิทยาศาสตร์แห่งประเทศสหรัฐอเมริกา ได้ริเริ่มใช้ STEM ซึ่งมาจากการนำความรู้จาก 4 ศาสตร์ ได้แก่ S (Science) วิทยาศาสตร์ T (Technology) เทคโนโลยี E (Engineering) วิศวกรรมศาสตร์ และ M (Mathematics) คณิตศาสตร์ มาบูรณาการเชื่อมโยงกันในการจัดการเรียนรู้โดยนำเทคโนโลยีมาประยุกต์ใช้เพื่อส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ การแก้ปัญหา การสร้างองค์ความรู้จากตนเอง นอกจากประเทศสหรัฐอเมริกาแล้วหลายประเทศได้ตระหนักถึงความสำคัญของ STEM เช่นกัน อาทิ ประเทศจีน อินเดีย เกาหลี เป็นต้น โดยประเทศจีนได้ส่งเสริมการผลิตบัณฑิตที่มีความเชี่ยวชาญด้าน STEM เป็นจำนวนเกินครึ่งที่ทุกประเทศผลิตรวมกัน (ศุภนิช เจริญสุข, 2559) ในขณะเดียวกันประเทศไทยก็ได้เล็งเห็นถึงความสำคัญของสะเต็มศึกษาจึงมีนโยบายให้กระทรวงศึกษาธิการนำ STEM มาใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนการเรียนรู้ เพื่อพัฒนาความรู้ด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรม และคณิตศาสตร์ ให้เท่าเทียมและสามารถแข่งขันกับต่างประเทศได้ โดยทางด้านกระทรวงศึกษาธิการได้กล่าวถึงการจัดการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมสะเต็มศึกษาว่าการศึกษาแบบสะเต็มเป็นการเรียนรู้ผ่านการบูรณาการความรู้ระหว่างศาสตร์วิชาต่าง ๆ ทั้งความรู้ด้านวิทยาศาสตร์ ความรู้ด้านคณิตศาสตร์ การใช้เทคโนโลยี และการออกแบบเชิงวิศวกรรม จัดให้แก่นักเรียนในระดับการศึกษาขั้นพื้นฐาน ชัยยศ อิ่มสุวรรณ อ้างถึงใน (มีนกาญจน์ แจ่มพงษ์, 2559) ซึ่งมีการนำไปใช้บูรณาการตั้งแต่ระดับหลักสูตรไปจนถึงระดับรายวิชา ซึ่งเนื้อหาสาระในแต่ละเรื่องอาจมีสัดส่วนที่ไม่เท่ากันหรือมีเนื้อหาใดเนื้อหาหนึ่งเป็นหัวข้อหลักหรือบูรณาการในวิชาอื่นไปพร้อมกัน เพื่อปรับปรุงแก้ไขปัญหา พัฒนาองค์สร้างความรู้ใหม่ให้เกิดขึ้น เพราะในการทำงานและการดำเนินชีวิตล้วนต้องอาศัยองค์ความรู้จาก

หลากหลายศาสตร์ (เจนจิรา สันติไพบูลย์ และวิสูตร โพธิ์เงิน, 2561) ซึ่งเป็นการจัดการเรียนรู้ที่แตกต่างจากอดีตมีความท้าทายส่งเสริมให้นักเรียนเกิดจินตนาการเป็นการเรียนรู้ผ่านประสบการณ์จริงต่อมามีนักการศึกษาพัฒนารูปแบบทางการศึกษาจากสะเต็มศึกษาไปเป็นแนวคิดที่เรียกว่า สตีม (STEAM education) ขึ้นมา (Eduemic Connecting Education & Technology, 2015) โดยสตีมประกอบขึ้น จาก 5 ศาสตร์ คือแนวคิด ในการจัดการศึกษาแบบ STEM โดยเพิ่มอักษรตัว A เข้ามา ซึ่งตัว A หมายถึง Arts หรือศิลปะศาสตร์ ที่ไม่ใช่เฉพาะทางด้านศิลปกรรมเท่านั้นแต่รวมถึง ปรัชญา ภาษา วรรณกรรม จิตวิทยา มนุษย์และ สังคม STEAM เป็นแนวทางการจัดการเรียนรู้ในวิชา วิทยาศาสตร์ (Science) เทคโนโลยี (Technology) วิศวกรรม (Engineering) คณิตศาสตร์ (Mathematics) และเพิ่มตัว A (Arts) คือ ศิลปะ ภาษา การแสดง สังคมและทัศนคติ โดยรายวิชาต่าง ๆ สามารถเชื่อมโยงและสนับสนุนกันผ่าน การประยุกต์กับสถานการณ์จริง ในการที่ผู้คิดค้นได้เพิ่มศิลปศาสตร์ (Arts) เข้าไปใน STEM เนื่องจากต้องการให้นักเรียนสร้างกรอบความคิดทางการศึกษาที่เชื่อมโยงวิทยาศาสตร์กับสาขาต่าง ๆ ของศิลปะ เช่น ศิลปะอุตสาหกรรม ศิลปภาษา ศิลปกายภาพ ศิลปศาสตร์ และวิจิตรศิลป์ (Yakman และ Lee, 2012) เพื่อต้องการสนับสนุนให้นักเรียนเกิดความคิดสร้างสรรค์ จินตนาการ กล้าคิดนอกกรอบ สามารถออกแบบนวัตกรรมใหม่ๆ และแก้ไขปัญหาได้อย่างสร้างสรรค์

จากการศึกษา พบว่า STEAM Education ถูกนำมาใช้ครั้งแรกโดยสถาบันวิทยาศาสตร์ แห่งประเทศสหรัฐอเมริกา เพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์และแก้ไขปัญหาการขาดแคลนบุคคลากร ด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ ต่อมาหลายประเทศได้ให้ความสำคัญกับ STEM Education มากขึ้นรวมถึงประเทศไทยที่เห็นถึงความสำคัญของสะเต็มศึกษา จึงมีนโยบายให้กระทรวงศึกษาธิการนำ STEM มาใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนการเรียนรู้เพื่อพัฒนาความสามารถของประชากรให้มีศักยภาพ อีกทั้งผู้คิดค้นยังเพิ่มอักษรตัว A เข้ามา ซึ่งตัว A หมายถึง Arts หรือศิลปะศาสตร์ ที่ไม่ใช่เฉพาะทางด้านศิลปกรรมเท่านั้นแต่รวมถึง ปรัชญา ภาษา วรรณกรรม จิตวิทยา มนุษย์และสังคม โดยรายวิชาต่าง ๆ สามารถเชื่อมโยงและสนับสนุนกันผ่านการประยุกต์กับสถานการณ์จริง ในการที่ผู้คิดค้นได้เพิ่มศิลปศาสตร์ (Arts) เข้าไปใน STEM เนื่องจากต้องการให้นักเรียนสร้างกรอบความคิดทางการศึกษาที่เชื่อมโยงวิทยาศาสตร์กับสาขาต่าง ๆ ของศิลปะ เพื่อต้องการสนับสนุนให้นักเรียนเกิดความคิดสร้างสรรค์ จินตนาการ กล้าคิดนอกกรอบ สามารถออกแบบนวัตกรรมใหม่ๆ และแก้ไขปัญหาได้อย่างสร้างสรรค์

3.2 ความหมายการจัดการเรียนรู้แบบสะตีมศึกษา (STEAM Education)

Georgette Y. (2008, pp. 1-2) ให้ความหมายของสะตีมว่าเป็นการจัดกิจกรรมเพื่อให้นักเรียนสามารถพัฒนาความคิดสร้างสรรค์และฝึกให้ใช้เหตุผลในการเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างความรู้ด้านวิทยาศาสตร์และศิลปะศาสตร์ โดยเน้นทางด้านความคิดสร้างสรรค์ ซึ่งจะส่งผลให้นักเรียน

มีความรู้ในการเรียนวิทยาศาสตร์คงทนมากขึ้นรวมทั้งยังส่งเสริมให้นักเรียนมีอิสระในการทำงาน เนื่องจากนักเรียนแต่ละคนมีความถนัดและความสามารถแตกต่างกน ดังนั้นจึงควรเปิด โอกาสให้นักเรียนได้แลกเปลี่ยนเรียนรู้ประสบการณ์ร่มกันให้เกิดความรู้ความเข้าใจและความ สามัคคีใน การทำงานอย่างอิสระ

Yakman (2010, p.1) ซึ่งเป็นผู้พัฒนาสะตีมศึกษากล่าวว่า รูปแบบการศึกษาแบบบูรณาการที่พัฒนามาจากสะเต็มศึกษา (STEM Education) โดยมีรายวิชาดั้งเดิม ได้แก่ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรม ศิลปะ และคณิตศาสตร์ มาประกอบเป็นกรอบความคิดเพื่อวางแผนหลักสูตรบูรณาการ นอกจากนี้ยังระบุลักษณะสำคัญ ของการจัดการเรียนการสอนที่ใช้แนวคิดสะเต็มศึกษาว่าจะต้องประกอบไปด้วย 1) สถานการณ์ (Situation) 2) มีการออกแบบเชิงสร้างสรรค์เพื่อค้นหาแนวทางการ แก้ปัญหา (Creative design) และ3) มีความดึงดูดเพื่อให้เกิดความกระตือรือร้นในการแก้ปัญหา (emotional touch)

Park (2012, pp. 1) ได้ให้ความหมายของการจัดการเรียนรู้แบบสะตีมศึกษาไว้ว่าเป็นการสอนที่พัฒนามาจากการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา ซึ่งการจัดการเรียนรู้แบบสะตีมศึกษามีการบูรณาการองค์ความรู้วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ ศิลปะศาสตร์และคณิตศาสตร์เพื่อที่จะให้มีความสัมพันธ์เป็นหนึ่งเดียว ซึ่งจะช่วยให้การเรียนวิทยาศาสตร์เกิดการเชื่อมโยงความรู้และความเข้าใจ โดยการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะตีมศึกษามีลักษณะสำคัญคือ เป็นการสอนที่เน้นการบูรณาการ สามารถช่วยให้นักเรียนสร้างความเชื่อมโยงระหว่างเนื้อหาวิชาทั้ง 5 กับชีวิตประจำวันและการทำอาชีพ เน้นการพัฒนาทักษะในศตวรรษที่ 21 เน้นท้าทายความคิดของนักเรียนและเปิดโอกาสให้นักเรียนได้แสดงความคิดเห็นและความเข้าใจที่สอดคล้องกับเนื้อหาทั้ง 5 วิชา และการจัดการเรียนรู้รูปแบบสะตีมศึกษาเป็นการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ ซึ่งมีรูปแบบการจัดการสอนเป็นการฝึกให้คิดและวางแผนโดยใช้กระบวนการอยางเป็นขั้นตอนที่ครอบคลุมทั้ง 3 ด้าน ได้แก่ 1) ด้านเจตคติ (Attitude) ผู้สอนจะต้องสร้างให้ผู้เรียนมีความใฝ่รู้ ใฝ่เรียน อยากรู้อยากเห็น อยากค้นคว้า 2) ด้านทักษะกระบวนการ (Process Skills) ฝึกให้ผู้เรียนมีกระบวนการคิดอย่างเป็นระบบ ฝึกการสังเกต ฝึกตั้งคำถามเพื่อนำมาสู่ปัญหา ฝึกตั้งสมมติฐาน ฝึกการวางแผน ออกแบบการทดลอง ฝึกทดลอง เก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อนำไปวิเคราะห์ สรุปผล และนำเสนอ 3) ด้านความรู้ (Knowledge) ผู้เรียนจะเกิดองค์ความรู้ในสิ่งที่ได้ศึกษาหลักสำคัญในการสอนโดยใช้สะตีมศึกษา

Y. Kim, & Park, Namje, (2012) ได้ให้ความหมายของ STEAM ไว้ว่า STEAM เป็นการจัดการเรียนรู้แบบการบูรณาการข้ามกลุ่มสาระวิชาประกอบด้วยการเรียนรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์ (S: Science) เทคโนโลยี (T: Technology) วิศวกรรมศาสตร์ (E: Engineering) ศิลปศาสตร์ (A: Arts) และคณิตศาสตร์ (M: Mathematics) โดยให้มีความสัมพันธ์เป็นหนึ่งเดียวทางด้านการสอน เน้นการ ได้ลงมือปฏิบัติจริงและมีความเกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวันของนักเรียน ซึ่งการนำศิลปศาสตร์เพิ่ม

เข้ามาจะช่วยพัฒนาความคิดเชิงสร้างสรรค์ เพื่อมาเชื่อมโยงความสัมพันธ์กับวิทยาศาสตร์ที่เน้นการคิดเชิงวิชาการและนำไปสู่ความมั่นคงในการเรียน

Riley (2014) กล่าวว่า สะตีมศึกษาคือแนวคิดทางการศึกษา (Education approach) สำหรับการเรียนรู้โดยใช้วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี คณิตศาสตร์ วิศวกรรม และศิลปะ เพื่อเป็นแนวทางให้ผู้เรียนไปสู่กระบวนการสืบสอบ การอภิปรายและการคิดวิเคราะห์นอกจากนั้นแล้วการเรียนรู้ไม่จำเป็นต้องอยู่ในห้องเรียนตลอดเวลาควรมีการวางแผนแบบร่วมมือรวมทั้งควรสร้างและปรับบทเรียนให้เชื่อมโยงมีการนำเนื้อหาวิชามาบูรณาการกันผ่านผลงานที่แสดงออกและควรมีการประเมินตามสภาพจริง

หทัยภัทร ไกรวรรณ และปัทมาวดี เล่ห์มงคล (2559) ได้ให้ความหมายของ STEAM ไว้ว่าSTEAM เป็นการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ผ่านบูรณาการศาสตร์ 5 แขนง ได้แก่ S (Science) วิทยาศาสตร์ T (Technology) เทคโนโลยี E (Engineering) วิศวกรรมศาสตร์ A (Arts) ศิลปะ และ M (Mathematics) คณิตศาสตร์ ซึ่งนำมาบูรณาการในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ดังนี้

วิทยาศาสตร์ S (Science) หมายถึง การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ให้นักเรียนในสาระที่ 1 สิ่งมีชีวิตกับกระบวนการดำรงชีวิต สาระที่ 2 ชีวิตกับสิ่งแวดล้อม สาระที่ 3 สารและสมบัติของสาร สาระที่ 4 แรง และการเคลื่อนที่ และสาระที่ 8 ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ได้แก่ ทักษะการสังเกต (Observing) ทักษะการลงความคิดเห็นจากข้อมูล (Inferring) และทักษะการพยากรณ์ (Predicting) ขณะดำเนินปฏิบัติกิจกรรม เทคโนโลยี T (Technology) หมายถึง การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ให้นักเรียนได้เลือกใช้อุปกรณ์ เครื่องมือต่าง ๆ เช่น สายวัด กาว กรรไกร เทปใส ไม้บรรทัด ในการสร้างสรรค์ประดิษฐ์ผลงาน

วิศวกรรมศาสตร์ E (Engineering) หมายถึง การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ให้นักเรียนได้วางแผน ออกแบบ ผลงานตามความคิดของตนเอง และสร้างสรรค์ประดิษฐ์ผลงานภายใต้เงื่อนไขที่กำหนดตลอดจนตรวจสอบและปรับปรุงผลงาน

ศิลปะ A (Arts) หมายถึง การจัดกิจกรรมให้เด็กได้ความรู้ด้านองค์ประกอบศิลป์ ได้แก่ สี พื้นผิว รูปร่าง/รูปทรง ในการทำกิจกรรม การปั้น การฉีก ตัดปะ การประดิษฐ์

คณิตศาสตร์ M (Mathematics) หมายถึง การจัดกิจกรรมให้เด็กได้ความรู้เกี่ยวกับจำนวน การวัด และเรขาคณิต ในสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ได้แก่ สาระที่ 1 จำนวนและการดำเนินการ สาระที่ 2 การวัด และสาระที่ 3 เรขาคณิต

สิราวรรณ จรัสรวีวัฒน์ (2560, หน้า 19-30) ได้กล่าวว่า การจัดการเรียนรู้แบบ STEAM เป็นการเปลี่ยนแปลงการวิจัยด้านศิลปะและการออกแบบโดยยังใช้ STEM เป็นศูนย์กลาง และสามารถบูรณาการศาสตร์ทางด้านศิลปะและการออกแบบได้ดีซึ่งเหมาะกับการศึกษาในระดับอุดมศึกษา รวมทั้งยังเป็นการสร้างศิลปินหรือนักออกแบบที่มีศักยภาพสู่ตลาดแรงงานต่อไป

มินตรา กระเป๋าทอง (2561) ได้ให้ความหมายของ STEAM ไว้ว่า การจัดการเรียนรู้แบบ STEAM เป็นการบูรณาการความรู้ระหว่างศาสตร์แขนงต่างๆ ได้แก่ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรม ศิลปศาสตร์ และคณิตศาสตร์ เพื่อทำให้เกิดความสมดุลของสมองทั้งสองซีก และให้นักเรียนได้เกิดการใช้ความคิดเชิงสร้างสรรค์และความคิดเชิงตรรกะร่วมกันอย่างลงตัว

จากการศึกษาความหมายของการจัดการเรียนรู้แบบ STEAM ข้างต้น ผู้วิจัยสรุปได้ว่า การจัดการเรียนรู้แบบ STEAM หมายถึง การจัดการเรียนรู้ที่มีการบูรณาการความรู้ระหว่างศาสตร์แขนงต่าง ๆ ได้แก่ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรม ศิลปศาสตร์ และคณิตศาสตร์ เข้าด้วยกัน เพื่อให้นักเรียนเกิดความรู้เชิงวิชาการควบคู่ไปกับการพัฒนาความคิดเชิงตรรกะและความคิดสร้างสรรค์ เป็นการฝึกประสบการณ์ของผู้เรียนในการเรียนรู้สิ่งต่าง ๆ ให้สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการดำเนินชีวิตประจำวันได้

3.3 ลักษณะสำคัญของการจัดการเรียนรู้แบบสะตีมศึกษา

University-Portland (2019) ได้กล่าวถึงความสำคัญของสะตีมศึกษา (STEAM Education) ไว้ว่าสะตีมศึกษาในห้องเรียนส่งเสริมให้นักเรียนเข้าสู่กระบวนการสร้างสรรค์เมื่อนักเรียนมีส่วนร่วมในกิจกรรมส่งเสริมการทำงานเป็นทีม เรียนรู้วิธีช่วยเหลือซึ่งกันและกันและหาวิธีใช้จุดแข็งและทักษะที่แตกต่างกันรวมทั้งการแลกเปลี่ยนความคิดเห็นอย่างไตร่ตรองและการอภิปรายเพื่อหาวิธีการแก้ปัญหาผ่านกิจกรรมเหล่านี้นักเรียนเรียนรู้วิธีการแบ่งความรับผิดชอบมีความประนีประนอมรับฟัง และให้กำลังใจซึ่งกันและกัน นักเรียนบางคนเกิดความตื่นเต้นหรืออยากรู้อยากเห็นมากขึ้น เปิดโอกาสให้นักเรียนได้เรียนรู้จากประสบการณ์จริง เพิ่มการคิดเชิงวิพากษ์ คิดอย่างเป็นระบบผ่านปัญหาการใช้ข้อมูลที่เรียนรู้ตลอดทางเกี่ยวกับเทคโนโลยีและวิศวกรรมเพื่อหาทางออกที่ดีที่สุด มีมุมมองการแก้ปัญหาที่แตกต่างกัน เปิดโอกาสให้นักเรียนแก้ปัญหาด้วยวิธีที่ไม่เหมือนใครใช้วิธีการที่หลากหลายในการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นด้วยการลองผิดลองถูกเรียนรู้วิธีเสี่ยงและหาวิธี “คิดนอกกรอบ” โดยมุ่งเน้นไปที่รายละเอียดพร้อมเรียนรู้ที่จะถอยกลับและมองภาพใหญ่ขึ้น แก้ปัญหาด้วยวิธีที่สร้างสรรค์และจากการใช้ศิลปะในสะตีมศึกษาช่วยให้นักเรียนเข้าใจว่าศิลปะมีความหลากหลายและเป็นส่วนหนึ่งของผลิตภัณฑ์ที่เกี่ยวข้องกับวิศวกรรม เทคโนโลยีและคณิตศาสตร์นั้นศิลปะสามารถช่วยเพิ่มการมีส่วนร่วมเนื่องจากนักเรียนสามารถเชื่อมโยงสื่อศิลปะที่ชอบ เช่น ทัศนศิลป์และดนตรีเข้ากับโครงการทางเทคนิคอื่นๆ ที่อาจดูน่ากลัวในตอนแรก เช่น การสร้างแอพพลิเคชั่นหรือการเขียนโปรแกรมหุ่นยนต์ นักเรียนสามารถผสมผสานความคุ้นเคยกับสิ่งที่ไม่คุ้นเคยและได้รับทักษะใหม่จากการค้นพบโลกแห่งนวัตกรรมทางศิลปะได้เช่นกัน

University of San Diego (2019) ได้กล่าวถึงความสำคัญของสะตีมศึกษา (STEAM Education) ไว้ว่า สะตีมศึกษาไม่เพียงแต่สอนให้นักเรียนเรียนรู้ถึงวิธีคิดอย่างมีวิจารณญาณการแก้ปัญหาและใช้ความคิดสร้างสรรค์เท่านั้นแต่ยังเตรียมนักเรียนให้ทำงานในสาขาที่กำลังจะเติบโตใน

อนาคต (ตามข้อมูลของ Ann Arbor Public Schools Educational Foundation กระทรวงพาณิชย์ของสหรัฐอเมริกาประมาณการว่างงานในสาขาวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและคณิตศาสตร์จะเติบโต 17% ในปี 2018) สะตีมศึกษาสอนนักเรียนถึงวิธีคิดอย่างมีวิจารณญาณและวิธีแก้ปัญหาและ ทักษะที่สามารถใช้ได้ตลอดชีวิตอีกด้วย

Georgette Yakman (2008) ได้กล่าวว่า STEAM EDUCATION เป็นกรอบการเรียนรู้ที่บูรณาการความรู้ใน 5 รายวิชาเข้าด้วยกัน ความรู้นั้นเชื่อมโยงไปใช้ในทางสังคมศาสตร์ เศรษฐศาสตร์ สถานศึกษาได้โดยมุ่งเน้นการนำความรู้ไปใช้ในการแก้ปัญหาในชีวิตจริงหรือพัฒนากระบวนการผลิตขึ้นใหม่และสามารถนำไปใช้ประโยชน์ในการดำเนินชีวิตและการทำงานได้โดยทำให้ผู้เรียนเกิดความรู้ความเข้าใจผ่านขั้นตอนและกระบวนการการปฏิบัติจริงควบคู่ไปกับการพัฒนาทักษะทางการคิด การตั้งคำถาม การสำรวจ การแก้ไขและตรวจสอบปัญหา รวมไปถึงการใช้ข้อมูลในการวิเคราะห์และสังเคราะห์ในการจัดการเรียนรู้ ไม่เน้นการท่องจำทฤษฎีหรือกฎต่าง ๆ

จากการศึกษาลักษณะสำคัญของการจัดการเรียนรู้แบบสะตีมศึกษา ข้างต้น ผู้วิจัยสรุปได้ว่า ลักษณะสำคัญของการจัดการเรียนรู้แบบสะตีมศึกษา คือ การบูรณาการความรู้ใน 5 รายวิชาเข้าด้วยกัน มีกระบวนการจัดการเรียนการสอนที่ส่งเสริมให้นักเรียนเกิดการคิดอย่างเป็นระบบ คิดเชิงสร้างสรรค์ เรียนรู้ในการช่วยเหลือซึ่งกันและกัน ทำงานเป็นทีม ผ่านการเรียนรู้จากประสบการณ์จริงจากปัญหาที่พบเจอในชีวิตจริง

3.4 ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบสะตีมศึกษา

Riley (2014) ได้อธิบายขั้นตอนการออกแบบการจัดการเรียนการสอนโดยใช้แนวคิดสะตีมศึกษา ซึ่งยึดถือพื้นฐานการสอนที่มีการบูรณาการโดยแต่ละเนื้อหาวิชาควรได้รับการสอนและสามารถเชื่อมโยงกันได้ผ่านการประเมินผลและมาตรฐานการเรียนรู้โดยมีขั้นตอน ดังนี้

1. ขั้นสำรวจหา (Investigate) ครูและนักเรียนร่วมกันสำรวจหัวข้อความคิดหรือปัญหาในขอบเขตเนื้อหาที่เฉพาะเจาะจง

2. ขั้นการค้นพบ (Discovery) ครูและนักเรียนสร้างแผนผังความคิด (Schema map) เกี่ยวกับหัวข้อความคิดหรือปัญหาที่เลือก ซึ่งจะทำให้มองเห็นแนวโน้มของรูปแบบลำดับหรือหัวข้อย่อยได้ลึกซึ้งยิ่งขึ้น

3. ขั้นเชื่อมต่อ (Connect) หลังจากสร้างแผนผังความคิด (schema map) แล้วเลือก 1-2 หัวข้อที่มีความเกี่ยวข้องกับคำถามหรือปัญหาที่เลือกมาเชื่อมโยงกัน โดยสามารถวัดประเมินผลให้สอดคล้องกับมาตรฐานการเรียนรู้ของทั้งสองหัวข้อ/เนื้อหาที่เลือกมา

4. ขั้นสร้าง (Create) นักเรียนสืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับหัวข้อหรือปัญหาที่ต้องการศึกษาเพื่อนำข้อมูลที่ไปใช้แก้ปัญหาหาหรือสร้างผลงานที่สอดคล้องกับสถานการณ์หรือบริบท

5. ขั้นสะท้อน (Reflect) เมื่อนักเรียนสร้างผลงานผ่านบทเรียนและทำโครงงานหรืองานมอบหมายเสร็จสมบูรณ์แล้วนักเรียนจะต้องไตร่ตรองและวิจารณ์งานของตนเองรวมทั้งของ เพื่อนร่วมชั้นซึ่งสามารถทำการประเมินผ่านการประเมินตนเอง, รูบริค (rubrics), แฟ้มสะสมผลงาน และการประเมินแบบคู่ (peer reviews) นอกจากนี้ครูและผู้บริหารต้องมีส่วนร่วมในการประเมินผลกระบวนการจัดการเรียนการสอนของบทเรียนและผลงานด้วย

Riley (2016) ได้อธิบายขั้นตอนการออกแบบวิธีการสร้างห้องเรียน STEAM ให้เป็นศูนย์กลาง (STEAM-Centered classroom) โดยครูควรยึดกับคำถามว่า “อย่างไร” ในทุกขั้นตอนเพื่อการแก้ไขปัญหา มี 6 ขั้นตอน ดังนี้

1. ขั้นระบุสถานการณ์ (Focus) ครูและนักเรียนร่วมกันเลือกคำถามที่สำคัญเพื่อตอบหรือแก้ไขปัญหาสิ่งสำคัญ คือต้องให้ความสำคัญอย่างชัดเจนกับทั้งคำถามและปัญหาที่เกี่ยวข้องกับ STEAM ที่เลือก

2. ขั้นวิเคราะห์สถานการณ์/รายละเอียด (Detail) เป็นขั้นตอนที่มองหาองค์ประกอบที่สนับสนุนปัญหาหรือคำถามสังเกตความสำคัญกับองค์ประกอบอื่น ๆ หรือสาเหตุของปัญหารวมทั้งทักษะหรือกระบวนการที่นักเรียนต้องตอบคำถาม

3. ขั้นการค้นพบ (Discovery) คือการวิจัยเชิงรุกการลงมือปฏิบัติในขั้นตอนนี้ นักเรียนค้นคว้าหาวิธีแก้ปัญหา แต่ไม่ได้ทำงานตามวิธีแก้ปัญหาที่มีอยู่เดิมแล้วอย่างสร้างสรรค์ครู สามารถใช้ขั้นตอนนี้เพื่อวิเคราะห์ช่องว่างที่อาจเกิดขึ้นกับนักเรียนในทักษะหรือกระบวนการนั้น ๆ เพื่อสอนทักษะกระบวนการเหล่านั้นให้กับนักเรียน

4. ขั้นประยุกต์ใช้ (Application) หลังจากนักเรียนเข้าใจปัญหาหรือคำถามที่เกิดขึ้น และวิเคราะห์วิธีแก้ปัญหานักเรียนสามารถเริ่มสร้างวิธีการแก้ปัญหาหรือองค์ประกอบของตนเองโดยใช้ทักษะกระบวนการและความรู้ที่ได้รับการสอนในขั้นตอนการค้นพบสู่การปฏิบัติด้วยตนเอง

5. ขั้นการนำเสนอ (Presentation) นักเรียนต้องมีการนำเสนอผลงานมีการแลกเปลี่ยนข้อมูลเพื่อรับฟังความคิดเห็นตามวิธีการแสดงออกตามมุมมองของนักเรียนในห้อง นอกจากนี้ยังช่วยให้นักเรียนได้เรียนรู้วิธีการให้และรับข้อมูล

6. ขั้นประเมินและปรับปรุง/เชื่อมโยง (Link) นักเรียนสะท้อนความคิดเห็นที่ได้จากการแลกเปลี่ยนข้อมูลความรู้ รวมทั้งทักษะกระบวนการของตนเองจากการไตร่ตรอง นักเรียนสามารถแก้ไขงานได้ตามต้องการและสร้างสรรค์ได้ยิ่งขึ้น

College of Engineering, University of Colorado Boulder (2019) ได้อธิบายขั้นตอน กระบวนการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษาผ่านกระบวนการออกแบบผลิตภัณฑ์ทางวิศวกรรมเพื่อแก้ไขปัญหาอย่างสร้างสรรค์ผ่าน 6 ขั้นตอน ดังนี้

1. ขั้นระบุและกำหนดปัญหา (Identify the need) นักเรียนทบทวนขั้นตอนของการออกแบบทางวิศวกรรม รวมทั้งหารือเกี่ยวกับความต้องการสำหรับโครงการกำหนดปัญหาและตรวจสอบข้อกำหนดและข้อจำกัดของโครงการ

2. ขั้นดำเนินการวิจัย (Research the problem) นักเรียนสืบค้นข้อมูลจากแหล่งเรียนรู้ต่าง ๆ เช่น อินเตอร์เน็ต งานวิจัยต่าง ๆ ที่เกี่ยวกับปัญหาเพื่อสร้างแนวคิดการออกแบบผลิตภัณฑ์

3. ขั้นระดมสมอง (Brainstorm possible solutions) นักเรียนร่วมกันสร้างแผงผังความคิดและระดมสมองเพื่อสร้างวิธีแก้ปัญหาที่เป็นไปได้อย่างสร้างสรรค์ให้ได้มากที่สุด

4. ขั้นประเมิน (Engineering analysis) นักเรียนร่วมกันวิเคราะห์การออกแบบทางวิศวกรรมในการแก้ไขปัญหาที่ได้ออกแบบไว้ทั้งหมดเพื่อหาแนวทางการแก้ไขปัญหาที่เป็นไปได้มากที่สุดเพื่อใช้ดำเนินการสร้างสรรค์ชิ้นงานต่อไป

5. ขั้นสร้างและทดสอบต้นแบบ (Construct a prototype) นักเรียนเรียนรู้เกี่ยวกับขั้นตอนการผลิตของกระบวนการออกแบบวิศวกรรมและสร้างต้นแบบ นักเรียนจะได้รับ ประสบการณ์การใช้วัสดุก่อสร้างที่มีอยู่พร้อมทั้งนำเสนอต้นแบบชิ้นงานในชั้นเรียน

6. ขั้นดำเนินการประเมินและผลิตผลิตภัณฑ์สุดท้าย (Evaluate/Manufacture a final Product) เมื่อนักเรียนได้ชิ้นงานต้นแบบที่สร้างขึ้นแล้วนักเรียนจะต้องประเมินการออกแบบการผลิตชิ้นงาน

วิสูตร โพธิ์ศรี (2560) การออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะตีมมี 4 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นแรก การนำเสนอสภาพปัญหาบริบทเชื่อมโยงกับชีวิตจริง หรือสถานการณ์ที่เป็นปัญหาปัจจุบันที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับผู้เรียนหรือที่เกิดขึ้นบนโลกเพื่อให้มีข้อมูลเบื้องต้นสำหรับการคิด

ขั้นต้น เช่น เข้าใจหรือวิเคราะห์ มองเห็นประเด็นที่เป็นสถานการณ์ที่ผู้เรียนจะร่วมกันคิดหาทางพัฒนาหรือแก้ไขปัญหาหรือต้องการหาข้อค้นพบใหม่ในเชิงสร้างสรรค์

ขั้นที่สอง การออกแบบสร้างสรรค์เพื่อแก้ปัญหาตามสถานการณ์เพื่อส่งเสริมให้ผู้เรียนได้ฝึกคิดอย่างอิสระ โดยมีจุดมุ่งหมายสำคัญไม่เพียงพอแต่จะพัฒนาความคิดสร้างสรรค์แต่ยังมุ่งเน้นทักษะการสื่อสาร การเรียนรู้ร่วมกันแลกเปลี่ยนความคิดเห็นของกันและกัน กระบวนการ ออกแบบสร้างสรรค์ หรือหาแนวทางการแก้ไขปัญหา เริ่มจากผู้เรียนตัดสินใจในความเป็นจริงคุณค่าและความต้องการจำเป็นในสถานการณ์นั้น ๆ ซึ่งสิ่งเหล่านี้ผู้เรียนจะต้องเกิดการเรียนรู้ได้ด้วยตนเอง

ขั้นที่สาม การสร้างความรู้สึกจับใจ อันนับเป็นขั้นขยายสิ่งที่ค้นพบ โดยเน้นเจตคติต่อสิ่งที่เรียนรู้ผ่านการลงมือทำที่ผ่านประสบการณ์ในการค้นหาจากสถานการณ์ที่ได้เรียนรู้ในขั้นนี้ช่วยให้ผู้เรียนได้พัฒนาการรับรู้การแสดงออกและการเห็นอกเห็นใจผู้อื่น ซึ่งการสร้างเจตคติที่ดีต่อการ เรียนรู้การค้นหาได้ลงมือทำจริง ซึ่งจะช่วยส่งเสริมให้ผู้เรียนมีความสนใจในวิยาศาสตร์อีกทางหนึ่ง

ขั้นสุดท้าย การต่อยอดปัญหาใหม่ เป็นการสร้างแรงบันดาลใจในการเรียนวิทยาศาสตร์ต่อยอดสร้างสรรค์ผ่านกระบวนการการออกแบบทางศิลปะโดยมีพื้นฐานความรู้ทางวิทยาศาสตร์ หรือแรงและการเคลื่อนที่

อภิสิทธิ์ ธงไชย (2556) ได้กล่าวถึงขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสะตีมศึกษามี 6 ขั้นตอน ดังนี้

1. การระบุปัญหา (Identify a Challenge) เป็นขั้นตอนที่ผู้เรียนทำความเข้าใจ ในสิ่งที่เป็นปัญหาในชีวิตประจำวัน และจำเป็นต้องหาวิธีการหรือสร้างสิ่งประดิษฐ์ (Innovation) เพื่อแก้ไขปัญหาดังกล่าว

2. การรวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา (Explore Ideas) เป็นการรวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหาและประเมินความเป็นไปได้ความคุ้มทุน ข้อดีข้อด้อย และความเหมาะสมเพื่อเลือกแนวคิดหรือวิธีการที่เหมาะสมที่สุด

3. การออกแบบวิธีการแก้ปัญหา (Problem Solving Plan) เป็นการออกแบบผลิตภัณฑ์ในกิจกรรมการสอนในเรื่องนั้นๆ เพื่อเสริมสร้างการระดมความคิดสร้างสรรค์ภายในกลุ่มก่อนที่จะเข้าสู่การวางแผนและพัฒนาต่อไป

4. การวางแผนและพัฒนา (Plan and Develop) เป็นขั้นที่ผู้เรียนต้องกำหนดขั้นตอนย่อยในการทำงาน กำหนดเป้าหมายและระยะเวลาในการดำเนินการให้ชัดเจน รวมทั้งออกแบบและพัฒนาต้นแบบ (Prototype) ของผลผลิตเพื่อใช้ในการทดสอบแนวคิดที่ใช้ในการแก้ปัญหา

5. การทดสอบและประเมินผล (Test and Evaluate) เป็นขั้นตอนทดสอบและประเมินการใช้งานต้นแบบเพื่อแก้ปัญหา โดยผลอาจนำมาใช้ในการปรับปรุงและพัฒนาผลลัพธ์ให้มีประสิทธิภาพในการแก้ปัญหามากขึ้น

6. การนำเสนอผลและแนวทางในการปรับปรุงผลงาน (Present the Solution) หลังการพัฒนา ปรับปรุง ทดสอบและประเมินวิธีการแก้ปัญหาหรือผลลัพธ์จนมีประสิทธิภาพตามที่ต้องการแล้ว ผู้เรียนต้องนำเสนอผลลัพธ์ โดยออกแบบวิธีการนำเสนอข้อมูลที่เข้าใจง่ายและน่าสนใจ

จากการศึกษาขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบสะตีมศึกษา ข้างต้น ผู้วิจัยสรุปได้ว่าขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบสะตีมศึกษา มีทั้งหมด 6 ขั้นตอน ได้แก่ 1. การระบุปัญหา 2. การรวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา 3. การออกแบบวิธีการแก้ปัญหา 4. การวางแผนและพัฒนา 5. การทดสอบและประเมินผล 6. การนำเสนอผลและแนวทางในการปรับปรุงผลงาน โดยยึดตามแนวคิดของ อภิสิทธิ์ ธงไชย (2556)

3.5 ข้อดีของการจัดการเรียนรู้แบบสะตีมศึกษา

Kim, H. (2016) กล่าวว่าหลักสูตร STEAM จะช่วยพัฒนาการเรียนรู้ความสามารถในการแก้ปัญหา เพิ่มความสนใจและความเข้าใจในวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี การศึกษา STEAM เป็นสิ่งจำเป็นที่จะเสริมสร้างความคิดสร้างสรรค์และเพิ่มความสามารถในการทำงานที่จะนำไปสู่การพัฒนาในอนาคตทั้งทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

รูปแบบการเรียนการสอน STEAM จะทำให้นักเรียนรู้จักการคิดวิเคราะห์อย่างถี่ถ้วน เรียนรู้จากประสบการณ์มีความมุ่งมั่นที่จะแก้ปัญหา รู้จักการทำงานเป็นทีม และทำงานด้วยความคิดสร้างสรรค์ ซึ่งนำพาไปสู่การเป็นนักประดิษฐ์ นักสร้างสรรค์นวัตกรรม ผู้ให้ความรู้หรือผู้นำในอนาคต ซึ่งสอดคล้องกับหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (สำนักงาน เลขาธิการสภาการศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ, 2561) ระบุว่ามุ่งส่งเสริมการเรียนการสอนให้ สอดคล้องกับความต้องการของตนเอง มุ่งพัฒนานักเรียนได้เรียนรู้แบบองค์รวม โดยการเรียนรู้ประสบการณ์จริง และมาตรฐานการศึกษาของชาติ พ.ศ. 2561 ระบุว่าผู้เรียนเป็นผู้ร่วมสร้างสรรค์นวัตกรรม เป็นผู้มีทักษะทางปัญญา ทักษะศตวรรษที่ 21 ความฉลาดดิจิทัล (Digital Intelligence) ทักษะการคิดสร้างสรรค์ ทักษะข้ามวัฒนธรรม สมรรถนะการบูรณาการข้ามศาสตร์ และมีคุณลักษณะของความเป็นผู้ประกอบการเพื่อร่วมสร้างสรรค์และพัฒนานวัตกรรมทางเทคโนโลยีหรือสังคมเพิ่มโอกาสและมูลค่าให้กับตนเองและสังคม

Georgette Yakman. (2008) กล่าวว่า STEAM EDUCATION เป็นกรอบการเรียนรู้ที่บูรณาการความรู้ใน 5 รายวิชาเข้าด้วยกัน โดยความรู้นั้นสามารถพิสูจน์และเชื่อมโยงไปปรับใช้ในทางสังคมศาสตร์ เศรษฐศาสตร์ และยังสามารถนำไปใช้พัฒนาการจัดการเรียนรู้ในสถานศึกษาได้การจัดการเรียนรู้ STEAM EDUCATION มุ่งเน้นกระบวนการนำความรู้ไปใช้ในการแก้ปัญหาในชีวิตจริงหรือพัฒนากระบวนการผลิตขึ้นใหม่ที่สามารถนำมาใช้ประโยชน์ในชีวิตและการทำงานได้ดีการจัดการเรียนรู้แนว STEAM EDUCATION ทำให้ผู้เรียน เกิดความรู้ ความเข้าใจ ผ่านขั้นตอนและ กระบวนการการปฏิบัติจริงควบคู่ไปกับการพัฒนาทักษะทางการคิดการตั้งคำถามการสำรวจ การแก้ไขและตรวจสอบปัญหารวมไปถึงการใช้ข้อมูลในการวิเคราะห์และสังเคราะห์ในการจัดการเรียนรู้ ไม่เน้นการท่องจำทฤษฎีหรือกฎต่างๆ

จากการศึกษาการจัดการเรียนรู้แบบสะตีมศึกษา ข้างต้น ผู้วิจัยสรุปได้ว่า ข้อดีของการจัดการเรียนรู้แบบสะตีมศึกษา สามารถช่วยให้นักเรียนเกิดการคิดวิเคราะห์ที่จะแก้ปัญหา รู้จักการทำงานเป็นทีม และทำงานด้วยความคิดสร้างสรรค์ ซึ่งจะสามารถเพิ่มความสามารถในการทำงานได้

3.6 บทบาทของผู้สอนและผู้เรียน

บทบาทของครูในการจัดการเรียนรู้ ครูต้องมีเป้าหมายจัดการเรียนรู้ตามมาตรฐานการเรียนรู้ ตัวชี้วัด สาระสำคัญ เนื้อหาที่เหมาะสมกับการเรียนรู้แต่ละช่วงวัยให้สอดคล้องกับความต้องการและความสนใจของผู้เรียน เน้นกระบวนคิด การตั้งคำถาม และกระบวนการสำรวจของผู้เรียนเพื่อตรวจสอบปัญหาและแก้ไข โดยบทเรียนที่จะนำมาใช้ในการจัดการเรียนรู้นั้นต้องน่าสนใจง่ายและสามารถนำมาบูรณาการให้ผู้เรียนเกิดกระบวนการแก้ปัญหาและการเรียนรู้ตามกระบวนการ โดยครูนอกจากมีความเชี่ยวชาญ ในกลุ่มสาระการเรียนรู้ของตนแล้วยังต้องสามารถเชื่อมโยงเนื้อหาสาระของกลุ่มสาระการเรียนรู้อื่น ๆ มาบูรณาการเข้าด้วยกัน โดยครูจะเป็นผู้ออกแบบการจัดการเรียนรู้ในบทบาทของผู้อำนวยความสะดวก (Facilitate) ผู้เรียนอาจเข้ามามีส่วนร่วมในการดำเนินการวางแผนการเรียนร่วมกับครูเพื่อให้เห็นเกิดความสนใจและเข้าใจถึงรูปแบบการดำเนินงาน การจัดกิจกรรมและพัฒนาการเรียนรู้ผ่านการลงมือกระทำ สามารถสร้างองค์ความรู้ใหม่ได้ด้วยตนเอง เรียนรู้เกี่ยวกับการใช้เครื่องมือหรือพัฒนาทักษะเฉพาะผ่านกิจกรรมการเรียนรู้ที่หลากหลาย เช่น การทดลอง การสนทนา การอภิปราย การทัศนศึกษา การประกอบอาหาร เป็นต้น

National Grid และคณะ (2010) กล่าวถึงลักษณะของการจัดการเรียนรู้ STEAM EDUCATION ดังนี้

1. วิทยาศาสตร์ (Science) ครูจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมกระบวนการคิดผ่านการใช้ทักษะการสังเกต การทดลอง การคาดการณ์ การแลกเปลี่ยนสิ่งที่ค้นพบ การตั้งคำถาม และการแสวงหาคำตอบ

2. เทคโนโลยี (Technology) ครูจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมการปฏิบัติใช้เพื่อเป็นเครื่องมือในการประดิษฐ์ผลงานและการระบุปัญหา

3. วิศวกรรมศาสตร์ (Engineering) ครูจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมการปฏิบัติ ในการแก้ปัญหาโดยการใช้วัสดุ อุปกรณ์ การประดิษฐ์ผลงาน การออกแบบและการสร้างสรรค์ชิ้นงานหรือผลงาน

4. คณิตศาสตร์ (Mathematic) ครูจัดการเรียนรู้เน้นทักษะในการวัดในการจัดลำดับการกำหนดรูปแบบและการสำรวจรูปทรงต่าง ๆ เช่น สามเหลี่ยมสี่เหลี่ยมจัตุรัส วงกลม เป็นต้น จากหลักการจัดการเรียนรู้ของครูใน STEM EDUCATION นั้น เมื่อพัฒนามาเป็นการจัดการเรียนรู้ STEAM EDUCATION ต้องเพิ่มเติมในส่วนของการจัดการเรียนรู้

5. ศิลปะ (Arts) ครูจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมในการสร้างสรรค์ผลงานที่รวมทุกศาสตร์ของศิลปะ ทั้งด้านภาษาและการสื่อสาร วรรณกรรม และสุนทรียศาสตร์ ทักษะในการประดิษฐ์และสร้างสรรค์ผลงานทางศิลปะ (นพดล กองศิลป์, 2561) เพราะผลงานหรือนวัตกรรมการ เรียนรู้จะเกิดขึ้นก็ต่อเมื่อผู้เรียนสิ้นสุดการเรียนรู้ในวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์

คณิตศาสตร์ และการใช้ศิลปะเพื่อสร้างสรรค์ได้เริ่มต้นขึ้นโดยหลักในการจัดการเรียนรู้ทั้ง 5 หลักการที่ใช้ในการบูรณาการสาระการเรียนรู้ของผู้เรียน นำมาซึ่งการออกแบบวิธีการจัดกิจกรรมของครูผู้สอนโดยยึดหลักความเหมาะสมความสอดคล้องกับพัฒนาการและการเรียนรู้ตามวัยของผู้เรียนบูรณาการผสมผสานกับแนวคิดการจัดการเรียนรู้ STEAM EDUCATION ผ่านกิจกรรมที่ให้ผู้เรียนได้แก้ปัญหา วางแผน และปฏิบัติด้วยตนเอง

บทบาทของครูในการจัดการเรียนรู้ STEAM EDUCATION จึงมีวัตถุประสงค์สำคัญเพื่อให้ผู้เรียนรักและเห็นคุณค่าของการเรียนวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ ศิลปะและคณิตศาสตร์ ครูต้องเป็นผู้อำนวยความสะดวกในการจัดการเรียนรู้ โดยมีบทบาทดังนี้

1. บทบาทครูเปลี่ยนแปลงจากการเป็นผู้สอนไปเป็นเพียงผู้ให้คำปรึกษา (Coaching and Mentoring)

2. บทบาทครูในฐานะผู้ออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ที่ส่งเสริมกระบวนการเรียนรู้ครูมีหน้าที่ในการจัดเตรียมและวางแผนวิธีการสอนที่เอื้อต่อการจัดการเรียนรู้ให้กับผู้เรียนโดยดาเนินการดังนี้

2.1 จัดการเรียนการสอนที่บูรณาการและสร้างความเชื่อมโยงระหว่างเนื้อหาวิชาทั้ง 5 กับประเด็นปัญหาหรือสิ่งที่พบในชีวิตประจาวันและการดารงชีวิตต่อไปในอนาคต

2.2 จัดการเรียนการสอนที่ส่งเสริมและพัฒนาทักษะให้กับผู้เรียนในศตวรรษที่ 21 ในลักษณะบูรณาการ

2.3 จัดการเรียนการสอนที่ให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการวางแผน การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ การค้นหาข้อมูล การวิเคราะห์ สังเคราะห์ และประเมินผลของข้อมูล

2.4 จัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยเน้นให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ด้วยความรู้สึกสนุกและเรียนรู้อย่างมีความสุข

2.5 ออกแบบการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติ ทั้งแบบอิสระและ แบบร่วมมือกัน

2.6 การตั้งประเด็นปัญหาที่มีความน่าสนใจ กระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดกระบวนการคิดการเรียนรู้อย่างอิสระ โดยมีครูเป็นผู้สนับสนุนและดึงศักยภาพของผู้เรียนออกมา

3. บทบาทครูในฐานะ ผู้ส่งเสริม สนับสนุน และสร้างองค์ความรู้ของผู้เรียนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนว STEAM EDUCATION ครูจะมีบทบาทเป็นเพียงผู้กระตุ้นผู้สนับสนุน ให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้โดยดำเนินการ ดังนี้

3.1 จัดกิจกรรมการเรียนรู้หรือประเด็นปัญหาที่ท้าทายความคิดความสามารถของผู้เรียน

3.2 กระตุ้นและส่งเสริมให้ผู้เรียนเห็นความสำคัญของสาระการเรียนรู้และมุ่งมั่นที่จะพัฒนาการเรียนรู้อย่างต่อเนื่องและยั่งยืน

3.3 ครูต้องเป็นผู้กระตุ้นและค้นหาทักษะการเรียนรู้ที่อิสระและสร้างแรงจูงใจในตนเองให้กับผู้เรียน

3.4 เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้แสดงความคิดเห็นและเข้าใจเนื้อหาสาระที่สอดคล้องกับเนื้อหาทั้ง 5 วิชา

3.5 เตรียมสภาพแวดล้อมบรรยากาศ สถานที่ของโรงเรียนที่เอื้อต่อการเรียนรู้ให้เป็นโรงเรียนแห่ง STEAM EDUCATION ที่ผู้เรียนสามารถเรียนรู้และเกิดองค์ความรู้ได้ทุกที่และทุกเวลาไม่เพียงแต่ในชั่วโมงเรียนเท่านั้น

3.6 เตรียมแหล่งความรู้และฐานข้อมูลความรู้ทางอินเตอร์เน็ต หนังสือ

3.7 เตรียมห้องเรียน STEAM EDUCATION เพื่อเพิ่มพื้นที่ในการค้นคว้าหาข้อมูลความรู้ มีพื้นที่ในการจัดเก็บฐานข้อมูล อุปกรณ์สำหรับงานหรือกิจกรรมของผู้เรียน

3.8 ส่งเสริมให้ผู้เรียนสามารถเชื่อมโยงความรู้และประยุกต์ในชีวิตจริง

4. บทบาทในการส่งเสริม สนับสนุนให้เกิดกระบวนการเรียนรู้ด้วยกระบวนการวิจัย

Yakman. (2015) ได้กล่าวไว้ว่า บทบาทครูในการจัดการเรียนการสอนสะตีมศึกษาประกอบด้วย

1. ออกแบบกิจกรรมให้สอดคล้องกับตัวชี้วัด ความสนใจ ชีวิตและประสบการณ์ของนักเรียน

2. กระตุ้นให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้โดยการตั้งคำถาม

3. ชวนอภิปรายในประเด็นปัญหาต่างๆ

4. สนับสนุนให้ได้เรียนรู้อย่างเต็มศักยภาพเพื่อให้นักเรียนสามารถนำความรู้และทักษะที่มีอยู่มาใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

5. จัดเตรียมสื่อและอุปกรณ์ที่จำเป็นต่อการเรียนและการปฏิบัติงาน

จากการศึกษาบทบาทของผู้สอนและผู้เรียนของการจัดการเรียนรู้สะตีมศึกษา ข้างต้น ผู้วิจัยสรุปได้ว่า ครูมีบทบาทเป็นผู้อำนวยความสะดวก คอยให้คำปรึกษา เป็นผู้ออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ให้สอดคล้องกับตัวชี้วัด สร้างประสบการณ์การเรียนรู้ให้ผู้เรียนผ่านการลงมือปฏิบัติ สามารถสร้างองค์ความรู้ได้ด้วยตนเอง ส่งเสริมให้ผู้เรียนสามารถเชื่อมโยงความรู้และนำความรู้ที่ได้ไปประยุกต์ในชีวิตจริง

3.7 แนวคิดของ STEM Education กับการออกแบบเชิงวิศวกรรม

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2557) ได้กล่าวถึงแนวคิดของสะเต็มศึกษาไว้ว่าเป็นการผสมผสานระหว่างแนวคิดการออกแบบเชิงวิศวกรรมเข้ากับการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์และเทคโนโลยีของนักเรียน กล่าวคือในขณะที่นักเรียนทำกิจกรรมเพื่อพัฒนาความรู้ความเข้าใจและฝึกทักษะด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี นักเรียนต้องมีโอกาสนำความรู้มาออกแบบวิธีการหรือกระบวนการเพื่อตอบสนองความต้องการหรือแก้ปัญหาหาที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวัน เพื่อให้ได้เทคโนโลยีซึ่งเป็นผลผลิตจากกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

Council (2012) ได้กล่าวถึงกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมไว้ว่า กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมประกอบด้วยองค์ประกอบ 5 ขั้นตอน ดังนี้

1. การระบุปัญหา (Identify a challenge) เป็นขั้นตอนที่ผู้แก้ปัญหาทำความเข้าใจสิ่งที่เป็นปัญหาในชีวิตประจำวัน และจำเป็นต้องหาวิธีการหรือสร้างสิ่งประดิษฐ์ เพื่อแก้ปัญหาดังกล่าว

2. การค้นหาแนวคิดที่เกี่ยวข้อง (Explore Ideas) เป็นขั้นตอนที่มีการรวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่ เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหาและประเมินความเป็นไปได้ ข้อดี ข้อเสีย และความเหมาะสมเพื่อเลือกแนวคิดหรือวิธีการที่เหมาะสมที่สุด

2.1 การรวบรวมข้อมูล คือ การสืบค้นว่าเคยมีใครหาใช้วิธีแก้ปัญหาดังกล่าวนั้นแล้วมีผลลัพธ์อย่างไร และมีข้อเสนอแนะเพิ่มเติมอย่างไร

2.2 การค้นหาแนวคิด คือ การค้นหาแนวคิดหรือความรู้ทางวิทยาศาสตร์คณิตศาสตร์หรือเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องและสามารถนำไปประยุกต์ในการแก้ปัญหาได้ ในขั้นตอนนี้ผู้แก้ปัญหาควรพิจารณาแนวคิดหรือความรู้ทั้งหมดจากการศึกษามาและจดบันทึกแนวคิดที่น่าสนใจไว้เป็นทางเลือกและหลังจากการรวบรวมแนวคิดเหล่านั้น แล้วจึงประเมินแนวคิด โดยพิจารณาถึงความเป็นไปได้ความคุ้มทุน ข้อดีข้อด้อย และความเหมาะสม แล้วจึงเลือกแนวคิดหรือวิธีการที่เหมาะสมที่สุด

3. การวางแผนและพัฒนา (Plan and Develop) ผู้แก้ปัญหาต้องกำหนดขั้นตอนย่อยในการทำงานรวมทั้งกำหนดเป้าหมายและระยะเวลาในการดำเนินการอย่างชัดเจนรวมถึงการออกแบบและพัฒนาต้นแบบ (Proto type) ของผลผลิตเพื่อใช้ในการทดสอบแนวคิดที่นำมาใช้แก้ปัญหา

4. การทดสอบและประเมินผล (Test and Evaluate) เป็นขั้นตอนของการทดสอบประสิทธิภาพของชิ้นงาน และประเมินประสิทธิภาพของการแก้ไขปัญหา โดยผลลัพธ์จากการแก้ไขปัญหาอาจถูกนำมาใช้ในการปรับปรุงและพัฒนาต่อยอดชิ้นงานใหม่ ๆ ให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น

5. การนำเสนอผลลัพธ์ (Present the Solution) หลังจากการพัฒนาและปรับปรุงชิ้นงาน จนมีประสิทธิภาพตามที่ต้องการแล้ว นักเรียนจะต้องนำเสนอผลลัพธ์สรุปรวมถึงวิธีการปรับปรุงต่อสาธารณชน โดยต้องวิธีการนำเสนอข้อมูลที่มีความน่าสนใจและเข้าใจง่าย

ศูนย์สะเต็มศึกษาแห่งชาติ (2557) ได้กล่าวถึงกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมไว้ว่า กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมประกอบด้วยองค์ประกอบ 6 ขั้นตอน ดังต่อไปนี้

1. การระบุปัญหา (Problem Identification) ขั้นตอนนี้เริ่มต้นจากการที่ผู้แก้ปัญหาได้ตระหนักถึงสาเหตุที่เป็นปัญหาในชีวิตประจำวันและจำเป็นต้องหาวิธีการหรือสร้างสิ่งประดิษฐ์ (Innovation) เพื่อแก้ไขปัญหาดังกล่าว ในการแก้ปัญหาในชีวิตจริงบางครั้งคำถามหรือปัญหาที่เราระบุอาจประกอบด้วยปัญหาย่อย ๆ หลายปัญหา ผู้แก้ปัญหาจึงต้องพิจารณาปัญหาหรือองค์ประกอบย่อย ๆ เหล่านั้นเพื่อค้นหาวิธีในการแก้ปัญหาใหญ่ด้วย

2. การรวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา (Related Information Search) หลังจากผู้แก้ปัญหาได้ทำความเข้าใจปัญหาและสามารถระบุปัญหาย่อยแล้วในขั้นตอนต่อไปคือการรวบรวม ข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหาดังกล่าว ในการค้นหาแนวคิดที่เกี่ยวข้องผู้แก้ปัญหาอาจมีการดำเนินการ ดังนี้

2.1 การรวบรวมข้อมูล คือ การสืบค้นว่าเคยมีใครเคยหาวิธีแก้ปัญหาดังกล่าวนี้แล้วหรือไม่และหากมีเขาเลือกใช้วิธีแก้ปัญหาอย่างไร และมีข้อเสนอแนะใดบ้าง

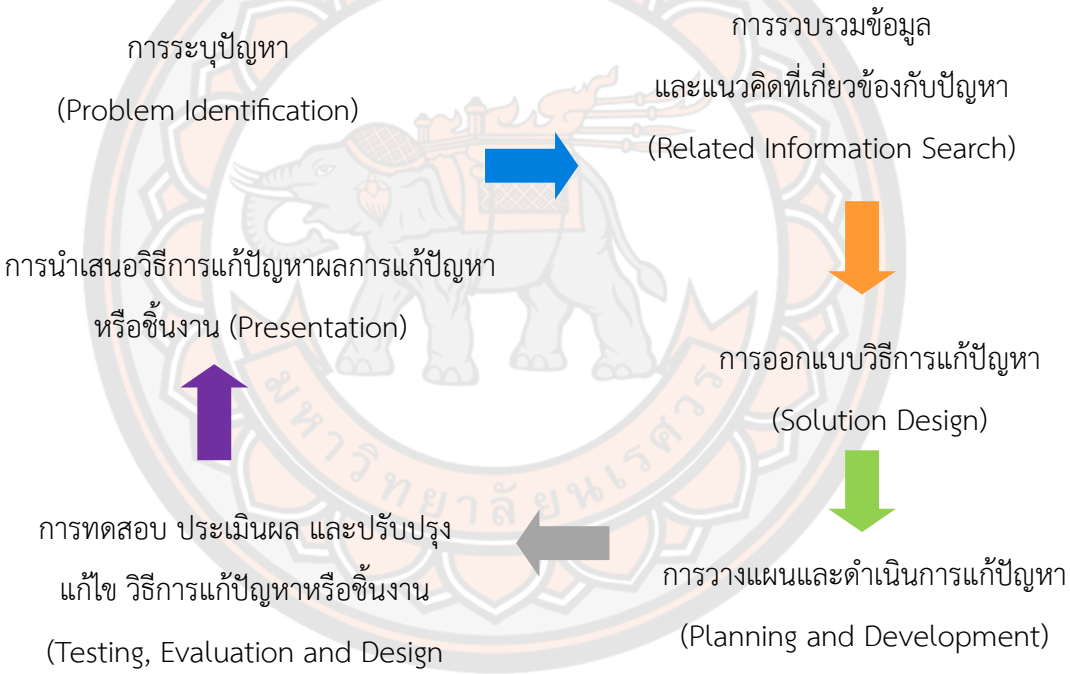
2.2 การค้นหาแนวคิด คือ การค้นหาแนวคิดหรือความรู้ทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ หรือเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องและสามารถนำไปประยุกต์ในการแก้ปัญหาได้ในขั้นตอนนี้ผู้แก้ปัญหาควรพิจารณาแนวคิดหรือความรู้ทั้งหมดจากการศึกษามา และจดบันทึกแนวคิดที่น่าสนใจไว้เป็นทางเลือกและหลังจากการรวบรวมแนวคิดเหล่านั้นแล้วจึงประเมินแนวคิด โดยพิจารณาถึงความเป็นไปได้ความคุ้มทุน ข้อดี ข้อด้อย และความเหมาะสม ประกอบเงื่อนไขและขอบเขตของปัญหาแล้วจึงเลือกแนวคิดหรือวิธีการที่เหมาะสมที่สุด

3. การออกแบบวิธีการแก้ปัญหา (Solution Design) หลังจากเลือกแนวคิดที่เหมาะสมในการแก้ปัญหาแล้ว ขั้นตอนต่อไป คือ การนำความรู้ที่ได้รวบรวมมาประยุกต์ใช้เพื่อออกแบบวิธีการ กำหนดองค์ประกอบของวิธีการหรือผลผลิต ทั้งนี้ผู้แก้ปัญหาต้องอ้างอิงถึงความรู้วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยีที่รวบรวมได้ ประเมิน ตัดสินใจเลือกและใช้ความรู้ที่ได้มาในการออกแบบร่างหรือกำหนดเค้าโครงของวิธีการแก้ปัญหา

4. การวางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา (Planning and Development) หลังจากที่ได้ ออกแบบวิธีการและกำหนดเค้าโครงของวิธีการแก้ปัญหาแล้ว ขั้นตอนต่อไปคือการพัฒนาต้นแบบ (Prototype) ของสิ่งที่ได้ออกแบบไว้ในขั้นตอนนี้ผู้แก้ปัญหาต้องกำหนดขั้นตอนย่อยในการทำงานรวมถึงการกำหนดเป้าหมายและระยะเวลาให้มีความชัดเจน

5. การทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน (Testing, Evaluation and Design Improvement) เป็นขั้นตอนทดสอบและประเมินการใช้งานต้นแบบเพื่อแก้ปัญหาโดยผลลัพธ์ที่ได้จากการทดสอบและประเมินอาจถูกนำมาใช้ในการปรับปรุงและพัฒนาผลลัพธ์ให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น การทดสอบและประเมินผลสามารถเกิดขึ้นได้หลายครั้งในกระบวนการแก้ปัญหา

6. การนำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน (Presentation) หลังจากการพัฒนา ปรับปรุงทดสอบและประเมินวิธีการแก้ปัญหา หรือผลลัพธ์จนมีประสิทธิภาพตามที่ต้องการแล้ว ผู้แก้ปัญหาจะต้องนำเสนอผลลัพธ์สรุปรวมถึงวิธีการปรับปรุงต่อสาธารณชน โดยต้องวิธีการนำเสนอข้อมูลที่มีความน่าสนใจและเข้าใจง่าย



ภาพ 2 กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

ที่มา : ศูนย์สะเต็มศึกษาแห่งชาติ (2557)

จากการศึกษาแนวคิดของ STEM Education ข้างต้น ผู้วิจัยสรุปได้ว่า แนวคิดของ STEM Education เป็นการผสมผสานกันระหว่างแนวคิดการออกแบบเชิงวิศวกรรมเข้ากับการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี นักเรียนต้องมีโอกาสนำความรู้มาออกแบบวิธีการหรือกระบวนการเพื่อตอบสนองความต้องการหรือแก้ปัญหาที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวัน เพื่อให้ได้เทคโนโลยีที่เป็นผลผลิตจากกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ซึ่งอาจมีขั้นตอนการดำเนินงานที่

แตกต่างกัน อาจจะมีการสลับขั้นตอนได้ ทั้งนี้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม หรือการแก้ปัญหาต้องอาศัยการทำซ้ำ ๆ มีความต่อเนื่องจนกว่าจะสามารถแก้ปัญหานั้นได้

3.8 การประยุกต์สะเต็มศึกษา (STEM Education) สู่สตีมศึกษา (STEAM Education)

สะเต็มศึกษา (STEM Education) เป็นแนวทางการจัดการศึกษาที่มีการบูรณาการความรู้ ใน 4 สาระวิชา ได้แก่ วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ วิศวกรรม และเทคโนโลยี ที่ส่งเสริมให้นักเรียนได้ เกิดการเรียนรู้แตกต่างกันในหลาย ๆ ด้าน เช่น ทางกายภาพ ทางสติปัญญา ความฉลาดทางอารมณ์ ความฉลาดทางจริยธรรม ความสามารถในการฟันฝ่าปัญหาและอุปสรรค ที่เป็นกระบวนการคิดในระบบตรรกะ การคำนวณ การใช้เหตุผล การคิดวิเคราะห์ ที่ถูกควบคุมโดยการทำงานของสมองซีกซ้าย (มีนกาญจน์ แจ่มพงษ์, 2559) จากการศึกษาของกระทรวงศึกษาธิการสหรัฐอเมริกา พบว่า ในปี ค.ศ.2009 นักเรียนมัธยมต้นร้อยละ 28 ของนักเรียนมัธยมต้นทั้งประเทศมีความสนใจที่จะเลือกเรียนต่อใน 4 ด้านนี้แต่อีก 57% ได้เลิกให้ความสนใจในสะเต็มศึกษาไป เมื่อสำเร็จการศึกษามีนักเรียนมัธยมปลายเพียง 16% ที่มีความถนัดและสนใจในการยึดอาชีพที่เกี่ยวข้องกับ 4 สาขาวิชาดังกล่าว (Edudemic Connecting Education & Technology, 2015) สอดคล้องกับงานวิจัยด้านการคิด จาก University of Toronto ที่ได้ให้เหตุผลของกระบวนการทำงานสมองไว้ว่ามนุษย์จะมีความสามารถในการใช้สมองที่แตกต่างกัน บางคนมีความสามารถจากสมองซีกขวามากกว่า จึงทำให้เก่งด้านการใช้จินตนาการ ส่วนบางคนนั้นสมองซีกซ้ายมีส่วนควบคุมมากกว่าทำให้เชี่ยวชาญด้านตรรกะ การวิเคราะห์ การคำนวณ มากกว่าแต่เราควรพัฒนาให้มนุษย์รู้จักใช้สมองทั้งสองซีกเพราะสมองแต่ละส่วนก็มีความสำคัญไม่แพ้กัน (Rex Jung, [n.d.]) นักวิจัย และนักการศึกษาได้ตระหนักถึงความสำคัญดังกล่าวจึงได้ต่อยอดแนวคิดจาก STEM ไปสู่ STEAM

สตีมศึกษา (STEAM) เป็น การบูรณาการความรู้ 5 ด้าน โดยเพิ่ม A ที่มาจาก ศิลปะ (Art) เพื่อกระตุ้นการทำงานของสมองซีกขวาโดยการเพิ่มศิลปะเข้ามาจะช่วยสนับสนุนในเรื่องของจินตนาการ และการคิดแก้ไขปัญหาอย่างสร้างสรรค์เนื่องจากความเชี่ยวชาญของสมองเพียงซีกใดซีกหนึ่งไม่เพียงพอต่อการประสบความสำเร็จในการดำเนินชีวิต ยกตัวอย่างบุคคลที่ได้รับการยอมรับระดับโลก เช่น สตีฟ จอบส์ อัจฉริยะผู้พลิกโลกแห่งวงการไอที ผู้นำธุรกิจและนักประดิษฐ์ชาวอเมริกันที่สร้างนวัตกรรมใหม่ด้วยความคิดสร้างสรรค์ ล้วนแต่ใช้กระบวนการทำงานร่วมกันของสมองทั้ง 2 ซีก ดังนั้นการเพิ่มศิลปะ (Arts) เข้าไปใน STEM จึงเป็นการสนับสนุนให้เกิดการแก้ปัญหาด้วยความคิดสร้างสรรค์ และพัฒนาความคิด เชิงพิจารณ์ เพื่อเพิ่มพูนทักษะในการแก้ปัญหา (University of Florida, 2014) ศิลปะ (Art) จึงเป็นกุญแจดอกสำคัญที่ทำให้ STEM กลายเป็น STEAM ที่สามารถพัฒนานักเรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพ ผู้วิจัยจึงนำทักษะการคิดที่เกิดจากแนวคิดของ STEM และ STEAM เปรียบเทียบให้เห็น ดังตาราง 5

ตาราง 5 เปรียบเทียบทักษะการคิดที่เกิดจากแนวคิด STEM และ STEAM

แนวคิด	STEM	STEAM
วิทยาศาสตร์ (Science) เทคโนโลยี (Technology) วิศวกรรม (Engineering) ศิลปะ (Arts)	กระบวนสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ (Scientific Inquiry) การประยุกต์ศาสตร์สาขาอื่นๆ เพื่ออำนวยความสะดวก กระบวนการแก้ปัญหา, กระบวนคิดอย่างเป็นระบบ	กระบวนสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ (Scientific Inquiry) การประยุกต์ศาสตร์สาขาอื่นๆ เพื่ออำนวยความสะดวก กระบวนการแก้ปัญหา, กระบวนคิดอย่างเป็นระบบ ความคิดสร้างสรรค์ (Creativity) สงสัยใคร่รู้ (Curiosity) ความคิดเชิงพิจารณ์ (Critical thinking)
คณิตศาสตร์ (Mathematics)	การคำนวณ, การต่อยอดทางวิศวกรรมศาสตร์	การคำนวณ, การต่อยอดทางวิศวกรรมศาสตร์

ที่มา : ศูนย์สะเต็มศึกษาแห่งชาติ สสวท. (2557)

การนำแนวคิด STEAM เข้ามาปรับใช้ในการจัดการเรียนรู้จึงช่วยส่งเสริมให้นักเรียนได้พัฒนากระบวนการเรียนรู้ สร้างความเข้าใจในกฎหรือทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์ผ่านการปฏิบัติให้เห็นจริงควบคู่กับการพัฒนาทักษะการคิด การวิเคราะห์สาเหตุ การแก้ปัญหา และการหาข้อมูล เพื่อค้นพบข้อสรุปหรือองค์ความรู้ใหม่ ๆ พร้อมทั้งสามารถนำข้อค้นพบนั้นไปใช้บูรณาการกับชีวิตประจำวันได้ การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสตีมศึกษา (STEAM Education) จึงเป็นการจัดการเรียนรู้ที่มุ่งส่งเสริมให้นักเรียนตระหนักถึงความสำคัญและคุณค่าของการเรียนวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ ศิลปะ และคณิตศาสตร์อย่างแท้จริง

การนำแนวคิด STEAM เข้ามาปรับใช้ในการจัดการเรียนรู้จึงช่วยส่งเสริมให้นักเรียนได้พัฒนากระบวนการเรียนรู้ สร้างความเข้าใจในกฎหรือทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์ผ่านการปฏิบัติให้เห็นจริงควบคู่กับการพัฒนาทักษะการคิด การวิเคราะห์สาเหตุ การแก้ปัญหา และการหาข้อมูล เพื่อค้นพบข้อสรุปหรือองค์ความรู้ใหม่ ๆ พร้อมทั้งสามารถนำข้อค้นพบนั้นไปใช้บูรณาการกับชีวิตประจำวันได้ การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสตีมศึกษา (STEAM Education) จึงเป็นการจัดการเรียนรู้ที่มุ่งส่งเสริมให้นักเรียนตระหนักถึงความสำคัญและคุณค่าของการเรียนวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ ศิลปะ และคณิตศาสตร์อย่างแท้จริง

จากการศึกษาสตีมศึกษา ข้างต้น ผู้วิจัยสรุปได้ว่า เป็นการบูรณาการความรู้ 5 ด้าน มี A เพิ่มเข้ามา ซึ่งมาจาก ศิลปะ (Art) ที่จะช่วยสนับสนุนในเรื่องของจินตนาการและการคิดแก้ไขปัญหาอย่างสร้างสรรค์เนื่องจากความเชี่ยวชาญของสมองเพียงซีกใดซีกหนึ่งไม่เพียงพอต่อการประสบความสำเร็จในการดำเนินชีวิต การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสตีมศึกษา (STEAM Education) จึงเป็นการจัดการเรียนรู้ที่มุ่งส่งเสริมให้นักเรียนตระหนักถึงความสำคัญและคุณค่าของการเรียนวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ ศิลปะ และคณิตศาสตร์อย่างแท้จริง

3.9 ทฤษฎีการเรียนรู้ที่สนับสนุนการเรียนรู้ตามแนวคิดสตีม

การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสตีมเป็นการจัดการเรียนรู้ที่เน้นนักเรียนเป็นสำคัญเน้นการจัดกิจกรรมให้นักเรียนได้เรียนรู้จนเกิดประสบการณ์ นักเรียนได้พัฒนาตนเองเต็มตามความสามารถสอดคล้องกับความถนัด ลงมือปฏิบัติด้วยตนเอง ผู้สอนเป็นเพียงผู้ให้คำแนะนำและคอยอำนวยความสะดวกเท่านั้นซึ่งสอดคล้องกับทฤษฎีการสร้างความรู้ด้วยตนเองโดยการสร้างสรรค์ชิ้นงาน ตามทฤษฎี Constructionism เป็นทฤษฎีที่มีพื้นฐานมาจากทฤษฎีพัฒนาการทางสติปัญญาของ Piaget เช่นเดียวกับทฤษฎีการสร้างความรู้ (Constructivism) ซึ่งมีนักวิชาการได้ศึกษาไว้ดังต่อไปนี้

Papert (1999) แห่งสถาบันเทคโนโลยีแมสซาชูเซตส์ (Massachusetts Institute of Technology, M.I.T) สหรัฐอเมริกา ผู้พัฒนาทฤษฎีการสร้างความรู้ด้วยตนเองเพื่อการสร้างสรรค์ชิ้นงานได้กล่าวว่า แนวความคิดของทฤษฎีนี้คือ การเรียนรู้ที่เกิดจากการสร้างพลังความรู้ด้วยตนเอง ทฤษฎี Constructionism มีเอกลักษณ์อย่างชัดเจนในด้านการนำเทคโนโลยีที่เหมาะสมมาใช้ในการจัดการเรียนรู้ให้นักเรียนสร้างองค์ความรู้และผลงานต่าง ๆ ด้วยตนเอง ซึ่งความรู้ที่เกิดจากการสร้างชิ้นงานจะประกอบด้วย การจัดโอกาสให้กับนักเรียนได้มีส่วนร่วม การเรียนรู้ที่ดีไม่ได้จากการหาวิธีการสอนต่าง ๆ มาให้ครูแต่มาจากการให้โอกาสตลอดจนการจัดสภาพแวดล้อมการเรียนรู้ที่ดีกว่าแก่นักเรียนในการสร้างความรู้

ณัชชากัญญ์ วิรัตนชัยวรรณ (2558) ได้กล่าวว่า แนวคิดของทฤษฎี Constructionism คือ การเรียนรู้ที่ดีต้องเกิดจากการสร้างพลังความรู้ในตนเอง หากนักเรียนมีโอกาสได้พัฒนาความคิดและนำความคิดของตนเองไปสร้างสรรค์ชิ้นงานโดยอาศัยสื่อและเทคโนโลยีที่เหมาะสมจะทำให้ความคิดเห็นนั้นเป็นรูปธรรมมากยิ่งขึ้น

มีนกาญจน์ แจ่มพงษ์ (2559) ได้กล่าวว่า ทฤษฎีการสร้างความรู้ด้วยตนเองเพื่อการสร้างสรรค์ชิ้นงาน เป็นทฤษฎีทางการศึกษาที่มีแนวคิดส่งเสริมให้นักเรียนสร้างความรู้ด้วยตนเองจากการปฏิบัติในสภาพแวดล้อมที่หลากหลายและเหมาะสม โดยอาศัยสื่อวัสดุ เทคโนโลยี ในการสร้างสรรค์ชิ้นงาน โดยมีครูเป็นผู้มีหน้าที่เป็นผู้สร้างบรรยากาศ และจัดสภาพแวดล้อมที่เอื้อต่อการ

เรียนรู้ ตลอดจนอำนวยความสะดวก ชี้แนะ ส่งเสริม สนับสนุน กระตุ้นให้นักเรียนมีความกระตือรือร้นในการคิดและการทำกิจกรรมต่าง ๆ เพื่อส่งผลให้เกิดการเรียนรู้มากที่สุด

จากการศึกษาการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสตีม ข้างต้น ผู้วิจัยสรุปได้ว่า เป็นการจัดการเรียนรู้ที่มุ่งให้นักเรียนได้ลงมือจนเกิดประสบการณ์ มีการนำสื่อ วัสดุ หรือเทคโนโลยีต่าง ๆ มาใช้ประกอบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เพื่อส่งเริมให้นักเรียนได้พัฒนาความคิดผ่านการสร้างสรรค์ชิ้นงานของตนเองตามความถนัดและความสนใจ โดยในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้จะเน้นนักเรียนเป็นศูนย์กลางครูทำหน้าที่มีครูเป็นผู้มีหน้าที่เป็นผู้สร้างบรรยากาศ และจัดสภาพแวดล้อมที่เอื้อต่อการเรียนรู้ ตลอดจนอำนวยความสะดวก แนะนำ ส่งเสริม สนับสนุน

3.10 แนวทางการจัดกิจกรรมการเรียนรู้บูรณาการแบบ STEAM

นักวิชาการทางการศึกษา กล่าวถึง แนวทางการจัดกิจกรรมการจัดการเรียนรู้บูรณาการแบบ STEAM ไว้ดังนี้

Henriksen อ้างใน (จารีพร ผลมูล, 2558) กล่าวถึง ในอนาคต STEM กลายเป็นนวัตกรรม เพราะศิลปศาสตร์ (ความคิดเชิงสร้างสรรค์) เป็นพื้นฐานแห่งการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ จึงทำให้ STEAM เป็นปัจจัยสำคัญ สำหรับการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ซึ่งเห็นได้จากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์โดย ไกเซน (Geisen) จัดกิจกรรมให้นักเรียนสร้างความรู้ด้วยตนเอง ผ่านการใช้รูปภาพ ในการอธิบายแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ พร้อมทั้งมีการตั้งคำถามกลับเพื่อกระตุ้นให้นักเรียนระดมความคิดเชื่อมโยงความรู้หลายสาขาวิชาจึงนำไปสู่กระบวนการคิดรวบยอดในการค้นหาคำตอบ ซึ่งในการจัดกิจกรรมนี้มีการผสมผสานกลวิธีการสอนหลากหลาย โดยใช้ศิลปะศาสตร์บูรณาการร่วมกับการเรียนวิทยาศาสตร์ เช่น การวาดภาพเพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างเซลล์พืชและเซลล์สัตว์ การแต่งเพลง และวาดภาพ เกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ แสดงบทบาทเป็นตัวละครในเรื่อง เช่น แสดงเป็นสิ่งมีชีวิตในปฏิกิริยาเคมี นักเรียนได้เคลื่อนไหวร่างกายไปตามบริบทของตัวละครจากการจัดกิจกรรมการบูรณาการแบบ STEAM ดังกล่าว ทำให้นักเรียนตื่นเต้น สนุกสนานและเข้าใจทฤษฎีจึงส่งผลให้นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ดีขึ้น นอกจากนี้ยังเป็นการสร้างแรงบันดาลใจให้เกิดความคิดสร้างสรรค์ในการสร้างผลงานด้วยตนเอง

Rufo อ้างใน (จารีพร ผลมูล, 2558) ได้กล่าวถึง ศิลปศาสตร์เป็นศูนย์กลางการเรียนรู้แบบ STEAM สร้างความตื่นเต้นในการเรียนรู้ ซึ่งเห็นจากการแสดงความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนผ่านการจัดนิทรรศการวิทยาศาสตร์ มุ่งให้นักเรียนแลกเปลี่ยนเรียนรู้ ร่วมกันโดยดำเนินกิจกรรมไปตามกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ดังนี้

1. เรียนรู้ขั้นตอนการทดลองทางวิทยาศาสตร์ซึ่งประกอบด้วย ปัญหา สมมุติฐานเก็บข้อมูล ผลการทดลอง และสรุปผลการทดลอง

2. นักเรียนออกแบบและดำเนินการทดลองตามอิสระให้สอดคล้องกับทฤษฎี

3. นักเรียนนำเสนอผลการเรียนรู้ โดยใช้ศิลปศาสตร์สื่อความหมาย ในการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ร่วมกันในรูปแบบต่าง ๆ เช่น การแต่งเพลง ภาพวาด การเต้น บทกวี ประติมากรรมหรือการสาธิต เพื่อสร้างนวัตกรรมให้น่าสนใจ ตื่นเต้น และบันเทิงให้กับผู้เข้าชม

จารีพร ผลมูล (2558) ได้ให้แนวทางการจัดกิจกรรมการเรียนรู้บูรณาการแบบ STEAM ว่า STEAM คือ การนำศิลปศาสตร์มาผสมผสานในการจัดการเรียนรู้เพื่อส่งผลให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ได้ดีขึ้น โดยครูจะต้องมีการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่หลากหลาย เช่น การวาดภาพเพื่อสื่อความหมาย การแสดงบทบาท สมมุติ การสร้างบทเรียนผ่านเสียงเพลง เป็นต้น เพื่อให้นักเรียนเกิดการเชื่อมโยงความรู้ได้ง่ายขึ้น นำไปสู่การมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่ดี ที่สำคัญมุ่งต้องการให้นักเรียนได้ถ่ายทอดจินตนาการและ ความคิดสร้างสรรค์ในการสร้างชิ้นงาน ส่งผลให้นักเรียนเกิดความภูมิใจในผลงานและมีเจตคติที่ดีต่อการเรียนรู้

วิสูตร โพธิ์เงิน (2560) ได้ให้หลักในการออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนว STEAM มี 3 ขั้น ดังนี้

ขั้นที่ 1 การนำเสนอสภาพปัญหาบริบทเชื่อมโยงกับชีวิตจริงหรือสถานการณ์ที่เป็นปัญหาในปัจจุบันที่เกี่ยวข้องกับนักเรียนเพื่อให้มีข้อมูลเบื้องต้นสำหรับในการคิดขั้นต้น

ขั้นที่ 2 การออกแบบสร้างสรรค์เพื่อแก้ปัญหาตามสถานการณ์เพื่อส่งเสริมให้นักเรียนได้ฝึกคิดอย่างอิสระโดยมีจุดมุ่งหมายสำคัญในด้านความคิดสร้างสรรค์การสื่อสารการร่วมมือการแลกเปลี่ยนความคิดเห็นซึ่งกันและกันการแก้ปัญหาเริ่มจากนักเรียนตัดสินใจในความเป็นจริงและความจำเป็นของสถานการณ์นั้นนักเรียนจำเป็นต้องเกิดการเรียนรู้ด้วยตนเอง

ขั้นที่ 3 ขั้นสุดท้ายการสร้างความรู้สึกจับใจเป็นการขยายสิ่งที่ค้นพบโดยเน้นเจตคติต่อสิ่งที่เรียนรู้ผ่านการลงมือทำผ่านประสบการณ์ท่านี้จะช่วยให้นักเรียนได้พัฒนาการรับรู้การแสดงออกการเห็นใจผู้อื่นมีเจตคติที่ดีในการเรียนรู้

จากการศึกษาการจัดกิจกรรมการเรียนรู้บูรณาการแบบ STEAM ผู้วิจัยสรุปได้ว่า เป็นการเชื่อมโยงความรู้จากหลากหลายวิชาโดยนำศิลปะเข้ามาผสมผสานในการจัดกิจกรรมเพื่อส่งเสริมให้นักเรียนเกิดการถ่ายทอดจินตนาการ ความคิดสร้างสรรค์ สามารถสร้างชิ้นงาน นวัตกรรม ด้วยตนเองอีกทั้งพัฒนากระบวนการแก้ไขปัญหาได้อย่างมีประสิทธิภาพ

(Starfish Country home School Foundation, 2560) ได้นำแนวคิดสตีมศึกษามาบูรณาการใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยมีแนวทางดังต่อไปนี้

1. แนวคิดการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ต้องเปิดโอกาสให้นักเรียนทุกคนในประเทศไทยได้เข้าถึงการศึกษาที่มีคุณภาพอย่างเสมอภาคเท่าเทียมกัน การเข้าถึงแหล่งเรียนรู้ สื่อ วัสดุอุปกรณ์สิ่งอำนวยความสะดวกต่าง ๆ นักเรียนสามารถพัฒนาความรู้ และทักษะศตวรรษที่ 21 ผ่านกระบวนการเรียนรู้ โดยใช้โครงงานเป็นฐาน (PBL) เพื่อส่งเสริมการเรียนรู้แบบ

STEAM ด้วยการบูรณาการเนื้อหาสาระ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ ศิลปะ และคณิตศาสตร์

2. การจัดสภาพแวดล้อม จัดเป็นพื้นที่สร้างสรรค์ (Makerspace) มีการจัดสภาพแวดล้อมบรรยากาศให้เหมาะสมและเอื้อต่อการเรียนรู้ของนักเรียน เช่น จัดอุปกรณ์เครื่องมือในการค้นคว้าและประดิษฐ์ผลงาน สื่อ เทคโนโลยีในการสืบค้น ตลอดจนผู้มีความรู้ความสามารถ หรือผู้เชี่ยวชาญมาให้คำปรึกษาแนะนำ แนวทางการทำงาน การสร้างสรรค์ออกแบบสร้างสรรค์กระบวนการแก้ปัญหาต่างๆ เพื่อให้นักเรียน สามารถทำงานจนบรรลุเป้าหมายที่ตั้งไว้

3. กระบวนการ จัดกิจกรรมการเรียนรู้

1. ขั้นถาม (Ask) ครูนำเข้าสู่บทเรียนโดยใช้ปัญหาหรือสถานการณ์ที่มีความท้าทาย ต้องวิเคราะห์เงื่อนไข ข้อจำกัด ของสถานการณ์ปัญหาเพื่อกำหนดขอบเขตของปัญหาให้นำไปสู่การสร้างชิ้นงานหรือวิธีการแก้ปัญหาในลักษณะของคำถามเพื่อกระตุ้นให้นักเรียนเกิดความท้าทาย กระตุ้นการแก้ปัญหา การเปรียบเทียบการทำนายเหตุการณ์ในอนาคต

2. ขั้นจินตนาการ (Imagine) นักเรียนเข้าใจปัญหา และต้องไปสืบเสาะ ข้อมูลหรือแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ที่ เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหาเพื่อประเมินความเป็นไปได้ ข้อดี และข้อเสีย ข้อจำกัดต่าง ๆ ที่มีอยู่

3. ขั้นวางแผน (Plan) นักเรียนนำข้อมูลที่ได้จากการค้นคว้าและรวบรวมมาประยุกต์ใช้เพื่อออกแบบชิ้นงานโดยคำนึงถึงทรัพยากร ข้อจำกัด และเงื่อนไขตามสถานการณ์ที่กำหนด

4. ขั้นสร้างสรรค์ (Create) นักเรียนลำดับขั้นตอนและวิธีการสร้างชิ้นงาน การพัฒนาวิธีการแก้ปัญหา

5. ขั้นคิดสะท้อนและออกแบบใหม่ (Reflect & Redesign) นักเรียนทำการทดสอบและประเมินการใช้งานของชิ้นงานเพื่อนำข้อผิดพลาดมาปรับปรุงและพัฒนาให้มีประสิทธิภาพในการแก้ปัญหาให้เหมาะสมที่สุด

Starfish (2560) ได้นำเสนอการออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสตีมไว้ว่า สตีม เป็นแนวคิดที่ต้องการพัฒนาศักยภาพนักเรียนผ่านการเรียนรู้แบบได้ลงมือปฏิบัติจริง เนื่องจากเป็นการเรียนรู้แบบบูรณาการหลายสาขาวิชาจึงได้เปิดโอกาสให้นักเรียนเลือกทำกิจกรรมตามความถนัดและความสนใจโดยเริ่มต้นจากเรื่องที่อยู่ใกล้ตัวเพื่อให้นักเรียนได้ตระหนักถึงความสำคัญของการแก้ปัญหาและง่ายต่อการเชื่อมโยงบริบทกับชีวิตประจำวันของนักเรียนได้จริงเนื่องจากเป็นการเรียนรู้ที่มีนักเรียนเป็นศูนย์กลางครูจึงมีหน้าที่เพียงคอยช่วยเหลือและให้คำแนะนำ ซึ่งในการดำเนินกิจกรรมแบบสตีม ครูและนักเรียนจะมีบทบาทหน้าที่แตกต่างกัน ดังตาราง 6

ตาราง 6 บทบาทหน้าที่แตกต่างกันของครูและนักเรียน

บทบาทของครู	บทบาทของนักเรียน
- เปิดโอกาสให้นักเรียนได้สร้างสรรค์สิ่งต่าง ๆ ตามความสนใจ ผ่านการค้นคว้า ออกแบบ วางแผน แลกเปลี่ยน แบ่งปัน ความคิด สร้างพัฒนาและแก้ไขผลงาน - จัดสภาพแวดล้อมในการทำกิจกรรมให้เหมาะสมและปลอดภัยในการใช้งาน - กระตุ้นการเรียนรู้ด้วยการตั้งคำถามหรือกำหนดสถานการณ์ ที่ชวนคิดเพื่อก่อให้เกิดการคิด การวิเคราะห์ และหาคำตอบ นำไปสู่ความคิดสร้างสรรค์ - สร้างความมั่นใจในการเรียนรู้ให้แก่นักเรียนในการตรวจสอบ จัดเก็บเครื่องมือ วัสดุอุปกรณ์ให้อยู่ในสภาพดี - ช่วยสร้างสำนึกของความรับผิดชอบต่อตนเองและผู้อื่น - ประเมินและเก็บรวบรวมข้อมูลของนักเรียนและให้ข้อมูลย้อนกลับ	- ค้นคว้าและสร้างสรรค์สิ่งใหม่ๆ - ทำงานร่วมกันและช่วยเหลือกัน - แบ่งปันเครื่องมือและวัสดุ - รักษาความสะอาดเรียบร้อย - เก็บเครื่องมือและวัสดุให้เรียบร้อยในสภาพเดิม

ที่มา : Starfish Country home School Foundation (2560)

2. รูปแบบการเรียนรู้ที่สอดคล้องกับแนวคิดสตีมศึกษา

ทิศนา แขมมณี (2551) ได้กล่าวถึง รูปแบบการเรียนรู้ ไว้ว่า คือ สภาพหรือลักษณะของการจัดการเรียนรู้ที่สร้างขึ้นอย่างเป็นระบบระเบียบตามหลักปรัชญา ทฤษฎี หลักการ แนวคิด หรือความเชื่อต่าง ๆ โดยอาศัยวิธีและเทคนิคการเรียนรู้ เข้าไปช่วยทำให้สภาพการเรียนรู้นั้นเป็นไปตามหลักการที่ยึดถือ และได้รับการพิสูจน์และทดสอบแล้วว่ามีประสิทธิภาพสามารถนำมาใช้เป็นแบบแผนในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เพื่อช่วยพัฒนานักเรียนได้ จากการศึกษาค้นคว้าพบว่ารูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่สามารถนำมาใช้ควบคู่กับการจัดสอนตามแนวคิดสตีมศึกษาได้นั้นมีหลายรูปแบบซึ่งมีนักการศึกษาได้ พัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวสตีมศึกษาในรูปแบบต่าง ๆ รูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวสตีมศึกษาที่มีนักการศึกษานิยมนำมาใช้ในการจัดการเรียนรู้ 5 รูปแบบ Ministry of Education

Korea, 2016; Yakman & Hyonyong 2012 อ้างถึงใน (นิภาพร ช่วยธานี, 2562) ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

1. การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน (Problem-based Learning) เป็นการจัดการเรียนรู้โดยนำปัญหามากระตุ้นเพื่อให้นักเรียนเกิดความท้าทายทางความคิดคิดและได้ลงมือปฏิบัติกิจกรรมต่าง ๆ ให้สามารถบรรลุตามเป้าหมายที่ครูกำหนดให้ ซึ่งครูอาจนำนักเรียนไปเผชิญปัญหาจริงหรือระบุสถานการณ์ที่จะช่วยพัฒนากระบวนการวิเคราะห์ปัญหาและแก้ปัญหา (ทิศนา แขมมณี, 2551) ซึ่งมีกระบวนการในการจัดการเรียนรู้ ดังนี้

ขั้นที่ 1 ครูกำหนดสถานการณ์หรือยกปัญหาที่มีความเกี่ยวข้องหรือใกล้ตัวนักเรียนขึ้นมาโดยให้นักเรียนได้สืบเสาะโดยใช้สื่อต่าง ๆ เช่น รูปภาพ วิดีโอ และให้นักเรียนศึกษาและแสดงความคิดเห็นถึงปัญหานั้น

ขั้นที่ 2 ครูจัดกลุ่มย่อยให้นักเรียนได้ศึกษา สำรวจปัญหา ระบุสาเหตุของปัญหา หรือปัจจัยต่าง ๆ ที่ทำให้เกิดปัญหา

ขั้นที่ 3 นักเรียนนำเสนอวิธีการแก้ปัญหาที่สร้างขึ้น

ขั้นที่ 4 นักเรียนสรุปและเลือกแนวทางในการแก้ปัญหาที่ดีที่สุด

Lou, Shih, Diez, และ Tseng (2011) ได้ศึกษาผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานในการบูรณาการความรู้ทางสะเต็ม และนอกจากนี้ใช้ STEM internet platform ที่พัฒนาขึ้นเพื่อให้สมาชิกในกลุ่มร่วมกันอภิปรายและแบ่งปันความรู้ ข้อมูล เพื่อนำความรู้ทางสะเต็มไปใช้แก้ปัญหาเพื่อออกแบบและประดิษฐ์รถเข็นพลังงานแสงอาทิตย์ เพื่อดูข้อมูลทางทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยี และวิศวกรรมศาสตร์ที่เกิดจากการตอบโต้ของนักเรียนออนไลน์ ในการบูรณาการความรู้ทางสะเต็มของผู้เรียนหญิงชั้นมัธยมศึกษาในประเทศไต้หวันในการร่วมกัน หาวิธีการแก้ปัญหาแข่งขันประดิษฐ์รถเข็นพลังงานแสงอาทิตย์ ซึ่ง platform ที่พัฒนาขึ้นประกอบด้วย 6 ขั้นตอน ดังต่อไปนี้

ขั้นที่ 1 ยืนยันปัญหา (Confirm Problem) มีการถามผู้เรียนเพื่อยืนยันและอธิบายผ่านการอภิปรายคำถามสำคัญที่เกี่ยวกับวัสดุอุปกรณ์

ขั้นที่ 2 การทำความเข้าใจปัญหา (Clarify Problem) หรือการระบุปัญหา ขึ้นอยู่กับองค์ประกอบของปัญหาและการอธิบายวิธีการแก้ปัญหาในขั้นตอนแรกให้ผู้เรียนมีการแก้ปัญหาเหล่านั้นผ่านการอภิปรายเพื่อที่จะระบุความรู้เกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรม และคณิตศาสตร์

ขั้นที่ 3 การวางแผน (Planning) ประกอบด้วย แนวทางในการวางแผน ประกอบด้วยกรอบการทำงานและหน้าที่ของชิ้นงาน และการพิจารณาขั้นตอนการประดิษฐ์และปัญหาอุปสรรคที่เกิดขึ้น

ขั้นที่ 4 การทดลอง (Contingency Plan) มีคำถามให้ผู้เรียนอธิบาย แผนการทดลองและขั้นตอนที่พวกเขาจะใช้ในการแก้ปัญหาในแต่ละขั้น

ขั้นที่ 5 การปรับปรุงแผน (Realize Planning) นำมาซึ่งการสรุปรูปแบบตอนต้นตามที่ได้ร่างแผนการทดลองและต้องมีการแนะนำรายละเอียดและอธิบายลักษณะของโมเดล หลังจากเสร็จสิ้นตามแผนการทดลองและจำเป็นต้องมีการแนะนำรายละเอียดของรูปแบบ

ขั้นที่ 6 ประเมินผล (Assessment) รูปแบบตอนต้นเสร็จสมบูรณ์ นำไปสู่ขั้นตอนการทดสอบและการปรับปรุงแก้ไข พร้อมอธิบายถึงขั้นตอนและสิ่งที่ผู้เรียนได้เรียนรู้จากการทดสอบและการปรับปรุงแก้ไขซึ่งจากผลการศึกษาของ (Lou และคนอื่น ๆ, 2011) โดยการนำรูปแบบการใช้ปัญหาเป็นฐานไปใช้เพื่อพัฒนาความสามารถนักเรียนในการบูรณาการความรู้ พบว่า ความสามารถในการนำความรู้ทางวิทยาศาสตร์และทางคณิตศาสตร์อยู่ในระดับสูง แต่ความรู้ทางเทคโนโลยีและวิศวกรรมศาสตร์นั้นยังมีน้อย เนื่องจากขาดเทคนิคการประกอบชิ้นส่วน และดูจากการอภิปรายพบว่านักเรียนใช้พื้นที่ของ STEM Platform ในส่วนของความรู้ทางเทคโนโลยีและวิศวกรรมศาสตร์มีการพูดคุยอภิปรายมากกว่าด้านทางวิทยาศาสตร์และทางคณิตศาสตร์

2. การจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐาน (Project-based Learning) เป็นการจัดการเรียนรู้โดยครูเป็นผู้กระตุ้นให้นักเรียนทำโครงงานตามความสนใจ ให้เรียนรู้ผ่านกระบวนการทำงานเป็นกลุ่มจนเกิดเป็นองค์ความรู้ใหม่ มีการลำดับกระบวนการจัดทำโครงงาน และผลที่ได้จากการจัดกิจกรรมต้องเป็นผลงานที่เป็นรูปธรรม นักเรียนต้องใช้ทักษะของตนที่มีอยู่ทำในสิ่งที่สนใจศึกษาค้นคว้าข้อมูลและลงมือปฏิบัติเพื่อให้ได้คำตอบ (นุชนภา ราชนิยม, 2558) ซึ่งในการสอนแบบ PBL มีกระบวนการจัดการเรียนรู้ ดังนี้

ขั้นที่ 1 การคิดหัวข้อโครงงาน ตามความสนใจของตนเอง
ขั้นที่ 2 ศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้อง
ขั้นที่ 3 เขียนชื่อโครงงาน
ขั้นที่ 4 ปฏิบัติหรือลงมือทำโครงงาน
ขั้นที่ 5 เขียนรายงาน
ขั้นที่ 6 แสดงผลงานและสรุปผลของโครงงาน

3. การจัดการเรียนรู้โดยใช้ทีมเป็นฐาน (Team-based Learning) เป็นการจัดการเรียนรู้ที่มุ่งให้เกิดปฏิสัมพันธ์กันภายในกลุ่มเพื่อให้นักเรียนเกิดความกระตือรือร้นในการเรียน เน้นการเรียนรู้ในเชิงลึกและเกิดการคิดเชิงวิพากษ์ไปพร้อม ๆ กับเสริมทักษะ การทำงานร่วมกับผู้อื่น ความกล้าแสดงออกและการสื่อสารของนักเรียนให้ดีขึ้น ซึ่งการสอนแบบ TBL มีกระบวนการจัดการเรียนรู้ ดังนี้

ขั้นที่ 1 แบ่งหัวข้อเพื่อให้นักเรียนเตรียมคำถามในการแสดงความคิดเห็นเชิงวิพากษ์วิจารณ์

ขั้นที่ 2 ชี้แจง รายละเอียดการเรียนและมอบหมายงาน

ขั้นที่ 3 ทำแบบทดสอบ RAT เป็นการทดสอบความรู้จากการอ่าน ก่อนการเข้าชั้นเรียน สมาชิกในกลุ่มร่วมกันอภิปรายและแสดงเหตุผลของแต่ละคนว่าทำไมถึงเลือกคำตอบนั้น

ขั้นที่ 4 เปิดโอกาสและให้อภิปราย นักเรียนยอมรับความคิดเห็นของสมาชิกในกลุ่ม

ขั้นที่ 5 ให้ผลสะท้อนกลับ เพื่อให้นักเรียนได้ตระหนักถึงการเรียนรู้ การนำเนื้อหาจากการเรียนรู้ไปประยุกต์ใช้ และเห็นคุณค่าความสำคัญของการทำงานเป็นทีม Burn (2003) Michaelsen, Knight, และ Fink (2004)

4. การเรียนรู้โดยใช้การสืบเสาะเป็นฐาน (Inquiry-based Learning) เป็นการสอนโดยกระตุ้นให้นักเรียนเกิดการสังเกต การตั้งคำถามคำถามเกิดการคิดและลงมือแสวงหาความรู้เพื่อหาคำตอบและสรุปองค์ความรู้ ด้วยตนเอง มีครูเป็นผู้อำนวยความสะดวกในการเรียนรู้ด้านต่าง ๆ เช่น การเตรียมเอกสาร วัสดุ สื่อ การให้คำปรึกษาแนะนำเป็นต้น สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2546) ได้นำวิธีการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) มาใช้ในการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะสตีม ซึ่งประกอบด้วย 5 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นที่ 1 การสร้างความสนใจ (Engagement) เป็นขั้นการนำเข้าสู่บทเรียนหรือเรื่องที่สนใจซึ่งเกิดขึ้นเองจากความสงสัยหรืออาจเริ่มจากความสนใจของตัวนักเรียนหรือเกิดจากอภิปรายในกลุ่ม เรื่องที่น่าสนใจอาจจะมาจากเหตุการณ์ในข่วงนั้น หรือเป็นเรื่องที่เชื่อมโยงกับความรู้เดิมที่เพิ่งเรียนมาแล้ว เป็นตัวกระตุ้นให้นักเรียนสร้างคำถาม กำหนดประเด็นที่จะศึกษา ครูอาจให้ศึกษาจากสื่อต่าง ๆ หรือเป็นผู้กระตุ้นด้วยการเสนอประเด็นขึ้นมาก่อน

ขั้นที่ 2 สำรวจและค้นหา (Exploration) เป็นขั้นที่มีการวางแผนกำหนดแนวทางในการสำรวจ ตรวจสอบ ตั้งสมมติฐาน กำหนดทางเลือกที่เป็นไปได้หลายวิธี เช่น ทำการทดลอง ทำกิจกรรมภาคสนาม การใช้คอมพิวเตอร์เพื่อช่วยในการสร้างสถานการณ์จำลอง การศึกษาหาข้อมูลจากเอกสารอ้างอิง หรือจากแหล่งข้อมูลต่าง ๆ เพื่อให้ได้ข้อมูลที่เพียงพอที่จะใช้ในขั้นต่อไป

ขั้นที่ 3 อธิบายและลงข้อสรุป (Explanation) เป็นขั้นการนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์แปลผล สรุปผลและนำเสนอผลในรูปแบบต่าง ๆ เช่น บรรยาย สร้างแบบจำลองหรือรูปวาด สร้างตาราง ฯลฯ การค้นพบในขั้นนี้เป็นไปได้หลายทาง เช่น สนับสนุนสมมติฐานที่ตั้งไว้ โต้แย้งกับสมมติฐานที่ตั้งไว้หรือไม่เกี่ยวกับประเด็นที่ตั้งไว้แต่ผลที่ได้จะอยู่ในรูปใดก็สามารถสร้างความรู้และช่วยให้เกิดการเรียนรู้ได้

ขั้นที่ 4 ขยายความรู้ (Elaboration) เป็นขั้นการนำความรู้ที่สร้างขึ้นไปเชื่อมโยงกับความรู้เดิมหรือแนวคิดที่ได้ค้นคว้าเพิ่มเติมหรือนำแบบจำลอง หรือข้อสรุปที่ได้ไปใช้อธิบายสถานการณ์หรือเหตุการณ์อื่น ถ้าใช้อธิบายเรื่องอื่นได้มากก็แสดงว่าข้อจำกัดน้อย ซึ่งจะช่วยเชื่อมโยงกับเรื่องต่าง ๆ และทำให้เกิดความรู้กว้างขวางขึ้น

ขั้นที่ 5 ประเมิน (Evaluation) เป็นขั้นการประเมินความรู้ทักษะกระบวนการที่นักเรียนได้รับและการนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในเรื่องอื่น ๆ

5. การเรียนรู้โดยการออกแบบ 6E (The 6E Learning by Design)

การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสตีมศึกษาแบบ 6E Learning เป็นรูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมทักษะผู้เรียนในศตวรรษที่ 21 ได้เน้นให้ผู้เรียนนำความรู้และทักษะจากวิชาต่าง ๆ มาออกแบบสร้างสรรค์ชิ้นงาน หรือผลิตนวัตกรรมเพื่อแก้ไขปัญหาจากการดำเนินชีวิตประจำวัน Dejarnette, 2012 อ้างใน (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2561) รูปแบบการเรียนรู้แบบ 6E Learning ได้ถูกปรับปรุงพัฒนาขึ้นจาก การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ หรือ 5E Instructional model ของ (Bybee, 1997) ซึ่งมีจุดเด่นคือ เป็นการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นศูนย์กลางในการออกแบบและสร้างสรรค์ชิ้นงาน โดยมีการบูรณาการกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม (Engineering design) โดยการเพิ่มขั้นวิศวกรรม (Engineer) และขั้นปรับปรุง (Enrich) เข้าไปทดแทนขั้นขยายความรู้ (Elaboration) ของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะแบบหาความรู้ (5E) ซึ่งขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสตีมศึกษาแบบ 6E Learning มีทั้งหมด 6 ขั้นตอน (Burke, 2014)

ขั้นที่ 1 สร้างความสนใจ (Engage) เป็นขั้นที่มีการกระตุ้นความสนใจของนักเรียนโดยใช้สถานการณ์หรือปัญหาที่พบในการดำเนินชีวิตจริง เพื่อนำไปออกแบบและสร้างสรรค์นวัตกรรมเพื่อแก้ไขปัญหา

ขั้นที่ 2 สำรวจ (Explore) เป็นขั้นที่มีการใช้กระบวนการสืบเสาะเพื่อค้นหาหลักการ ความรู้ คุณลักษณะต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบและสร้างสรรค์ชิ้นงาน

ขั้นที่ 3 อธิบาย (Explain) เป็นขั้นการนำเสนอข้อค้นพบที่ได้จากการสืบเสาะในขั้นสำรวจ โดยนำมาอภิปรายร่วมกันกับเพื่อนในชั้นเรียน เพื่อกำหนดกรอบแนวคิดที่ชัดเจนก่อนนำไปออกแบบและสร้างสรรค์ชิ้นงาน

ขั้นที่ 4 วิศวกรรม (Engineer) เป็นขั้นที่ต้องนำความรู้ที่ได้จากการเรียนรู้ในขั้นก่อนหน้านี้มาใช้ในการออกแบบและสร้างสรรค์ชิ้นงาน

ขั้นที่ 5 ปรับปรุง (Enrich) เป็นขั้นที่มีการทดสอบประสิทธิภาพการทำงานของชิ้นงานเพื่อค้นหาจุดบกพร่อง และข้อผิดพลาด เพื่อนำไปแก้ไขพัฒนางานให้ดีขึ้นหรือออกแบบใหม่

ขั้นที่ 6 ประเมินผล (Evaluate) เป็นขั้นที่มีการร่วมกันประเมินชิ้นงานที่ปรับปรุงใหม่เพื่อให้ทราบว่าผู้เรียนได้เกิดการเรียนรู้มากน้อยเพียงใด

ตาราง 7 รูปแบบการเรียนรู้สอดคล้องกับแนวคิดสตีมศึกษา

รูปแบบการเรียนรู้สอดคล้องกับแนวคิดสตีมศึกษา				
การเรียนรู้โดยใช้ ปัญหาเป็นฐาน	การเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐาน	การเรียนรู้โดยใช้ ทีมเป็นฐาน	การเรียนรู้โดยใช้การสืบเสาะเป็นฐาน	การเรียนรู้โดยการออกแบบ 6E
1. ยืนยันปัญหา 2. ทำความเข้าใจ 3. วางแผน 4. ทดลอง 5. ปรับปรุงแผน 6. ประเมินผล	1. คิดหัวข้องาน 2. ศึกษาเอกสาร 3. ตั้งชื่องาน 4. ลงมือทำ 5. เขียนรายงาน 6. สรุปผลงาน	1. แบ่งหัวข้อ 2. ชี้แจงรายละเอียด 3. ทดสอบ RAT 4. อภิปราย 5. สะท้อนผล	1. สร้างความสนใจ 2. สำรวจและค้นหา 3. อธิบายและสรุป 4. ขยายความรู้ 5. ประเมิน	1. การสร้างความสนใจ 2. การสำรวจ 3. อธิบาย 4. วิศวกกรม 5. ปรับปรุง 6. ประเมินผล

3.11 กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม (Engineering Design Process)

เป็นขั้นตอนที่นำมาใช้ในดำเนินการเพื่อแก้ปัญหาหรือสนองความต้องการซึ่งกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมจะเริ่มโดยการระบุปัญหาที่พบแล้วกำหนดเป็นปัญหาที่ต้องการแก้ไข จากนั้นจึงค้นหาแนวคิดที่เกี่ยวข้องและวิเคราะห์เพื่อเลือกวิธีการที่เหมาะสมสำหรับการแก้ไข เมื่อได้วิธีการที่เหมาะสมแล้วจึงทำการวางแผนและพัฒนาสิ่งของเครื่องใช้หรือวิธีการเมื่อได้สร้างขึ้นงานหรือวิธีการเรียบร้อยแล้วจึงนำไปทดสอบถ้ามีข้อบกพร่องให้ทำการปรับปรุงแก้ไขเพื่อให้สิ่งของเครื่องใช้หรือวิธีการนั้นสามารถใช้แก้ไขปัญหาหรือสนองความต้องการได้และในตอนท้ายจะประเมินผลว่าสิ่งของเครื่องใช้หรือวิธีการนั้นสามารถใช้แก้ปัญหาหรือสนองความต้องการได้ตามที่กำหนดไว้หรือไม่

National Research Council (2012) ได้แบ่งกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมเป็น 6 ขั้นตอน ดังนี้

1) ขั้นระบุปัญหา (Problem Identification) เป็นการทำความเข้าใจปัญหาหรือความท้าทาย วิเคราะห์เงื่อนไขหรือข้อจำกัดของสถานการณ์ปัญหา เพื่อกำหนดขอบเขตของปัญหาซึ่งจะนำไปสู่การสร้างชิ้นงานหรือกระบวนการแก้ปัญหา

2) ขั้นรวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา (Related Information Search) เป็นการรวบรวมข้อมูลและแนวคิดทางวิทยาศาสตร์คณิตศาสตร์และเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับแนวทางการแก้ปัญหาและประเมินความเป็นไปได้ของการแก้ปัญหา

3) ขั้นออกแบบวิธีการแก้ปัญหา (Solution Design) เป็นการประยุกต์ใช้ข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องเพื่อใช้ในการออกแบบชิ้นงานหรือกระบวนการแก้ปัญหา โดยคำนึงถึงทรัพยากร ข้อจำกัดและเงื่อนไขตามสถานการณ์ที่กำหนด

4) ขั้นวางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา (Planning and Development) เป็นการกำหนดลำดับขั้นตอนของการสร้างชิ้นงานหรือวิธีการ จากนั้นลงมือสร้างชิ้นงานหรือพัฒนาวิธีการเพื่อใช้ในการแก้ปัญหา

5) ขั้นทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน (Testing, Evaluation and Design Improvement) เป็นการทดสอบและประเมินผลการใช้งานของชิ้นงานหรือวิธีการ โดยผลที่ได้จากการทดสอบนำมาใช้ในการปรับปรุงและพัฒนาชิ้นงานให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น

6) นำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหา (Presentation) เป็นการนำเสนอแนวคิดและขั้นตอนการแก้ปัญหาของการสร้างชิ้นงานหรือการพัฒนาวิธีการให้ผู้อื่นเข้าใจและได้ข้อเสนอแนะเพื่อการพัฒนาต่อไป

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2558) ได้ให้ขั้นตอนของกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมประกอบด้วย 6 ขั้นตอน ดังนี้

1) ขั้นระบุปัญหา (Problem Identification) เป็นขั้นตอนที่ผู้แก้ปัญหาทำความเข้าใจในสิ่งที่พบเป็นปัญหาในชีวิตประจำวันซึ่งสามารถใช้ทักษะการตั้งคำถามด้วยหลัก 5W1H เมื่อเกิดปัญหาหรือความต้องการคำถามจากหลัก 5W1H ซึ่งประกอบด้วย

- Who เป็นการตั้งคำถามที่เกี่ยวข้องกับบุคคลปัญหาหรือความต้องการ
- What เป็นการตั้งคำถามว่าอะไรคือปัญหาหรือความต้องการจากสถานการณ์นั้นๆ
- When เป็นการตั้งคำถามเกี่ยวกับปัญหาหรือความต้องการของสถานการณ์นั้นว่าจะเกิดขึ้นเมื่อใด
- Where เป็นการตั้งคำถามปัญหาหรือความต้องการของสถานการณ์นั้นว่าจะเกิดขึ้นที่ไหน
- Why เป็นการตั้งคำถามเพื่อวิเคราะห์สาเหตุว่าทำไมถึงเกิดปัญหาหรือความต้องการ

- How เป็นการตั้งคำถามเพื่อวิเคราะห์หาแนวทางหรือวิธีการแก้ปัญหานั้นว่าจะสามารถทำได้ด้วยวิธีการอย่างไร

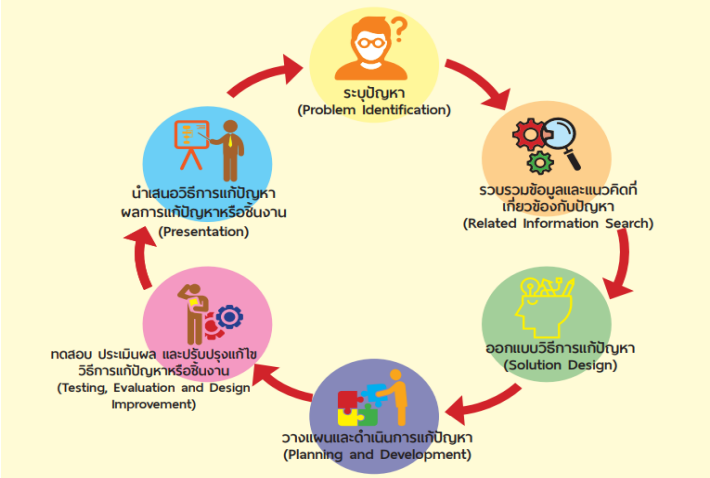
2) ขั้นรวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา (Related Information Search) ขั้นตอนนี้เป็นการรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับปัญหาหรือความต้องการเพื่อหาวิธีการที่หลากหลายสำหรับใช้ในการแก้ปัญหาหรือสนองความต้องการที่กำหนดไว้ในขั้นที่ 1 โดยการค้นหาและรวบรวมข้อมูลจากแหล่งข้อมูลต่าง ๆ เช่น สอบถามจากผู้รู้ สืบค้นหรือสำรวจจากสื่อและแหล่งเรียนรู้ต่าง ๆ ซึ่งการค้นหาแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหานี้จะเป็นการศึกษา องค์ความรู้ทั้งวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ รวมทั้งศาสตร์อื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง จากนั้นนำข้อมูลที่รวบรวมได้มาวิเคราะห์แล้วสรุปเป็นสารสนเทศและวิธีการแก้ปัญหาหรือสนองความต้องการ โดยวิธีการแก้ปัญหาหรือสนองความต้องการอาจมีได้มากกว่า หนึ่งวิธีจากนั้นจึงพิจารณาและเลือกวิธีการแก้ปัญหาหรือสนองความต้องการที่เหมาะสมและสอดคล้องกับปัญหาหรือความต้องการในประเด็นต่าง ๆ เช่น ข้อดี ข้อเสีย ความสอดคล้องและการนำไปใช้ได้จริงของวิธีการแต่ละวิธี ดังนั้นวิธีการที่จะถูกพิจารณาคัดเลือกจะอยู่ภายใต้กรอบของปัญหาหรือความต้องการ มาเป็นข้อมูลประกอบการตัดสินใจเลือก

3) ขั้นออกแบบวิธีการแก้ปัญหา (Solution Design) เป็นขั้นตอนของการออกแบบชิ้นงานหรือวิธีการโดยการประยุกต์ใช้ข้อมูลที่ได้จากการรวบรวมในขั้นที่ 2 ซึ่งขั้นตอนนี้จะช่วยสื่อสารแนวคิดของการแก้ปัญหาให้ผู้อื่นเข้าใจโดยผ่านวิธีการต่าง ๆ เช่น การร่างภาพ และการอธิบาย

4) วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา (Planning and Development) เป็นขั้นตอนการวางลำดับขั้นตอนการสร้างชิ้นงานหรือวิธีการ จากนั้นจึงลงมือสร้างหรือพัฒนาชิ้นงานหรือวิธีการเพื่อนำผลลัพธ์ที่ได้ไปใช้ในขั้นตอนต่อไป

5) ทดสอบ ประเมินผลและปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน (Testing, Evaluation and Design Improvement) เป็นขั้นตอนของการตรวจสอบและประเมินชิ้นงานวิธีการที่สร้างขึ้นว่าสามารถทำงานหรือใช้ในการแก้ปัญหาหรือสนองความต้องการได้หรือไม่มีข้อบกพร่องอย่างไรและควรปรับปรุงแก้ไขชิ้นงานหรือแบบจำลองวิธีการในส่วนใดควรปรับปรุงแก้ไขอย่างไรแล้วจึงดำเนินการปรับปรุงแก้ไขในส่วนนั้นจนได้ชิ้นงานวิธีการที่สอดคล้องตามรูปแบบที่ออกแบบไว้

6) ขั้นเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน (Presentation) เป็นขั้นตอนของการคิดวิธีการนำเสนอข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับชิ้นงานหรือวิธีการที่สร้างขึ้นมาเพื่อแก้ปัญหาหรือสนองความต้องการ



ภาพ 3 กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมจึงประกอบด้วย 6 ขั้นตอน

ที่มา : https://www.scimath.org/article-science/item/12485-1-2

จากการศึกษาการเรียนรู้โดยการออกแบบ 6E (The 6E Learning by Design) ข้างต้น ผู้วิจัยสรุปได้ว่า การเรียนรู้โดยการออกแบบ 6E ประกอบด้วย 6 ขั้นตอน คือ 1. ขั้นกระตุ้นความสนใจ เป็นขั้นกระตุ้นความสนใจของผู้เรียน เพื่อนำเข้าสู่บทเรียนและทบทวนความรู้เดิม 2. ขั้นสำรวจและค้นหา เป็นขั้นที่ผู้เรียนได้สืบเสาะแสวงหาความรู้ด้วยตนเอง 3. ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป เป็นขั้นตอนที่ผู้เรียนได้อธิบายและเชื่อมโยงความรู้จากขั้นสำรวจและค้นหา 4. ขั้นการออกแบบเชิงวิศวกรรม เป็นขั้นที่ผู้เรียนนำความรู้มาบูรณาการเพื่อสร้างสรรค์ออกมาเป็นชิ้นงาน 5. ขั้นปรับปรุง เป็นขั้นที่ผู้เรียนได้ตรวจสอบวิเคราะห์จุดเด่น จุดด้อยและแก้ไขปัญหาของชิ้นงาน 6. ขั้นประเมิน เป็นขั้นที่ครูและผู้เรียนร่วมกันประเมินตรวจสอบความรู้ความเข้าใจจากการเรียน

จากการศึกษารูปแบบการเรียนรู้สอดคล้องกับแนวคิดสตีมศึกษา ข้างต้น ผู้วิจัยสรุปได้ว่า รูปแบบการเรียนรู้สอดคล้องกับแนวคิดสตีมศึกษา มีหลายรูปแบบแต่รูปแบบที่นิยมนำมาใช้ในการจัดการศึกษามีทั้งหมด 5 รูปแบบ ประกอบด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน (Problem-based Learning) ซึ่งเป็นการจัดการเรียนรู้ที่ท้าทายการคิดของนักเรียนโดยนำปัญหามาใช้เป็นสิ่งกระตุ้นเพื่อให้นักเรียนได้คิดออกแบบหาวิธีการแก้ไขปัญหา และได้ลงมือปฏิบัติกิจกรรมต่าง ๆ การจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐาน (Project-based Learning) เป็นการจัดการเรียนรู้โดยนักเรียนทำโครงงานตามความสนใจมีครูเป็นผู้คอยกระตุ้น จัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบทำงานกลุ่ม มีผลงานที่เป็นรูปธรรมเกิดขึ้น การจัดการเรียนรู้โดยใช้ทีมเป็นฐาน (Team-based Learning) เป็นการจัดการเรียนรู้ที่มุ่งให้เกิดปฏิสัมพันธ์กันภายในกลุ่มเพื่อให้นักเรียนเกิดความกระตือรือร้นในการเรียน การเรียนรู้โดยใช้การสืบเสาะเป็นฐาน (Inquiry based Learning) เป็นการสอนโดยกระตุ้นให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ผ่านกระบวนการทางวิทยาศาสตร์โดยนักเรียนได้ลงมือสืบเสาะแสวงหาความรู้ด้วยตนเอง มีครูเป็นผู้อำนวยความสะดวกในการเรียนรู้ เป็นการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่มีนักเรียนเป็น

ศูนย์กลาง การจัดการเรียนรู้โดยการออกแบบ 6E (The 6E Learning by Design) เป็นการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นศูนย์กลางในการออกแบบและสร้างสรรค์ชิ้นงาน โดยมีการบูรณาการกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม (Engineering) เข้ากับการจัดการเรียนรู้สืบเสาะแบบ 5E เพื่อส่งเสริมการออกแบบสร้างสรรค์ชิ้นงาน หรือผลิตนวัตกรรมที่นำมาใช้แก้ไขปัญหาจากการดำเนินชีวิตประจำวัน ในการศึกษาครั้งนี้ผู้วิจัยได้เลือกใช้รูปแบบการเรียนรู้ที่สอดคล้องกับแนวคิดสตีมศึกษา คือ รูปแบบการเรียนรู้โดยใช้การจัดการเรียนรู้โดยการออกแบบ 6E (The 6E Learning by Design) ของ (Burke, 2014) ซึ่งมีกระบวนการจัดการเรียนรู้ 6 ขั้น ดังนี้

ขั้นที่ 1 สร้างความสนใจ (Engage) เป็นขั้นที่มีการกระตุ้นความสนใจของนักเรียนโดยใช้สถานการณ์หรือปัญหาที่พบในการดำเนินชีวิตจริง เพื่อนำไปออกแบบและสร้างสรรค์นวัตกรรมเพื่อแก้ไขปัญหา

ขั้นที่ 2 สำรวจ (Explore) เป็นขั้นที่มีการใช้กระบวนการสืบเสาะเพื่อค้นหาหลักการความรู้ คุณลักษณะต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบและสร้างสรรค์ชิ้นงาน

ขั้นที่ 3 อธิบาย (Explain) เป็นขั้นการนำเสนอข้อค้นพบที่ได้จากการสืบเสาะในขั้นสำรวจ โดยนำมาอภิปรายร่วมกันกับเพื่อนในชั้นเรียน เพื่อกำหนดกรอบแนวคิดที่ชัดเจนก่อนนำไปออกแบบและสร้างสรรค์ชิ้นงาน

ขั้นที่ 4 วิศวกรรม (Engineer) เป็นขั้นที่ต้องนำความรู้ที่ได้จากการเรียนรู้ในขั้นก่อนหน้านี้มาใช้ในการออกแบบและสร้างสรรค์ชิ้นงาน แบ่งออกเป็น 6 ขั้นตอน ดังนี้

1) ขั้นระบุปัญหา (Problem Identification)

2) ขั้นรวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา (Related Information Search)

3) ขั้นออกแบบวิธีการแก้ปัญหา (Solution Design)

4) วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา (Planning and Development)

5) ทดสอบ ประเมินผลและปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน (Testing, Evaluation and Design Improvement)

6) ขั้นเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน (Presentation)

ขั้นที่ 5 ปรับปรุง (Enrich) เป็นขั้นที่มีการทดสอบประสิทธิภาพการทำงานของชิ้นงานเพื่อค้นหาจุดบกพร่อง และข้อผิดพลาด เพื่อนำไปแก้ไขพัฒนางานให้ดีขึ้นหรือออกแบบใหม่

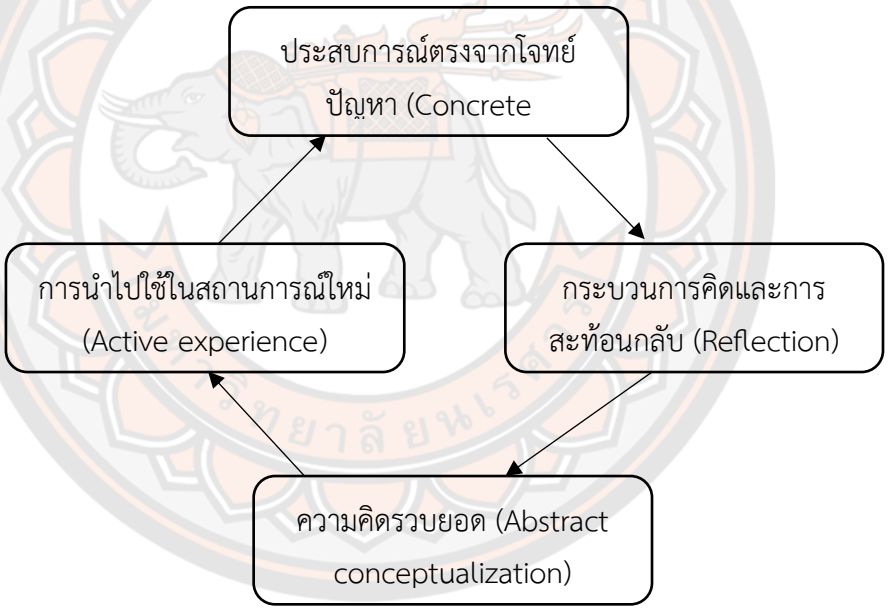
ขั้นที่ 6 ประเมินผล (Evaluate) เป็นขั้นที่มีการร่วมกันประเมินชิ้นงานที่ปรับปรุงใหม่เพื่อให้ทราบว่าผู้เรียนได้เกิดการเรียนรู้มากน้อยเพียงใด

4. การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน

4.1 แนวคิดและทฤษฎีการเรียนรู้ที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน

แนวคิดและทฤษฎีที่เป็นพื้นฐานของการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานมีหลายแนวคิด โดยนักการศึกษาหลายท่านเสนอแนวคิดและทฤษฎีการเรียนรู้ต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน ดังนี้

อานุภาพ เลขะกุล (ม.ป.ป., หน้า 2-4) กล่าวถึงแนวคิดในการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานเป็นการจัดการเรียนรู้จากประสบการณ์ (Experiential learning) โดยเริ่มจากการได้ประสบการณ์ตรงจากโจทย์ปัญหา (Concrete experience) ผ่านกระบวนการคิดและการสะท้อนกลับ (Reflection) นำไปสู่ความรู้และความคิดรวบยอด (Abstract conceptualization) อันจะนำไปใช้ในสถานการณ์ใหม่ (Active experience) ต่อไป



ภาพ 4 แนวคิดการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน

ที่มา **:** อานุภาพ เลขะกุล (ม.ป.ป., หน้า 3)

ซึ่งจะสอดคล้องกับแนวคิดการเรียนรู้แบบผู้ใหญ่ (Adult learning) ซึ่งผู้เรียนจะกำหนดวัตถุประสงค์การเรียนรู้ของตนเอง เรียนรู้เมื่อสิ่งนั้นมีความหมายหรือนำไปใช้ได้ (เนื่องจากโจทย์ปัญหาจะถูกใช้เป็นบริบทของการเรียนรู้) เรียนรู้ในสิ่งที่จำเป็นสำหรับใช้แก้ปัญหามากกว่าจะเรียนเพื่อท่องจำเรียนรู้ตามความถนัดและศักยภาพของตนเอง และสามารถประเมินตนเองเกี่ยวกับกระบวนการเรียนรู้และสิ่งที่เรียนรู้ได้และการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานยังเป็นการตอบสนองต่อ

แนวคิด Constructivism โดยให้ผู้เรียนวิเคราะห์หรือตั้งคำถามจากโจทย์ปัญหาผ่านกระบวนการคิดและสะท้อนกลับ เน้นปฏิสัมพันธ์ระหว่างผู้เรียนในกลุ่ม เน้นการเรียนแบบกระตือรือร้น (Active learning) และการเรียนรู้แบบร่วมมือ (Collaborative learning) นำไปสู่การค้นคว้าหาคำตอบหรือสร้างความรู้ใหม่บนฐานความรู้เดิมที่ผู้เรียนมีมาก่อนหน้านี้

นอกจากนี้การเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานยังเป็นการสร้างเงื่อนไขสำคัญที่ส่งเสริมการเรียนรู้ ได้แก่ 1) การเรียนรู้สิ่งใหม่จะได้ผลดีขึ้น (Activation of prior knowledge) ถ้าได้มีการเชื่อมโยงหรือกระตุ้นความรู้เดิมที่ผู้เรียนมีอยู่ 2) การเรียนรู้เนื้อหาที่ใกล้เคียงสถานการณ์จริงหรือมีประสบการณ์ตรง (Encoding specificity) จะทำให้ผู้เรียนเรียนรู้ได้ดีขึ้น และ 3) การสร้างองค์ความรู้ (Elaboration of knowledge) เนื่องจากการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานเป็นการเรียนกลุ่มย่อยการได้แสดงออก แสดงความคิดเห็นหรืออภิปราย ถกเถียงกันจะทำให้ผู้เรียนเข้าใจและเรียนรู้ สิ่งนั้นได้ดีขึ้น ซึ่งจะเกิดการสร้างองค์ความรู้ขึ้นและจดจำได้นานขึ้น

ไพศาล สุวรรณน้อย (2557, หน้า 3) การเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานเป็นรูปแบบการเรียนรู้ที่เกิดขึ้นจากแนวคิดตามทฤษฎีการเรียนรู้แบบสร้างสรรค์นิยม (Constructivism) โดยให้ผู้เรียนสร้างความรู้ใหม่จากการใช้ปัญหาที่เกิดขึ้นจริงในโลกเป็นบริบทของการเรียนรู้ (Learning Context) เพื่อให้ผู้เรียนเกิดทักษะในการคิดวิเคราะห์ การคิดอย่างมีวิจารณญาณแก้ปัญหา รวมทั้งได้ความรู้ตามศาสตร์ในสาขาวิชาที่ตนศึกษาไปพร้อมกันด้วยการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานจึงเป็นผลมาจากกระบวนการทำงานที่ต้องอาศัยความเข้าใจและการแก้ไขปัญหาเป็นหลัก ถ้ามองในแง่ของยุทธศาสตร์การสอน เป็นเทคนิคการสอนที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนได้ลงมือ ปฏิบัติด้วยตนเอง เผชิญหน้ากับปัญหาด้วยตนเอง จะทำให้ผู้เรียนได้ฝึกทักษะในการคิดหลายรูปแบบ เช่น การคิดอย่างมีวิจารณญาณ คิดวิเคราะห์ คิดสังเคราะห์ คิดสร้างสรรค์ เป็นต้น

จากการศึกษาแนวคิดและทฤษฎีการเรียนรู้ที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน ข้างต้น ผู้วิจัยสรุปได้ว่า การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานมาจากแนวคิดตามทฤษฎีการเรียนรู้แบบสร้างสรรค์นิยม (Constructivism) เป็นทฤษฎีที่เน้นให้ผู้เรียนสร้างความรู้ใหม่จากปัญหาที่เกิดขึ้นจริง ผู้เรียนจะกำหนดวัตถุประสงค์การเรียนรู้ของตนเอง เน้นการมีปฏิสัมพันธ์ระหว่างผู้เรียนในกลุ่ม มีการเรียนรู้แบบร่วมมือ นำไปสู่การค้นคว้าหาคำตอบหรือสร้างความรู้ใหม่

4.2 ความหมายของการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน

นักวิชาการหลายท่านได้ให้ความหมายของการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน (Problem-Based Learning หรือ PBL) มีดังนี้

สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา (2550, หน้า 1) ให้ความหมายการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานว่าเป็นการจัดการเรียนรู้ที่เริ่มต้นจากปัญหาที่เกิดขึ้น ใช้กระบวนการทำงานกลุ่มเพื่อแก้ปัญหาหรือสถานการณ์ที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวันหรือเป็นเรื่องที่มีความสำคัญต่อผู้เรียน

ตัวปัญหาจะเป็นจุดเริ่มต้นของกระบวนการเรียนรู้และเป็นตัวกระตุ้นการพัฒนาทักษะการแก้ปัญหาด้วยเหตุผลและการสืบค้นข้อมูลเพื่อเข้าใจกลไกของตัวปัญหา รวมทั้งวิธีการแก้ปัญหาเป็นการเรียนรู้ที่มุ่งเน้นพัฒนาผู้เรียนในด้านทักษะและกระบวนการเรียนรู้ และพัฒนาผู้เรียนให้สามารถเรียนรู้โดยการชี้นำตนเอง ซึ่งผู้เรียนจะได้ฝึกฝนการสร้างองค์ความรู้โดยผ่านกระบวนการ คิดด้วยการแก้ปัญหาอย่างมีความหมายต่อผู้เรียน

พรจิต ประทุมสุวรรณ (2553, หน้า 4) ให้ความหมายการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน คือ กระบวนการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นตัวกระตุ้นให้ผู้เรียนตั้งสมมติฐาน สาเหตุและกลไกของการเกิดปัญหานั้น ค้นคว้าความรู้พื้นฐานที่เกี่ยวข้องกับปัญหา เพื่อจะนำไปสู่การแก้ปัญหาต่อไป

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) (2555, หน้า 406) ให้ความหมายการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานว่าเป็นรูปแบบการจัดการเรียนรู้ซึ่งใช้สถานการณ์ปัญหาเป็นตัวกระตุ้นให้นักเรียนเกิดความต้องการที่จะใฝ่หาความรู้และหาวิธีการที่หลากหลายเพื่อแก้ปัญหา โดยเน้นนักเรียนเป็นผู้ตัดสินใจในสิ่งที่ต้องการแสวงหาความรู้

สุคนธ์ สินทพานนท์ (2558, หน้า 88) ให้ความหมายการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานว่าเป็นรูปแบบการเรียนรู้ที่ใช้ปัญหาเป็นเครื่องมือ กระตุ้นผู้เรียนให้มีความสนใจใคร่รู้และต้องการศึกษาค้นคว้าข้อมูลเพื่อนำไปสู่การแก้ปัญหา ซึ่งผู้สอนจัดสภาพการณ์ให้ผู้เรียนได้เผชิญปัญหา วิเคราะห์และแก้ปัญหา เพื่อให้ผู้เรียนเกิดความเข้าใจปัญหาอย่างชัดเจนและสามารถใช้ ทักษะกระบวนการที่จะนำไปสู่การแก้ปัญหาได้

ทิศนา แขมมณี (2561) ได้นิยามความหมายของการจัดการเรียนการสอนโดยใช้ปัญหาเป็นหลักว่าเป็นการจัดบรรยากาศในการเรียนการสอนที่ใช้ปัญหามาเป็นเครื่องมือช่วยให้เกิดการเรียนรู้ตามจุดประสงค์ที่ตั้งไว้ โดยครูอาจให้ผู้เรียนได้เผชิญกับสถานการณ์จริงหรือเป็นสถานการณ์ที่จัดขึ้นมีการฝึกการวิเคราะห์และแก้ปัญหาเป็นกลุ่ม ทำให้ผู้เรียนเข้าใจปัญหา รู้จักวิธีการแก้ปัญหาที่หลากหลาย นอกจากนี้ยังเป็นการส่งเสริมให้ผู้เรียนมีความใฝ่รู้ มีทักษะกระบวนการคิดและทักษะกระบวนการแก้ปัญหาอีกด้วย

Barrows (2000, p.18) ให้ความหมายการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานว่าเป็นรูปแบบการเรียนการสอนที่มุ่งสร้างความเข้าใจและเป็นการหาแนวทางแก้ปัญหา โดยปัญหาจะเป็นจุดตั้งต้นของกระบวนการเรียนรู้ปัญหาจะเป็นตัวกระตุ้นในการพัฒนาทักษะการแก้ปัญหาด้วยเหตุผลและมีการสืบค้นข้อมูลที่ต้องการเพื่อสร้างความเข้าใจกลไกของตัวปัญหารวมทั้งหาวิธีแก้ปัญหา

จากการศึกษาความหมายของการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน ข้างต้น ผู้วิจัยสรุปได้ว่า การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน เป็นรูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่เกี่ยวข้องกับชีวิตจริงโดยใช้ปัญหาเป็นตัวกระตุ้น เป็นจุดเริ่มต้นของกระบวนการเรียนรู้ ให้นักเรียนคิดวิเคราะห์ปัญหาให้

เข้าใจอย่างชัดเจน มีการค้นคว้าหาความรู้เพิ่มเติมเพื่อเป็นข้อมูลในการตัดสินใจเลือกแนวทางแก้ปัญหาที่เหมาะสม โดยใช้กระบวนการกลุ่ม

4.3 ขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน

ชัยวัฒน์ สุทธิรัตน์ (2554, หน้า 337) ได้เสนอขั้นตอนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน มี 7 ขั้นตอน ดังนี้

1. เตรียมปัญหา จัดเตรียมปัญหาสำหรับการเรียนให้สอดคล้องกับสาระการเรียนรู้ด้านเนื้อหาและกระบวนการที่ต้องการ

2. สร้างความเชื่อมโยงสู่ปัญหา เพื่อทำให้นักเรียนมีความรู้สึกว่าปัญหามีความสำคัญและน่าสนใจ โดยใช้การอภิปรายที่เชื่อมโยงกับประสบการณ์เดิม การใช้คำถามที่กระตุ้นประสบการณ์เดิม

3. สร้างกรอบของการศึกษา กำหนดขอบเขตที่ชัดเจนที่จะนำไปสู่การศึกษาค้นคว้าอย่างเป็นรูปธรรม โดยการระดมสมอง การเขียนตารางแสดงแนวคิดเกี่ยวกับการแก้ปัญหา ข้อเท็จจริงเกี่ยวกับปัญหา รู้ประเด็นที่จะต้องศึกษาค้นคว้าเพิ่มเติม และรู้วิธีการศึกษาค้นคว้า

4. ศึกษาค้นคว้ากลุ่มย่อย เป็นการรวบรวมข้อมูลที่ใช้ในการตัดสินใจ แก้ปัญหาตามที่กำหนดไว้ในกรอบการศึกษา

5. ตัดสินใจหาทางแก้ปัญหา โดยการประเมินความเป็นไปได้ ความเหมาะสมของแนวคิด เกี่ยวกับการแก้ปัญหา พิจารณาจากข้อมูลที่ได้จากการศึกษาค้นคว้า และตัดสินใจเลือกวิธีการที่จะใช้ในการแก้ปัญหา ซึ่งใช้การอภิปรายถึงข้อดี ข้อเสีย จุดเด่น จุดด้อยของวิธีแก้ปัญหาแต่ละวิธี

6. สร้างผลงาน ดำเนินการสร้างชิ้นงานหรือดำเนินการแก้ปัญหาตามแนวทางที่กำหนด

7. ประเมินผลการเรียนรู้ เป็นการประเมินด้านเนื้อหาและกระบวนการหรือทักษะต่าง ๆ ซึ่งเชื่อมโยงกับเรื่องที่เกี่ยวข้อง

สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา (2550, หน้า 6-8) ได้นำเสนอขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานไว้ ทั้งหมด 6 ขั้นตอน ดังนี้

1. ขั้นกำหนดปัญหา เป็นขั้นที่ผู้สอนจัดสถานการณ์ต่าง ๆ กระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดความสนใจและมองเห็นปัญหาสามารถกำหนดสิ่งที่เป็นปัญหาที่ผู้เรียนอยากรู้อยากเรียนได้และเกิดความสนใจที่จะค้นหาคำตอบ

2. ขั้นทำความเข้าใจกับปัญหา ผู้เรียนจะต้องทำความเข้าใจปัญหาที่ต้องการเรียนรู้ซึ่งจะต้องสามารถอธิบายสิ่งต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับปัญหาได้

3. ขั้นดำเนินการศึกษาค้นคว้า ผู้เรียนกำหนดสิ่งที่ต้องเรียน ดำเนินการศึกษาค้นคว้าด้วยตนเองด้วยวิธีการหลากหลาย

4. ขั้นสังเคราะห์ความรู้ เป็นขั้นที่ผู้เรียนนำความรู้ที่ได้ค้นคว้ามาแลกเปลี่ยนเรียนรู้ร่วมกันอภิปรายผลและสังเคราะห์ความรู้ที่ได้มาว่ามีความเหมาะสมหรือไม่เพียงใด

5. ขั้นสรุปและประเมินค่าของคำตอบ เป็นขั้นที่ผู้เรียนแต่ละกลุ่มสรุปผลงานของกลุ่มตนเอง และประมินผลงานว่าข้อมูลที่ศึกษาค้นคว้ามีความเหมาะสมหรือไม่เพียงใด โดยพยายามตรวจสอบแนวคิดภายในกลุ่มของตนเองอย่างอิสระทุกกลุ่มช่วยกันสรุปองค์ความรู้ในภาพรวมของปัญหาอีกครั้ง

6. ขั้นนำเสนอและประเมินผลงาน เป็นขั้นที่ผู้เรียนนำข้อมูลที่ได้มาจัดระบบองค์ความรู้ และนำเสนอเป็นผลงานในรูปแบบที่หลากหลาย ผู้เรียนทุกกลุ่มรวมทั้งผู้ที่เกี่ยวข้องกับปัญหาร่วมกันประเมินผลงาน

ภาพ 5 ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน

ที่มา : สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา (2550, หน้า 7)

Gallagher (1997, p.336) ได้นำเสนอขั้นตอนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน ว่ามี 3 ขั้นตอน ดังนี้

1. ขั้นเข้าสู่ปัญหาและนิยามปัญหา (Encountering and Defining the Problem) ผู้เรียนจะได้รับสถานการณ์ที่เกี่ยวข้องกับปัญหาจริงให้อ่านวิเคราะห์ ทำความเข้าใจกับสถานการณ์ที่เป็นปัญหานั้น หรือให้ดูจากภาพ ดูวีดิทัศน์ที่เป็นสถานการณ์จริง โดยอาจตั้งคำถามให้นักเรียนถามตัวเองว่ารู้อะไรบ้างเกี่ยวกับปัญหาหรือคำถามนี้ จำเป็นต้องรู้อะไรบ้างเพื่อจะได้แก้ปัญหานี้ต้องใช้ข้อมูลหรือสื่อการเรียนรู้อะไรบ้าง เพื่อจะได้แนวทางการแก้ปัญหาหรือสมมติฐาน

2. ขั้นหาข้อมูลและรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้อง (Data Collection) ประเมินข้อมูลและนำไปใช้เมื่อผู้เรียนรู้ปัญหาที่ชัดเจนจากขั้นที่ 1 ผู้เรียนจะต้องศึกษาข้อมูลต่าง ๆ หรือสื่อต่าง ๆ ที่ต้องใช้ ซึ่งข้อมูลและสื่อต่าง ๆ ต้องมีการประเมินความถูกต้อง ความเหมาะสม ความคุ้มค่าก่อนนำไปใช้แก้ปัญหา

3. ขั้นสังเคราะห์ข้อมูลและปฏิบัติ (Synthesis and Performance) เป็นขั้นที่ผู้เรียนสร้าง หรือกำหนดแนวทางการแก้ปัญหา อาจมีการสร้างสื่อประกอบหรือจัดการกับสาระความรู้ใหม่ ซึ่งแตกต่างจากการทำรายงานธรรมดา แต่เป็นการนำเสนอแนวทางการแก้ปัญหาที่ชัดเจน และดำเนินการแก้ปัญหา สรุปผลหรือหลักการทั่วไปที่ได้จากการแก้ปัญหาและนำเสนอผลการเรียนรู้ในชั้นเรียน

จากการศึกษาขั้นตอนจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน ข้างต้น ผู้วิจัยสรุปได้ว่า ขั้นตอนจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน เริ่มต้นจากการกำหนดปัญหาโดยครูผู้สอนเป็นผู้เตรียมสถานการณ์ปัญหา และให้นักเรียนทำความเข้าใจกับปัญหา แล้วดำเนินการศึกษาหรือหาข้อมูลที่เกี่ยวข้อง นำข้อมูลมาสังเคราะห์ความรู้และตัดสินใจหาทางแก้ปัญหา สรุปและประเมินค่าของคำตอบ จากนั้นนำเสนอเป็นผลงานในรูปแบบที่หลากหลายและร่วมกันประเมินผลงาน

4.4 ลักษณะสำคัญของการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน

สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา (2550, หน้า 2-3) สรุปถึงลักษณะสำคัญของการจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐาน มีดังนี้

1. ต้องมีสถานการณ์ที่เป็นปัญหาและเริ่มต้นการจัดกระบวนการเรียนรู้ด้วยการใช้ปัญหาเป็นตัวกระตุ้นให้เกิดกระบวนการเรียนรู้

2. ปัญหาที่นำมาใช้ในการจัดกระบวนการเรียนรู้ ควรเป็นปัญหาที่เกิดขึ้นพบเห็นได้ในชีวิตจริงของผู้เรียนหรือมีโอกาสที่จะเกิดขึ้นจริง

3. ผู้เรียนเรียนรู้ด้วยการนำตนเอง ค้นหาและแสวงหาความรู้ คำตอบด้วยตนเอง ดังนั้น ผู้เรียนจึงต้องวางแผนการเรียนด้วยตนเอง บริหารเวลาเอง คัดเลือก วิธีการเรียนรู้และประสบการณ์การเรียนรู้ รวมทั้งประเมินผลการเรียนรู้ด้วยตนเอง

4. ผู้เรียนเรียนรู้เป็นกลุ่มย่อย เพื่อประโยชน์ในการค้นหาความรู้หรือข้อมูลร่วมกันเป็นการพัฒนาทักษะการแก้ปัญหาด้วยเหตุผล ส่งผลให้ผู้เรียนมีทักษะในการรับส่งข้อมูล เรียนรู้เกี่ยวกับความแตกต่างระหว่างบุคคลและฝึกการจัดระบบตนเองเพื่อพัฒนาความสามารถในการทำงานร่วมกันเป็นทีม ความรู้หรือคำตอบที่ได้มีความหลากหลาย องค์ความรู้จะผ่านการวิเคราะห์โดยผู้เรียนมีการสังเคราะห์และตัดสินใจร่วมกัน

5. การเรียนรู้มีลักษณะการบูรณาการความรู้และบูรณาการทักษะกระบวนการต่าง ๆ เพื่อให้ผู้เรียนได้รับความรู้และคำตอบที่กระจ่างชัด

6. ความรู้ที่เกิดขึ้นจากการเรียนรู้จะได้มาภายหลัง จากผ่านกระบวนการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานแล้วเท่านั้น

7. การประเมินผลเป็นการประเมินผลจากสภาพจริง โดยพิจารณาจากการปฏิบัติงานและความก้าวหน้าของผู้เรียน

พรจิต ประทุมสุวรรณ (2553, หน้า 4) กล่าวถึงการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานมีลักษณะที่สำคัญ ดังนี้

1. เรียนรู้ความรู้พื้นฐานที่เกี่ยวข้องกับปัญหานั้น ๆ โดยเน้นกระบวนการคิดอย่างมีเหตุผลและเป็นระบบ

2. เนื้อหาวิชาจะเป็นลักษณะของการบูรณาการ โดยผสมผสานเนื้อหาของหลายๆ วิชาเข้าด้วยกันเพื่อที่จะอธิบายปัญหาที่เกิดขึ้น

3. เรียนเป็นกลุ่มย่อยโดยมีผู้ช่วยสอน เป็นผู้สนับสนุนและกระตุ้นนักเรียน โดยต้องร่วมกันสร้างบรรยากาศที่ส่งเสริมการเรียนรู้ให้เกิดขึ้นภายในกลุ่ม

4. การเรียนรู้และค้นคว้าหาความรู้ตามวัตถุประสงค์ที่ตนเองหรือกลุ่มตั้งไว้

วัชรา เล่าเรียนดี และคณะ (2560, หน้า 126) กล่าวถึงลักษณะที่สำคัญของการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน เป็นรูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญที่ช่วยส่งเสริมและพัฒนาทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา เป็นวิธีการเรียนรู้อย่างมีความหมาย โดยจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ใช้ปัญหาเป็นหลัก เพื่อกระตุ้น จูงใจ เร้าความสนใจให้เกิดการเรียนรู้ และสร้างความรู้ด้วยตนเอง สามารถผสมผสานความรู้นั้นไปประยุกต์ใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพที่สำคัญการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานจะส่งเสริมการเรียนรู้อย่างกระตือรือร้นของนักเรียน ซึ่งสรุปเป็นลักษณะสำคัญ ได้ดังนี้

1. เป็นการจัดการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ

2. การเรียนรู้เกิดขึ้นจากการร่วมมือกันของนักเรียนเป็นกลุ่มเล็กๆ

3. ครูคือผู้คอยแนะนำสนับสนุน นักเรียนคือผู้ที่มองเห็นปัญหาแก้ปัญหาด้วยตนเอง

4. ปัญหาจะเป็นสิ่งที่ช่วยกำหนดกรอบแนวคิดหรือกำหนดจุดเริ่มต้นและกระตุ้นการเรียนรู้

5. ปัญหาคือสิ่งที่จะนำไปสู่การพัฒนาทักษะการแก้ปัญหา

6. ความรู้ใหม่จะเกิดขึ้นโดยการเรียนรู้ด้วยตนเอง

7. เป็นยุทธวิธีการเรียนรู้ที่ช่วยส่งเสริมและพัฒนาทักษะการคิด

Barrows (2000, p.5-6) กล่าวถึงลักษณะสำคัญของการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน มีดังนี้

1. เป็นการเรียนรู้ที่ยึดผู้เรียนเป็นศูนย์กลางโดยผู้สอนเป็นเพียงผู้แนะนำ ผู้เรียนจะต้องรับผิดชอบการเรียนของตนเอง ซึ่งผู้เรียนอาจจะแสวงหาความรู้ได้จากแหล่งที่จะให้ข้อมูลข่าวสารต่าง ๆ เช่น สถานการณ์จริง สถานที่จริง จากรายการโทรทัศน์ บทความในหนังสือพิมพ์ หนังสือ วารสาร หรือแหล่งข้อมูลอื่นๆ

2. เป็นการเรียนโดยกลุ่มย่อย กลุ่มละประมาณ 5-8 คน

3. ผู้สอนเป็นผู้แนะนำแนวทางให้ผู้เรียน โดยการใช้คำถามเป็นตัวกระตุ้นให้ผู้เรียนถามตนเองและจัดการแก้ปัญหาด้วยตนเอง

4. รูปแบบของปัญหามุ่งเน้นให้มีการรวบรวมข้อมูลและกระตุ้นการเรียนรู้ โดยปัญหาที่น่ามาให้ผู้เรียนนั้นต้องเป็นสิ่งที่ท้าทายและปฏิบัติได้จริง ตรงประเด็น กระตุ้นการเรียนรู้ ให้หาทางแก้ปัญหา

5. ปัญหาต้องเหมาะสมสำหรับการพัฒนาทักษะการแก้ปัญหา เป็นปัญหาที่คำตอบมีลักษณะที่ซับซ้อน มองได้หลายมุมมอง

6. ผู้เรียนได้ความรู้ใหม่โดยผ่านการเรียนรู้ด้วยตนเอง การมีส่วนร่วมในการเรียนรู้อย่างแท้จริง มีการทำงานร่วมกับบุคคลอื่น และมีการอภิปราย เปรียบเทียบ ทบทวน โต้แย้งสิ่งที่เรียนเพื่อให้ได้มาซึ่งความรู้อย่างแท้จริง

จากการศึกษา ลักษณะสำคัญของการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน ข้างต้น ผู้วิจัยสรุปได้ว่า การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน เป็นรูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ สามารถช่วยพัฒนาให้นักเรียนเรียนรู้โดยสร้างองค์ความรู้โดยผ่านกระบวนการคิด พัฒนาความรู้ พัฒนาทักษะต่าง ๆ ใช้ปัญหาเป็นเครื่องมือกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดความต้องการที่จะศึกษาค้นคว้าหาคำตอบ โดยใช้กระบวนการแก้ปัญหาด้วยตนเอง โดยมีครูเป็นผู้ให้การสนับสนุนและอำนวยความสะดวกในการเรียนรู้ได้สมรรถภาพที่ต้องการ

4.5 ลักษณะปัญหาที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน

สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา (2550, หน้า 3-4) กล่าวถึงลักษณะของปัญหาที่ใช้ในการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐาน ดังนี้

1. เกิดจากประสบการณ์ของผู้เรียนหรือผู้เรียนอาจมีโอกาสเผชิญกับปัญหานั้น

2. เป็นปัญหาที่พบบ่อย มีความสำคัญ มีข้อมูลประกอบเพียงพอสำหรับการค้นคว้า

3. เป็นปัญหาที่ยังไม่มีคำตอบชัดเจน คลุมเครือ หรือผู้เรียนเกิดความสงสัย

4. ปัญหาที่เป็นประเด็นขัดแย้ง ข้อถกเถียงในสังคม ยังไม่มีข้อยุติ

5 เป็นปัญหาอยู่ในความสนใจ เป็นสิ่งที่อยากรู้ แต่ไม่รู้

6 ปัญหาที่สร้างความเดือดร้อน เสียหาย เกิดโทษภัยและเป็นสิ่งไม่ดี หากใช้ข้อมูลโดยลำพังคนเดียวอาจทำให้ตอบปัญหาผิดพลาด

7. เป็นปัญหาที่มีการยอมรับว่าจริง ถูกต้อง แต่ผู้เรียนไม่เชื่อว่าจริงไม่สอดคล้องกับความ คิดของผู้เรียน

8. เป็นปัญหาที่อาจมีคำตอบหรือมีแนวทางในการแสวงหาคำตอบได้หลากหลายทาง ครอบคลุมการเรียนรู้ที่กว้างขวางหลายเนื้อหา

9. เป็นปัญหาที่มีความยากความง่าย เหมาะสมกับพื้นฐานของผู้เรียน

10. เป็นปัญหาที่ไม่สามารถหาคำตอบได้ทันที ต้องการการสำรวจค้นคว้าและการรวบรวมข้อมูลหรือทดลองดูก่อน จึงจะได้คำตอบไม่สามารถที่จะคาดเดาหรือทำนายได้ง่าย ๆ ว่าต้องใช้ความรู้อะไร ยุทธวิธีในการสืบเสาะหาความรู้จะเป็นอย่างไรหรือคำตอบหรือผลของความรู้เป็นอย่างไร

11. เป็นปัญหาส่งเสริมความรู้ด้านเนื้อหาทักษะ สอดคล้องกับหลักสูตรการศึกษา

Barrows (2000, p.7) ได้กล่าวถึงลักษณะของปัญหาที่นำมาใช้ในการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน มีดังนี้

1. เป็นปัญหาที่ยากมีความซับซ้อน

2. เป็นปัญหาที่ต้องมีการสืบสวนค้นคว้า รวบรวมข้อมูลมาใช้เพื่อแก้ปัญหา

3. เป็นปัญหาที่ไม่สามารถหาคำตอบได้ง่าย

4. เป็นปัญหาที่มีวิธีหาคำตอบได้หลายวิธี

Barell (1998, p.10) กล่าวถึงลักษณะปัญหาที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน ควรมีลักษณะ ดังนี้

1. เป็นปัญหาจริง เกิดขึ้นจริงในปัจจุบัน มีการแก้ปัญหามาก่อน หรือมีวิธีแก้ไขไม่ได้หรือยังไม่มีใครคิดแก้ปัญหามาก่อน

2. เป็นปัญหาที่มีแนวโน้มจะเกิดขึ้นจริงแน่นอน และยังไม่มีใครคิดหาหนทางป้องกันมาก่อนหรือยังทำไม่สำเร็จ เพื่อเตรียมป้องกันผลเสียที่จะเกิดขึ้นต่อระดับความรุนแรงของปัญหา

3. เป็นปัญหาจริงในเนื้อหาวิชาที่จำเป็นต้องมีการสืบเสาะแสวงหาคำตอบต่างๆ เพิ่มเติม ด้วยตนเอง เพื่อประโยชน์ในการเรียนรู้ที่มีความหมายมากที่สุดสำหรับผู้เรียน

จากการศึกษาลักษณะปัญหาที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน ข้างต้น ผู้วิจัยสรุปได้ว่า ลักษณะของปัญหาที่นำมาใช้ควรเป็นปัญหาที่สำคัญ เกิดขึ้นจริง นักเรียนมีความสนใจที่ต้องการหาคำตอบ ต้องใช้กระบวนการในการสืบเสาะหาความรู้ในการหาคำตอบของปัญหานั้น ซึ่งอาจมีคำตอบหรือมีแนวทางในการแสวงหาคำตอบได้หลายทาง

4.6 บทบาทของครูผู้สอนในการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน

สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา (2550, หน้า 9) กล่าวถึงบทบาทของครูผู้สอนในการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน มีดังนี้

1. ผู้สอนต้องมุ่งมั่น ตั้งใจสูง รู้จักแสวงหาความรู้เพื่อพัฒนาตนเองอยู่เสมอ

2. ผู้สอนต้องรู้จักผู้เรียนเป็นรายบุคคล เข้าใจศักยภาพของผู้เรียนแต่ละคนเพื่อสามารถให้คำแนะนำ ช่วยเหลือผู้เรียนได้ทุกเมื่อเวลา

3. ผู้สอนต้องเข้าใจขั้นตอนของแนวทางการจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานอย่างถ่องแท้ชัดเจนทุกขั้นตอน เพื่อจะได้แนะนำให้คำปรึกษาแก่ผู้เรียน

4. ผู้สอนต้องมีทักษะและศักยภาพสูงในการจัดการเรียนรู้ และติดตามประเมินผลการพัฒนาของผู้เรียน

5. ผู้สอนต้องเป็นผู้อำนวยความสะดวกในการจัดหาสนับสนุนสื่ออุปกรณ์เรียนรู้ให้เหมาะ สมเพียงพอ จัดเตรียมแหล่งเรียนรู้ จัดเตรียมห้องสมุด อินเทอร์เน็ต ฯลฯ

6. ผู้สอนต้องมีจิตวิทยาสร้างแรงจูงใจแก่ผู้เรียน เพื่อกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดการตื่นตัวในการเรียนรู้ตลอดเวลา

7. ผู้สอนต้องชี้แนะและปรับทัศนคติของผู้เรียนให้เข้าใจและเห็นคุณค่าของการเรียนรู้

8. ผู้สอนต้องมีความรู้ ความสามารถ ด้านการวัดและประเมินผล ผู้เรียนตามสภาพจริงให้ครอบคลุมทั้งด้านความรู้ ทักษะกระบวนการและเจตคติให้ครบทุกขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้

พรจิต ประทุมสุวรรณ (2553, หน้า 9-11) กล่าวถึงบทบาทของครูผู้สอนหรือผู้ช่วยสอน ประจำกลุ่ม มีหน้าที่หลัก 2 ประการ คือ

1. ดูแลกระบวนการเรียนรู้ของผู้เรียนโดยให้ความสำคัญกับกระบวนการ ช่วยส่งเสริมกระบวนการในกลุ่มย่อยให้เกิดการเรียนรู้ และกระตุ้นให้เกิดความร่วมมือระหว่างสมาชิกในกลุ่ม ดังนี้

- ทำให้เกิดการใช้กระบวนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน อย่างมีประสิทธิภาพและมีประสิทธิผล

- สนับสนุนตัวแทนและเลขานุการของกลุ่ม

- กระตุ้นให้สมาชิกร่วมแสดงความคิดเห็นอย่างเท่าเทียมกัน

- ถามคำถามที่ช่วยนำไปสู่การอภิปราย

- ให้ข้อมูลย้อนกลับแก่ผู้เรียน เพื่อที่จะได้รู้ระดับความสามารถของแต่ละคนและความสามารถของกลุ่ม

2. ดูแลกระบวนการเรียนรู้ของผู้เรียนโดยให้ความสำคัญกับเนื้อหา ซึ่งต้องใช้ความรู้ที่มีอยู่ในการอภิปรายในกลุ่ม เพื่อให้การอภิปรายปัญหานำไปสู่ความรู้ที่ถูกต้องที่สุด ดังนี้

- กระตุ้นให้เกิดการอภิปรายในเชิงลึก

- ใช้คำถามกระตุ้นในเชิงลึกและช่วยให้ผู้เรียนเห็นว่าตนมีความเข้าใจผิดในเรื่องใด

- ให้ข้อมูล แต่เป็นเพียงการช่วยให้การอภิปรายดำเนินไปได้เมื่อกลุ่มติดขัด

- กระตุ้นให้กลุ่มหาความสัมพันธ์ระหว่างหัวข้อย่อย

- รู้จักเลือกจังหวะเหมาะ ๆ ที่จะเข้าไปแทรก

- ดูแลไม่ให้การอภิปรายกว้างเกินไปและแยกแยะให้ชัดเจนระหว่างประเด็นหลักกับประเด็นรอง

3. ผู้สอนต้องเข้าใจขั้นตอนของแนวทางการจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานอย่างถ่องแท้ชัดเจนทุกขั้นตอน เพื่อจะได้แนะนำ ให้คำปรึกษาแก่ผู้เรียน

4. ผู้สอนต้องมีทักษะและศักยภาพสูงในการจัดการเรียนรู้ และติดตามประเมินผล การพัฒนาของผู้เรียน

5. ผู้สอนต้องเป็นผู้อำนวยความสะดวกในการจัดหาสนับสนุนสื่ออุปกรณ์เรียนรู้ให้เหมาะสมเพียงพอ จัดเตรียมแหล่งเรียนรู้ จัดเตรียมห้องสมุด อินเทอร์เน็ต ฯลฯ

6. ผู้สอนต้องมีจิตวิทยาสร้างแรงจูงใจแก่ผู้เรียน เพื่อกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดการตื่นตัวในการเรียนรู้ตลอดเวลา

7. ผู้สอนต้องชี้แนะและปรับทัศนคติของผู้เรียนให้เข้าใจและเห็นคุณค่าของการเรียนรู้

8. ผู้สอนต้องมีความรู้ ความสามารถ ด้านการวัดและประเมินผล ผู้เรียนตามสภาพจริงให้ครอบคลุมทั้งด้านความรู้ ทักษะกระบวนการและเจตคติให้ครบทุกขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้

จากการศึกษาบทบาทของครูผู้สอนในการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน ข้างต้น ผู้วิจัยสรุปได้ว่า ครูผู้สอนจะมีบทบาทหน้าที่แตกต่างจากเดิมไปไม่ใช่ผู้ทำหน้าที่ถ่ายทอดความรู้แก่ผู้เรียนเพียงอย่างเดียว แต่จะเป็นผู้อำนวยความสะดวกในการเรียน จัดหาสถานการณ์ปัญหาที่จะ

กระตุ้นให้ผู้เรียนได้เรียนรู้ จัดประสบการณ์ให้ผู้เรียนได้มีทักษะการคิด การแก้ปัญหา และการสร้างความรู้ด้วยตนเอง

4.7 บทบาทของผู้เรียนในการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน

สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา (2550, หน้า 13) กล่าวถึงบทบาทของผู้เรียนในการร่วมกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน มีดังนี้

1. ผู้เรียนต้องปรับทัศนคติในบทบาทหน้าที่และการเรียนรู้ของตนเอง

2. ผู้เรียนต้องมีคุณลักษณะด้านการใฝ่รู้ ใฝ่เรียน มีความรับผิดชอบสูง รู้จักการทำงานร่วมกันอย่างเป็นระบบ

3. ผู้เรียนต้องได้รับการวางพื้นฐาน และฝึกทักษะที่จำเป็นในการเรียนรู้ตามรูปแบบการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ เช่น กระบวนการคิด การสืบค้นข้อมูล การทำงานกลุ่ม การอภิปราย การสรุป การนำเสนองาน และการประเมินผล

4. ผู้เรียนต้องมีทักษะการสื่อสารที่ดีพอ

พรจิต ประทุมสุวรรณ (2553, หน้าหน้า 13-14) กล่าวถึงบทบาทของผู้เรียนไว้ ดังนี้

1. พยายามปฏิบัติตามทุกขั้นตอนของการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน

2. ดึงความรู้เดิมที่มีอยู่หรือที่เคยเรียนมาใช้อภิปรายหรือแสดงความคิดเห็น จะช่วยทำให้ผู้เรียนสามารถจดจำเนื้อหาวิชาได้ดีขึ้น ถ้าจำไม่ได้ควรกลับไปทบทวน

3. การเรียนแบบนี้ความรับผิดชอบและการบริหารเวลาให้เหมาะสมเป็นสิ่งที่สำคัญ

4. ผู้เรียนควรประเมินความก้าวหน้าการเรียนรู้ของตนเองอย่างสม่ำเสมอไม่ว่าจะบรรลุวัตถุประสงค์ของรายวิชาหรือไม่

5. พฤติกรรมที่พึงประสงค์ในการเรียนกลุ่มย่อย มีดังนี้

5.1 การให้ความเคารพผู้อื่น

- ยอมรับฟังความเห็นของผู้อื่น
- สื่อสารด้วยวาจาและท่าทางที่เหมาะสม สุภาพ ไม่ก้าวร้าวหรือหยาบคาย ไม่แสดงความคิดเห็นในลักษณะที่ดูหมิ่นหรือพาดพิงผู้หนึ่งผู้ใด
- เปิดโอกาสให้ผู้อื่นมีส่วนร่วมในการอภิปรายหรือแสดงความคิดเห็น
- กล่าวคำขอโทษหรือให้เหตุผลเมื่อมาสาย

5.2 ทักษะการสื่อสาร

- นำเสนอข้อมูลที่กระจ่าง ชัดเจน เข้าใจง่าย
- พยายามพูดด้วยน้ำเสียงที่ดัง พอฟังได้ชัดเจนทั้งกลุ่ม
- พยายามใช้คำถามปลายเปิด
- ทำความกระจ่างในเรื่องที่ก่อให้เกิดความเข้าใจผิดระหว่างตนเองและผู้อื่น

- พยายามแก้ไขความเข้าใจผิดที่เกิดขึ้นในกลุ่ม
- แสดงความรู้สึกหรืออารมณ์ที่เหมาะสมกับสถานการณ์
- แสดงกิริยาและใช้วาจาอย่างเหมาะสมเสมอต้นเสมอปลาย
- พยายามสังเกต การแสดงออกหรือการสื่อสารโดยไม่ใช้วาจาในลักษณะต่างๆ ของสมาชิกกลุ่ม

5.3 ความรับผิดชอบ

- ตรงต่อเวลา
- ทำงานที่ได้รับมอบหมายให้สำเร็จ
- ให้ข้อมูลที่เป็นประโยชน์และเชื่อถือได้แก่กลุ่ม
- ส่งเสริมให้เกิดกิจกรรมกลุ่มที่มีประสิทธิภาพ
- บอกจุดแข็งจุดอ่อนของสมาชิกกลุ่มในท่าทางที่เป็นมิตร
- บอกให้กลุ่มทราบล่วงหน้าหากมีการลา

5.4 การรู้จักตนเอง หรือการประเมินตนเอง

- รู้ว่าตนเองยังมีความรู้ไม่เพียงพอ
- บอกจุดแข็งและจุดอ่อนของตนเองได้
- พยายามหาแนวทางแก้ไขจุดบกพร่องหรือจุดอ่อนของตนเอง
- ยอมรับคำติที่มีเหตุผลจากกลุ่มโดยไม่พยายามหาข้อแก้ตัวหรือโทษผู้อื่น
- ยอมรับคำติและหาแนวทางที่เหมาะสมในการเปลี่ยนพฤติกรรม หากผู้เรียนมีปัญหาในการเรียนรู้และต้องการความช่วยเหลือ ให้ปรึกษาครูผู้สอน

จากการศึกษาบทบาทของผู้เรียนในการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน ข้างต้น ผู้วิจัยสรุปได้ว่า ผู้เรียนจะต้องมีบทบาทร่วมมือกันเพื่อแก้ปัญหาที่ได้รับ โดยทุกคนทำงานตามหน้าที่ที่ได้รับมอบหมายส่งให้ตรงเวลาที่กำหนด มีผู้ทำหน้าที่เป็นผู้นำกลุ่มในการดำเนินการเรียนการสอน ได้แก่ ประธานและเลขาของกลุ่ม ดังนั้น สมาชิกทุกคน ในกลุ่มจะต้องผลัดกันเป็นผู้นำกลุ่ม เพื่อเพิ่มพูนประสบการณ์ในการเป็นผู้นำกลุ่มได้ทั่วถึงทุกคน

4.8 การประเมินผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน

ชัยวัฒน์ สุทธิรัตน์ (2554, หน้า 339) ได้นำเสนอแนวทางการประเมินผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน มีดังนี้

1. การประเมินความรู้ เป็นการประเมินความรู้ในเนื้อหาวิชา ซึ่งได้มาจากการศึกษาค้นคว้า และการเรียนรู้ด้วยตนเองของผู้เรียนประเมินจากการให้ผู้เรียนตอบคำถาม

2. การประเมินการใช้กระบวนการค้นคว้าหาความรู้ ซึ่งวิธีการประเมินทำได้ทั้งการให้ผู้เรียนประเมินตนเองหรือให้ผู้เกี่ยวข้องในการเรียนของนักเรียนร่วมประเมินด้วย

3. การประเมินการชี้นำด้วยตนเอง เป็นการประเมินความสามารถของผู้เรียนในการเรียนรู้ได้ด้วยตนเอง ยอมรับตนเอง ทำได้โดยการประเมินตนเองตามความเป็นจริง

4. การประเมินการทำงานกลุ่ม โดยสังเกตพฤติกรรมการทำงานกลุ่ม

5. การประเมินทักษะการแก้ปัญหา

6. การประเมินทักษะการคิดต่างๆ เช่น การคิดวิเคราะห์ คิดสังเคราะห์ การตัดสินใจ การคิดอย่างมีวิจารณญาณ เป็นต้น

Eggen and Kauchak (2001, p.256-259) ได้กล่าวถึงแนวทางในการประเมินผลของการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน ควรจะประเมินตามสภาพจริงและควรกำหนดเป้าหมายที่มีความสัมพันธ์ในการประเมิน ประการแรก คือ ความเข้าใจในด้านกระบวนการที่เกี่ยวกับการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน ประการที่สอง คือ การพัฒนาการเรียนรู้ด้วยตนเองของผู้เรียนและประการ สุดท้าย คือ สิ่งที่ได้รับจากเนื้อหาวิชา ซึ่งมีวิธีการประเมิน ดังนี้

1. การประเมินตามสภาพจริง เป็นการวัดผลการปฏิบัติงานของนักเรียนโดยตรงผ่านชีวิตจริง เช่น การดำเนินการด้านการสืบสวนค้นคว้า การร่วมมือกันทำงานกลุ่มในการแก้ปัญหา การวัดผลจากการปฏิบัติงานจริง เป็นต้น

2. การสังเกตอย่างเป็นระบบ เป็นการประเมินผลในด้านทักษะกระบวนการของผู้เรียนในขณะเรียนรู้ผู้สอนต้องกำหนดเกณฑ์การประเมินให้ชัดเจน เช่น การแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ ควรกำหนดเกณฑ์การประเมิน ดังนี้ การสร้างปัญหาหรือคำถาม การสร้างสมมติฐาน การระบุตัวแปรต้น ตัวแปรตาม และตัวแปรควบคุม การอธิบายแนวทางในการรวบรวมข้อมูลและการ ประเมินผลสมมติฐานบนพื้นฐานของข้อมูลที่ดี

พรจิต ประทุมสุวรรณ (2553, หน้า 14-16) สรุปถึงแนวทางการประเมินผลผู้เรียนจากจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน จะประเมินทั้งหมด 5 ด้าน

1. ด้านฐานความรู้ (Knowledge Base) มีรายการประเมิน ดังนี้

- แสดงการเตรียมการสำหรับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานได้
- ถามคำถามได้ชัดเจนและเหมาะสม
- เชื่อมโยงความคิดและความจริงเข้าด้วยกันได้
- รวบรวมความรู้และข้อมูลจากหลายๆ แหล่งเข้าด้วยกันได้
- สรุปประเด็นที่สำคัญได้
- นำเสนอในประเด็นหลักและประเด็นรอง ในการอภิปรายได้
- ใช้แหล่งข้อมูลที่หลากหลาย

2. ความมีเหตุผลและการตัดสินใจ (Reasoning Process/Decision Making) มีรายการประเมิน ดังนี้

- การสนับสนุนการนำเสนอด้วยเหตุผลและการพิสูจน์
- แยกแยะความสัมพันธ์กันของความรู้ตนเอง โดยอธิบายประเด็นการเรียนรู้ การถามคำถาม และการจบการอภิปรายโดยได้ประโยชน์
- การประเมินคุณภาพของแหล่งข้อมูล
- การพัฒนา การอธิบายความสัมพันธ์ กลไก ประเด็นการเรียนรู้ที่ชัดเจน
- การตั้งสมมติฐานที่สามารถพิสูจน์ได้
- การอภิปรายและความเข้าใจ สอดคล้องกับคำถามที่ตั้ง
- จัดลำดับแนวคิดตามความสำคัญและต่อเนื่องกัน

3. ด้านการติดต่อสื่อสาร (Communication) มีรายการประเมิน ดังนี้
- การออกเสียงและการเขียนถูกต้อง
- การพูดชัดเจนไม่คลุมเครือ
- ตั้งใจฟังผู้อื่น
- สนับสนุนเพื่อการอภิปราย
- แสดงให้เห็นและพิสูจน์ความจริงจากผู้อื่น
- สรุปผลการอภิปราย
- สนับสนุนการอภิปรายในทางที่จะส่งเสริมการเรียนรู้ของกลุ่ม
- การตรวจสอบการแบ่งปันความเข้าใจ
- การใช้สื่อและวิธีการที่หลากหลายเพื่อสนับสนุนการติดต่อสื่อสาร
- สืบค้นความสอดคล้อง
- นำเสนออย่างเป็นตรรกะ

4. การประเมินผล (Assessment) มีรายการประเมิน ดังนี้
- ประเมินตนเอง ประเมินเพื่อนและประเมินกลุ่ม
- เป็นตัวของตัวเองในขณะประเมินตนเอง ประเมินเพื่อนและประเมินกลุ่ม
- จำแนกแยกแยะขอบเขตในสิ่งที่ต้องการปรับปรุง
- ยอมรับการป้อนกลับที่สร้างสรรค์
- แนวคิดการประเมินเป็นแบบตรรกะและมีรูปแบบที่สร้างสรรค์

5. พฤติกรรมความเป็นมืออาชีพ (Professional Behavior) มีรายการประเมิน ดังนี้
- ให้ความสนใจในกระบวนการและมาตรงเวลา
- มีมารยาทกับผู้อื่น
- ยอมรับคำแนะนา
- ทำตัวให้น่าเชื่อถือ

- ร่วมให้ข้อมูลป้อนกลับและทาแผนให้สำเร็จสำหรับการปรับปรุงและพัฒนาให้ดี
- ปรับพฤติกรรมให้เหมาะสมเพื่อส่งเสริมบทบาทของกลุ่ม
- ประยุกต์ใช้หลักคุณธรรมและจริยธรรม

จากการศึกษาการประเมินผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน ข้างต้น ผู้วิจัยสรุปได้ว่า การประเมินผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานควรประเมินผลตามสภาพจริง ประเมินทั้งในส่วนที่เป็นความรู้ด้านเนื้อหาและส่วนที่เป็นทักษะหรือกระบวนการที่มุ่งหวังให้เกิดขึ้นกับผู้เรียน ประเมินครอบคลุมถึงประสิทธิภาพของปัญหา ประเมินผลผู้เรียนและประเมินครูผู้สอนเกี่ยวกับสามารถในการส่งเสริมการเรียนรู้ให้กับผู้เรียน

5. การจัดการเรียนรู้โดยใช้การออกแบบ 6E ตามแนวคิด STEAM ร่วมกับปัญหาเป็นฐานเพื่อส่งเสริมสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ด้านการประเมินและการออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ปฏิกิริยาเคมี สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

จากที่ผู้วิจัยได้ศึกษาค้นคว้าเกี่ยวกับการออกแบบ 6E ตามแนวคิด STEAM และการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานเพื่อนำมาใช้ในการส่งเสริมสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ด้านการประเมินและการออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ปฏิกิริยาเคมี ผู้วิจัยจึงได้นำการจัดการเรียนรู้โดยใช้การออกแบบ 6E ตามแนวคิด STEAM มารวมกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน ดังตาราง 8

ตาราง 8 สังเคราะห์การจัดการเรียนรู้โดยใช้การออกแบบ 6E ตามแนวคิด STEAM ร่วมกับปัญหาเป็นฐานเพื่อส่งเสริมสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ด้านการประเมินและการออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ปฏิกิริยาเคมี สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

การจัดการเรียนรู้โดยใช้การออกแบบ 6E ตามแนวคิด STEAM	การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน	การจัดการเรียนรู้โดยใช้การออกแบบ 6E ตามแนวคิด STEAM ร่วมกับปัญหาเป็นฐาน
ขั้นที่ 1 สร้างความสนใจ (Engage) เป็นขั้นที่มีการกระตุ้นความสนใจของนักเรียนโดยใช้สถานการณ์หรือปัญหาที่พบในการดำเนินชีวิตจริง เพื่อนำไปออกแบบและสร้างสรรค์นวัตกรรมเพื่อแก้ไขปัญหา	**ขั้นที่ 1 กำหนดปัญหา** เป็นขั้นที่ผู้สอนจัดสถานการณ์ต่าง ๆ เพื่อกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดความสนใจและมองเห็นปัญหา สามารถกำหนดสิ่งที่เป็นปัญหาที่อยากรู้ได้และเกิดความสนใจที่จะหาคำตอบ	**ขั้นที่ 1 ขั้นกำหนดปัญหาเพื่อสร้างความสนใจ** ผู้สอนกระตุ้นความสนใจของนักเรียนโดยจัดสถานการณ์ต่าง ๆ เพื่อกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดความสนใจและมองเห็นปัญหาที่พบในการดำเนินชีวิตจริง เพื่อนำไปออกแบบและสร้างสรรค์นวัตกรรมเพื่อแก้ไขปัญหา
ขั้นที่ 2 สำรวจ (Explore) เป็นขั้นที่มีการใช้กระบวนการสืบเสาะเพื่อค้นหา หลักการ ความรู้ คุณลักษณะต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบและสร้างสรรค์ชิ้นงาน		**ขั้นที่ 2 ขั้นสำรวจตรวจสอบ** เป็นขั้นที่ผู้เรียนต้องทำความเข้าใจปัญหามีการใช้กระบวนการสืบเสาะเพื่อค้นหา หลักการ ความรู้ คุณลักษณะต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบและสร้างสรรค์ชิ้นงาน

การจัดการเรียนรู้โดยใช้การออกแบบ 6E ตามแนวคิด STEAM	การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน	การจัดการเรียนรู้โดยใช้การออกแบบ 6E ตามแนวคิด STEAM ร่วมกับปัญหาเป็นฐาน
ขั้นที่ 3 อธิบาย (Explain) เป็นขั้นการนำเสนอข้อค้นพบที่ได้จากการสืบเสาะในขั้นสำรวจ โดยนำมาอภิปรายร่วมกันกับเพื่อนในชั้นเรียน เพื่อกำหนดกรอบแนวคิดที่ชัดเจนก่อนนำไปออกแบบและสร้างสรรค์ชิ้นงาน	**ขั้นที่ 2 ทำความเข้าใจปัญหา** ผู้เรียนต้องทำความเข้าใจปัญหาและต้องสามารถอธิบายสิ่งที่เกี่ยวข้องกับปัญหาได้	**ขั้นที่ 3 ขั้นอธิบายและเข้าใจปัญหา** เป็นขั้นการนำเสนอข้อค้นพบที่ได้จากการสืบเสาะในขั้นสำรวจ ผู้เรียนต้องทำความเข้าใจปัญหา โดยนำมาอภิปรายร่วมกันกับเพื่อนในชั้นเรียน เพื่อกำหนดกรอบแนวคิดที่ชัดเจนก่อนนำไปออกแบบและสร้างสรรค์ชิ้นงาน โดยต้องสามารถอธิบายสิ่งที่เกี่ยวข้องกับปัญหาได้
ขั้นที่ 4 วิศวกรรม (Engineer) เป็นขั้นที่ต้องนำความรู้ที่ได้จากการเรียนรู้ในขั้นก่อนหน้านี้มาใช้ในการออกแบบและสร้างสรรค์ชิ้นงาน แบ่งออกเป็น 6 ขั้นตอน ดังนี้ 1) ขั้นระบุปัญหา (Problem Identification) 2) ขั้นรวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา (Related Information Search)	**ขั้นที่ 3 ดำเนินการศึกษาค้นคว้า** ผู้เรียนกำหนดสิ่งที่ต้องเรียน ดำเนินการศึกษาค้นคว้าด้วยตนเองด้วยวิธีการที่หลากหลาย	**ขั้นที่ 4 ขั้นดำเนินการออกแบบเชิงวิศวกรรม** ครูให้นักเรียนนำสิ่งที่ได้เรียนรู้ในขั้นก่อนหน้ามาใช้ในการออกแบบและสร้างชิ้นงาน โดยดำเนินการศึกษาค้นคว้าด้วยตนเองด้วยวิธีการที่หลากหลาย มีขั้นตอน ดังนี้ 4.1 ระบุปัญหา 4.2 รวบรวมข้อมูล 4.3 ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา 4.4 วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา

การจัดการเรียนรู้โดยใช้การออกแบบ 6E ตามแนวคิด STEAM	การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน	การจัดการเรียนรู้โดยใช้การออกแบบ 6E ตามแนวคิด STEAM ร่วมกับปัญหาเป็นฐาน
3) ขั้นออกแบบวิธีการแก้ปัญหา (Solution Design) 4) วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา (Planning and Development) 5) ทดสอบ ประเมินผลและปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน (Testing, Evaluation and Design Improvement) 6) ขั้นเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน (Presentation)		4.5 ทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุงแก้ไข 4.6 นำเสนอวิธีการแก้ปัญหา
ขั้นที่ 5 ปรับปรุง (Enrich) เป็นขั้นที่มีการทดสอบประสิทธิภาพการทำงานของชิ้นงานเพื่อค้นหาจุดบกพร่อง และข้อผิดพลาด เพื่อนำไปแก้ไขพัฒนางานให้ดีขึ้นหรือออกแบบใหม่	**ขั้นที่ 4 สังเคราะห์ความรู้** ผู้เรียนนำความรู้ที่ได้มาแลกเปลี่ยนซึ่งกันและกัน อภิปรายผล และสังเคราะห์ความรู้ที่ได้ว่ามีความเหมาะสมและสอดคล้องกับสถานการณ์ปัญหา	**ขั้นที่ 5 ขั้นสังเคราะห์ความรู้ ปรับปรุงและลงข้อสรุป** ครูให้นักเรียนทดสอบประสิทธิภาพของชิ้นงาน ให้นักเรียนแลกเปลี่ยนเรียนรู้ร่วมกัน อภิปรายผล และสังเคราะห์ความรู้ที่ได้มาว่ามีความเหมาะสมและสอดคล้องกับสถานการณ์ปัญหา เพื่อบ่งชี้ ข้อผิดพลาด และนำไปพัฒนางานให้ดีขึ้นหรือออกแบบใหม่

การจัดการเรียนรู้โดยใช้การออกแบบ 6E ตามแนวคิด STEAM	การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน	การจัดการเรียนรู้โดยใช้การออกแบบ 6E ตามแนวคิด STEAM ร่วมกับปัญหาเป็นฐาน
ขั้นที่ 6 ประเมินผล (Evaluate) เป็นขั้นที่มีการร่วมกันประเมินชิ้นงานที่ปรับปรุงใหม่เพื่อให้ทราบว่าผู้เรียนได้เกิดการเรียนรู้มากน้อยเพียงใด	**ขั้นที่ 5 สรุปและประเมินค่าของคำตอบ** ผู้เรียนแต่ละกลุ่มสรุปผลงานของกลุ่มพร้อมทั้งประเมินความเหมาะสมของข้อมูลที่ศึกษาค้นคว้ามา โดยพยายามตรวจสอบแนวคิดภายในกลุ่มและทุกกลุ่มช่วยกันสรุปองค์ความรู้ในภาพรวมอีกครั้ง **ขั้นที่ 6 นำเสนอและประเมินผลงาน** ผู้เรียนนำข้อมูลที่ได้มาจัดระบบและนำเสนอในรูปแบบที่หลากหลาย ผู้เรียนทุกกลุ่มร่วมกันประเมินผลงาน	**ขั้นที่ 6 ขั้นสรุปและประเมินผล** ครูและนักเรียนประเมินความเหมาะสมของข้อมูลที่ศึกษาค้นคว้ามา และประเมินชิ้นงานที่ปรับปรุงใหม่เพื่อให้ทราบว่าผู้เรียนได้เรียนรู้อะไร และมากน้อยเพียงใด โดยครูประเมินผลการเรียนรู้ของผู้เรียนตามสภาพจริงผ่านการนำเสนอปากเปล่า การเขียน คำอธิบาย เพื่อสะท้อนถึงความเข้าใจเกี่ยวกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์

จากการศึกษาการจัดการเรียนรู้โดยโดยใช้การออกแบบ 6E ตามแนวคิด STEAM ร่วมกับปัญหาเป็นฐาน ผู้วิจัยได้ให้หมายความว่า การจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมทักษะผู้เรียนโดยใช้สถานการณ์ปัญหาที่เกิดขึ้นในปัจจุบันหรือปัญหาที่มีความน่าสนใจเพื่อกระตุ้นผู้เรียนให้เกิดความอยากรู้และต้องการค้นหาคำตอบในการทำกิจกรรมการเรียนรู้ ผู้เรียนได้ลงมือสืบเสาะแสวงหาความรู้ด้วยตนเอง สามารถนำความรู้และทักษะจากวิชาต่าง ๆ มาออกแบบสร้างสรรค์ชิ้นงาน หรือผลิตนวัตกรรมเพื่อแก้ไขปัญหาจากการดำเนินชีวิตประจำวัน โดยมีครูเป็นผู้อำนวยความสะดวกในการเรียนรู้

6. ทฤษฎีการเรียนรู้คอนสตรัคติวิสต์

6.1 เงื่อนไขการเรียนรู้ตามแนวทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ (Constructivist Theory) สรุปได้ดังนี้ (วัฒนาพร ระงับทุกข์, 2541)

1. การเรียนรู้เป็นกระบวนการลงมือกระทำ (Active Process) ที่เกิดขึ้นในแต่ละบุคคล

2. ความรู้ต่าง ๆ จะถูกสร้างขึ้นด้วยตัวของผู้เรียนเอง โดยใช้ข้อมูลที่ได้รับมาใหม่ร่วมกับข้อมูลหรือความรู้เดิมที่มีอยู่แล้ว รวมทั้งประสบการณ์เดิมมาสร้างความหมายในการเรียนรู้ของตนเอง ความรู้และความเชื่อที่แตกต่างกันของแต่ละคน จะขึ้นอยู่กับสิ่งแวดล้อมและขนบทำเนียมประเพณีและประสบการณ์ของผู้เรียน จะถูกนำมาเป็นพื้นฐานในการตัดสินใจและจะมีผลโดยตรงต่อการสร้างความรู้ใหม่ แนวคิดใหม่ หรือการเรียนรู้นั้นเอง

จากความหมายของทฤษฎีคอนสตรัตติวิสต์หรือแนวคิดคอนสตรัคติวิสต์ของนักการศึกษาหลายท่าน สรุปเป็นสาระสำคัญได้ดังนี้

1. ความรู้ของบุคคลใด คือ โครงสร้างทางปัญญาของบุคคลนั้นที่สร้างขึ้นจากประสบการณ์ในการคลี่คลายสถานการณ์ที่เป็นปัญหาและสามารถนำไปใช้เป็นฐานในการแก้ปัญหาหรืออธิบายสถานการณ์อื่น ๆ ได้

2. นักเรียนเป็นผู้สร้างความรู้ด้วยวิธีการที่ต่าง ๆ กัน โดยอาศัยประสบการณ์และโครงสร้างทางปัญญาที่มีอยู่เดิม ความสนใจและแรงจูงใจภายในตนเองเป็นจุดเริ่มต้น

3. ครูมีหน้าที่จัดการให้นักเรียนได้ปรับขยายโครงสร้างทางปัญญาของนักเรียนเอง ภายใต้ข้อสมมติฐานต่อไปนี้

3.1 สถานการณ์ที่เป็นปัญหาและปฏิสัมพันธ์ทางสังคมก่อให้เกิดความขัดแย้งทางปัญญา

3.2 ความขัดแย้งทางปัญญาเป็นแรงจูงใจภายในให้เกิดกิจกรรมการไตร่ตรอง เพื่อขจัดความขัดแย้งนั้น Dewey ได้อธิบายเกี่ยวกับลักษณะการไตร่ตรอง (Reflection) เป็นการพิจารณาอย่างรอบคอบ กิจกรรมการไตร่ตรองจะเริ่มต้นด้วยสถานการณ์ที่เป็นปัญหา น่าสงสัย งงงวย ยุ่งยาก เรียกว่า สถานการณ์ก่อนไตร่ตรอง และจบลงด้วยความแจ่มชัดที่สามารถอธิบาย สถานการณ์ดังกล่าวสามารถแก้ปัญหาได้ ตลอดจนได้เรียนรู้และพึงพอใจกับผลที่ได้รับ

3.3 การไตร่ตรองบนฐานแห่งประสบการณ์และโครงสร้างทางปัญญาที่มีอยู่เดิมภายใต้การมีปฏิสัมพันธ์ทางสังคมกระตุ้นให้มีการสร้างโครงสร้างใหม่ทางปัญญา

จากแนวคิดข้างต้นนี้กระบวนการเรียนการสอนในแนวคอนสตรัคติวิสต์ จึงมักเป็นไปในแบบที่ให้นักเรียนสร้างความรู้จากการช่วยแก้ปัญหา (Collaborative Problem Solving) กระบวนการเรียนการสอน จะเริ่มต้นด้วยปัญหาที่ก่อให้เกิดความขัดแย้งทางปัญญา (Cognitive Conflict) นั้นคือ ประสบการณ์และโครงสร้างทางปัญญาที่มีอยู่เดิมไม่สามารถขจัดการแก้ปัญหานั้นได้ลงตัวพอดีเหมือนปัญหาที่เคยแก้มาแล้ว ต้องมีการคิดค้นเพิ่มเติมที่เรียกว่า “การปรับโครงสร้างทางปัญญา” หรือ “การสร้างโครงสร้างใหม่ทางปัญญา” (Cognitive Restructuring) โดยการจัดกิจกรรมให้ผู้เรียนได้ถกปัญหา ขัดค้าน จนกระทั้งหาเหตุผล หรือหลักฐานในเชิงประจักษ์มาขจัดความขัดแย้งทางปัญญาภายในตนเอง และระหว่างบุคคลได้ (ไพจิตร สดวกการ, 2543)

กลุ่มคอนสตรัคติวิสต์ (Constructivist) เชื่อว่าการเรียนรู้เป็นกระบวนการที่เกิดขึ้นภายในของผู้เรียน โดยมีผู้เรียนเป็นผู้สร้าง (Construct) ความรู้จากความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งที่พบเห็นกับความรู้ความเข้าใจเดิมที่มีมาก่อน โดยพยายามนำความเข้าใจเกี่ยวกับเหตุการณ์และปรากฏการณ์ที่ตนพบเห็นมาสร้างเป็นโครงสร้างทางปัญญา (Cognitive Structure) หรือที่เรียกว่า สกีมา (Shema) ซึ่งเป็นหน่วยที่เล็กที่สุดของโครงสร้างทางปัญญา หรือโครงสร้างของความรู้ในสมองโครงสร้างทางปัญญานี้จะประกอบด้วย ความหมายของสิ่งต่าง ๆ ที่ใช้ภาษา หรือเกี่ยวกับเหตุการณ์ หรือสิ่งที่แต่ละบุคคลมีประสบการณ์ หรือเหตุการณ์ อาจเป็นความเข้าใจ หรือความรู้ของแต่ละบุคคล

กลุ่มคอนสตรัคติวิสต์ (Constructivism) เชื่อว่าการเรียนรู้เป็นกระบวนการสร้างมากกว่าการรับความรู้ดังนั้นเป้าหมายของการสอนจะสนับสนุนการสร้างมากกว่าความพยายามในการถ่ายทอดความรู้ ดังนั้น กลุ่มคอนสตรัคติวิสต์จะมุ่งเน้นการสร้างความรู้ใหม่อย่างเหมาะสมของแต่ละบุคคลและสิ่งแวดล้อมมีความสำคัญในการสร้างความหมายตามความเป็นจริง เป็นวิธีการที่นำมาใช้ในการจัดการเรียนการสอน มีหลักการที่สำคัญว่าในการเรียนรู้มุ่งเน้นให้ผู้เรียนลงมือกระทำในการสร้างความรู้ ซึ่งปรากฏแนวคิดที่แตกต่างกันเกี่ยวกับการสร้างความรู้หรือการเรียนรู้ทั้งนี้เนื่องมาจากแนวคิดที่เป็นรากฐานสำคัญซึ่งปรากฏจากรายงานของนักจิตวิทยาและนักการศึกษา คือ Jean Piaget ชาวสวิส และ Lev Vygotaky ชาวรัสเซีย ซึ่งแบ่งเป็น 2 ประเภท คือ Cognitive Construtivist และ Social Constructivist มีรายละเอียด ดังนี้ (สุมาลี ชัยเจริญ, 2551)

1. Cogitive Constructivist มีรากฐานทางปรัชญาของทฤษฎีมาจากความพยายามที่จะเชื่อมโยงประสบการณ์เดิมกับประสบการณ์ใหม่ ด้วยกระบวนการที่พิสูจน์อย่างมีเหตุผลเป็นความรู้ที่เกิดจากการไตร่ตรอง ซึ่งถือเป็นปรัชญาปฏิบัตินิยม ประกอบกับรากฐานทางจิตวิทยาการเรียนรู้ที่มีอิทธิพลต่อพื้นฐานแนวคิดนี้ นักจิตวิทยาพัฒนากรชาวสวิส คือ จีน เพียเจตน์ (Jean Piaget) ทฤษฎีของ Piaget จะแบ่งได้เป็น 2 ส่วน คือ Ages และ Stages ซึ่งทั้งสององค์ประกอบนี้จะทำนาย

ว่าเด็กจะสามารถหรือไม่สามารถเข้าใจสิ่งหนึ่งสิ่งใดเมื่อมีอายุแตกต่างกันและทฤษฎีเกี่ยวกับด้านพัฒนาการที่จะอธิบายว่า ผู้เรียนจะพัฒนาความสามารถทางการรู้คิด (Cognitive Abillities) ทฤษฎีพัฒนาการที่จะเน้นจุดดังกล่าว เพราะว่าเป็นพื้นฐานหลักสำหรับวิธีการทาง Cognitive Constructivism ทางด้านการเรียนการสอนนั้นมี แนวคิดว่ามนุษย์เราต้อง “สร้าง” (Construct) ความรู้ด้วยตนเองโดยผ่านทางประสบการณ์ ซึ่งประสบการณ์เหล่านี้จะกระตุ้นให้ผู้เรียนสร้างโครงสร้างทางปัญญาหรือเรียกว่า สกีมา (Schemas) เมนทอลโมเดล (Mental Model) ในสมอง สกีมาเหล่านี้สามารถเปลี่ยนแปลงได้ (Chang) ขยาย (Enlarge) และซับซ้อนขึ้นได้โดยผ่านทางกระบวนการดูดซึม (Assimilation) และการปรับเปลี่ยน (Accommodation)

2. Social Constructivism เป็นทฤษฎีที่มีรากฐานมาจาก Vygotsky ได้เน้นเกี่ยวกับบริบทการเรียนรู้ทางสังคม (Social Context Learning) ทฤษฎีพุทธิปัญญาของเพียเจต์ที่ใช้กันมาเป็นพื้นฐานสำหรับการเรียนรู้แบบค้นพบ (Discovery Learning) ซึ่งผู้สอนมีบทบาทค่อนข้างจำกัด ส่วนทฤษฎีของ Vygotsky เปิดโอกาสให้ครูหรือผู้เรียนที่อาวุโสกว่าแสดงบทบาทในการเรียนรู้ของผู้เรียน

Cognitive Construtivist และ Social Constructivist อาจมีส่วนคล้ายคลึงกันและแตกต่าง Social Constructivist ของ Vygotsky จะเปิดโอกาสที่จะมีส่วนร่วมและเกี่ยวข้องกับครูผู้สอนมากกว่าสำหรับทฤษฎีของ Vygotsky ซึ่งเชื่อว่าวัฒนธรรมจะเป็นเครื่องมือทางปัญญาที่จำเป็นสำหรับการพัฒนารูปแบบและคุณภาพของเครื่องมือดังกล่าวได้มีการกำหนดรูปแบบและอัตราการพัฒนามากกว่าที่กำหนดไว้ในทฤษฎีของเพียเจต์ โดยเชื่อว่าผู้ใหญ่หรือผู้ที่มีความอาวุโส เช่น พ่อแม่ และครู จะเป็นท่อนำสำหรับเครื่องมือทางวัฒนธรรมรวมถึงภาษา เครื่องมือทางวัฒนธรรมเหล่านี้ ได้แก่ ประวัติศาสตร์ วัฒนธรรม บริบททางสังคมและภาษาทุกวันนี้ รวมถึงการเข้าถึงข้อมูลอิเล็กทรอนิกส์

จากการศึกษาคอนสตรัคติวิสต์ ข้างต้น ผู้วิจัยสรุปได้ว่า เป็นทฤษฎีที่เกี่ยวกับการเรียนรู้มีรากฐานมาจากปรัชญา จิตวิทยาและมานุษยวิทยา บุคคลจะเรียนรู้ได้โดยการมีปฏิสัมพันธ์กับบุคคลอื่นและสิ่งแวดล้อมต่าง ๆ ซึ่งต้องอาศัยความรู้ ประสบการณ์เดิมและโครงสร้างทางปัญญาเป็นพื้นฐานในการเรียนรู้

นอกจากนี้ วัฒนาพร ระงับทุกข์ (2541) กล่าวว่า องค์ประกอบการเรียนรู้ตามแนวคิดคอนสตรัคติวิสต์ประกอบด้วย

1. ผู้เรียนสร้างความหมายของสิ่งที่ได้พบเห็น รับรู้ โดยใช้กระบวนการทางปัญญาของตนเองที่เรียนรู้และสร้างความสัมพันธ์ระหว่างประสาทสัมผัสของผู้เรียนกับสิ่งแวดล้อม โดยจะใช้ความรู้ ความเข้าใจ ที่มีอยู่เดิมในการคาดคะเนเหตุการณ์

2. โครงสร้างทางปัญญา เกิดจากความพยายามทางความคิดหากการใช้ความรู้เดิมคาดคะเนเหตุการณ์ได้ถูกต้อง จะทำให้โครงสร้างทางปัญญามั่นคงยิ่งขึ้นแต่ถ้าหากคาดคะเนไม่ถูกต้องจะเกิดภาวะที่เรียกว่า ภาวะไม่สมดุล (disequilibrium) และเมื่อมีความขัดแย้งเกิดขึ้นผู้เรียนมีทางเลือก 3 ทางคือ

2.1 ไม่ปรับความคิดในโครงสร้างทางปัญญาของตนเอง

2.2 ปรับความคิดในโครงสร้างทางปัญญาไปในทางที่การคาดเดานั้นให้เป็นไปตามประสบการณ์มากขึ้น

2.3 ไม่สนใจที่จะทำความเข้าใจ

3. โครงสร้างทางปัญญาเป็นสิ่งที่เปลี่ยนแปลงได้ยาก แม้ว่าจะมีหลักฐานจากการสังเกตที่ขัดแย้งกับโครงสร้างนั้น

จากการศึกษาตามแนวคิดคอนสตรัคติวิสต์ ข้างต้น ผู้วิจัยสรุปได้ว่า ผู้เรียนเป็นผู้เสริมสร้างความรู้ด้วยตนเอง ผู้สอนไม่สามารถปรับเปลี่ยนโครงสร้างทางปัญญาของผู้เรียนได้แต่สามารถช่วยผู้เรียนปรับขยายโครงสร้างทางปัญญาได้ ด้วยการจัดสถานการณ์ที่ทำให้เกิดภาวะไม่สมดุลหรือก่อให้เกิดความขัดแย้งทางปัญญา โดยได้จากสิ่งแวดล้อมและการปฏิสัมพันธ์กับผู้อื่น

6.2 การออกแบบการสอนที่มีพื้นฐานจากทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์

กลุ่มทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ (Constructivist) เชื่อว่า การเรียนรู้เป็นกระบวนการสร้างมากกว่าการรับความรู้ เป้าหมายของการสอนจะสนับสนุนการสร้างมากกว่าความพยายามในการถ่ายทอดความรู้ ดังนั้น คอนสตรัคติวิสต์ จะมุ่งเน้นการสร้างความรู้ใหม่อย่างเหมาะสมของแต่ละบุคคล และสิ่งแวดล้อมมีความสำคัญในการสร้างความหมายตามความเป็นจริง (Duffy and Cunningham, 1996) เป็นวิธีการที่นำมาใช้ในการจัดการเรียนการสอนมีหลักการที่สำคัญว่าในการเรียนรู้มุ่งเน้นให้ผู้เรียนลงมือกระทำในการสร้างความรู้ ซึ่งปรากฏแนวคิดที่แตกต่างกันเกี่ยวกับการสร้างความรู้ หรือการเรียนรู้ ทั้งนี้เนื่องจากแนวคิดที่เป็นรากฐานสำคัญ ซึ่งปรากฏจากรายงานของจิตวิทยาและนักการศึกษา คือ Jean Piaget ชาวสวิส และ Lev Vygotsky ชาวรัสเซีย ซึ่งในการออกแบบการสอนตามแนวคอนสตรัคติวิสต์จะอาศัยพื้นฐานจากทั้งสองแนวคิดนี้เป็นรากฐานสำคัญ (สุมาลี ชัยเจริญ, 2551)

การนำทฤษฎีการเรียนรู้คอนสตรัคติวิสต์ (Constructivist) ไปใช้ในการเรียนการสอนมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. การเรียนรู้เป็นกระบวนการที่ลงมือปฏิบัติ ประสบการณ์ตรง การลองผิดลองถูก ค้นหาวิธีการแก้ปัญหาเป็นสิ่งจำเป็นต่อการดูดซึมและการปรับเปลี่ยนของข้อมูล วิธีการที่สารสนเทศถูกนำเสนอ เป็นสิ่งสำคัญ เมื่อสารสนเทศถูกนำเข้ามาในฐานะที่เป็นสิ่งช่วยแก้ปัญหา อาจทำหน้าที่เป็นเครื่องมือมากกว่าจะเป็นข้อเท็จจริงอย่างแท้จริง

2. การเรียนรู้ควรเป็นองค์รวม เน้นสภาพจริงและสิ่งที่เป็นจริงในห้องเรียนแบบเพียเจต์ ผู้เรียนจะมีโอกาสสร้างความรู้ผ่านประสบการณ์ความรู้ของตนเองที่ไม่ได้มาจากการบอกหรือการสอนของครู จะมีการเน้นเกี่ยวกับการสอนทักษะเฉพาะน้อยลง และเพิ่มการเน้นเกี่ยวกับการเรียนรู้ในบริบทที่มีความหมาย เทคโนโลยี ครูสามารถจัดหาสิ่งแวดล้อมทางการเรียนรู้ จะช่วยขยายพื้นฐานของความคิดรวบยอดและประสบการณ์ของผู้เรียน

6.3 แนวคิดพื้นฐานในการออกแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์

ในการออกแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์จะอาศัยพื้นฐานแนวคิดทั้งสองกลุ่มคือ Cognitive Constructivm และ Social Construtivism ดังจะนำเสนอต่อไปนี้ (สุมาลี ชัยเจริญ, 2551)

Cognitive Constructivism มีพื้นฐานมาจากแนวคิดของ Piaget แนวคิดของทฤษฎีนี้เน้นผู้เรียนเป็นผู้สร้างความรู้โดยการลงมือกระทำ Piaget เชื่อว่าถ้าผู้เรียนถูกกระตุ้นด้วยปัญหาที่ก่อให้เกิดความขัดแย้งทางปัญญา (Cognitive Conflect) หรือเรียกว่าเกิดการเสียสมดุลทางปัญญา (Disequilibrium) ผู้เรียนต้องพยายามปรับโครงสร้างทางปัญญา (Cognitive Structuring) ให้เข้าสู่สภาวะสมดุล โดยวิธีการดูดซึม ได้แก่ การรับข้อมูลใหม่จากสิ่งแวดล้อมเข้าไปไว้ในโครงสร้างทางปัญญาและการปรับเปลี่ยนโครงสร้างทางปัญญา คือการเชื่อมโยงโครงสร้างทางปัญญาเดิมหรือความรู้เดิมที่มีมาก่อนกับข้อมูล สารสนเทศใหม่ จนกระทั้งผู้เรียนสามารถปรับโครงสร้างทางปัญญาเข้าสู่สภาวะสมดุลหรือสามารถ ที่จะสร้างความรู้ใหม่ขึ้นมาได้หรือเกิดการเรียนรู้นั้นเอง

รูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนว Cognitive Constructivism

การจัดการเรียนรู้ตามแนว Cognitive Constructivism หรือเรียกว่า ห้องเรียนแบบเพียเจต์ ผู้เรียนจะมีโอกาสสร้างความรู้ผ่านประสบการณ์ของตนเองที่ไม่ใช่มาจากการบอกหรือการสอนจากครูจะมีการเน้นเกี่ยวกับการสอนทักษะเฉพาะน้อยลง ในทางตรงข้ามจะเพิ่มการเน้นเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้ในบริบทที่มีความหมายโดยนำเทคโนโลยีโดยเฉพาะอย่างยิ่งสื่อมวลชนเป็นสิ่งที่จะสนองตอบต่อกิจกรรมการเรียนรู้ดังกล่าว ด้วยเทคโนโลยีที่มาสนับสนุน ได้แก่ สื่อบนเครือข่ายและซีดีรอม ครูผู้สอนสามารถจัดหาสิ่งแวดล้อมทางการเรียนรู้ที่จะช่วยขยายพื้นฐานของแนวคิด และประสบการณ์ของผู้ที่มาศึกษา แม้ว่าซอฟแวร์ทางการศึกษาเหล่านี้จะต้องถูกผลิตขึ้นมาใช้ในทศวรรษที่ 1970 และ 1980 อย่างไรก็ตาม ความเจริญก้าวหน้าทางเทคโนโลยีสามารถที่จะสนองตอบเกี่ยวกับสมรรถนะของเครื่องมือที่ช่วยให้สามารถบรรลุวัตถุประสงค์ตามแนวทาง Constructivsm

Social Constructivism

Social Constructivism เป็นทฤษฎีที่มีรากฐานจาก Vygotsky ซึ่งมีแนวคิดสำคัญที่ว่า “ปฏิสัมพันธ์ทางสังคมมีบทบาทสำคัญในการพัฒนาด้านพุทธิปัญญา” รวมทั้งแนวคิดเกี่ยวกับศักยภาพในการพัฒนาด้านพุทธิปัญญาที่อาจมีข้อจำกัดเกี่ยวกับช่วงของการพัฒนาที่เรียกว่า Zone of Proximal Development ถ้าผู้เรียนอยู่ต่ำกว่า Zone of Proximal Development จำเป็นที่จะต้องได้รับการช่วยเหลือในการเรียนรู้ที่เรียกว่า Scaffolding และ Vygotsky เชื่อว่าผู้เรียนสร้างความรู้โดยผ่านทางการปฏิสัมพันธ์ทางสังคมกับผู้อื่น ได้แก่ เด็กกับผู้ใหญ่ พ่อแม่ ครูและเพื่อน ในขณะที่เด็กอยู่ในบริบทของสังคมและวัฒนธรรม (Sociocultural Content)

ในทุกชั้นเรียนกลยุทธ์ทางเรียนรู้ที่สอดคล้องกับ Social Constructivism ของ Vygotsky อาจจะไม่จำเป็นต้องจัดกิจกรรมที่เหมือนกันทุกอย่างก็ได้กิจกรรมและรูปแบบอาจเปลี่ยนแปลงตามความเหมาะสม แต่อย่างไรก็ตามจะมีหลักการ 4 ประการที่สามารถนำไป ประยุกต์ใช้ได้ในชั้นเรียนที่เรียกว่า “Vygotskian” หรือตามแนว Social Constructivism ดังนี้

1. การเรียนรู้และการพัฒนา คือ ด้านสังคม ได้แก่ กิจกรรมการร่วมมือ (Collaborative Activity)

2. Zone of Proximal Development ควรจะสนองต่อแนวทางการจัดหลักสูตรและการวางแผนบทเรียน

3. การเรียนรู้ในโรงเรียนควรเกิดขึ้นในบริบทที่มีความหมาย และไม่ควรแยกจากการเรียนรู้ และความรู้ที่ผู้เรียนพัฒนามาจากสภาพชีวิตจริง (Real World) ประสบการณ์นอก โรงเรียนควรจะมีการเชื่อมโยงนำมาสู่ประสบการณ์ในโรงเรียนของผู้เรียน

จากการศึกษาแนวคิดทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ ข้างต้น ผู้วิจัยสรุปได้ว่า ครูมีบทบาทสำคัญในการจัดการเรียนการสอนที่ตอบสนองต่อการเรียนรู้ของผู้เรียน จัดให้ผู้เรียนได้มีโอกาสรับผิดชอบต่อการเรียนรู้ของตนเองโดยการมีปฏิสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อม เช่น บุคคลอื่น ๆ เหตุการณ์ในชีวิตประจำวันหรือปัญหาต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นที่นักเรียนต้องมีส่วนร่วมในการสร้างการเรียนรู้ที่เกิดขึ้นจากสิ่งแวดล้อมต่าง ๆ และสามารถนำความรู้ที่สร้างขึ้นนี้ไปประยุกต์ใช้ในชีวิตจริงได้อย่างเหมาะสม

6.4 รูปแบบการจัดการเรียนการสอนที่สอดคล้องกับทฤษฎีการเรียนรู้คอนสตรัคติวิสต์ (Constructivist)

DeVries and Kohlberg (1987) ได้เสนอแนวคิดคอนสตรัคติวิสต์ ที่สอดคล้องกับแนวคิดของ Piaget ซึ่งเป็นหลักการสำคัญในการจัดการเรียนการสอน ดังนี้คือ

1. ส่งเสริมให้ผู้เรียนทำกิจกรรมต่าง ๆ ด้วยตนเองตามความสนใจ

2. ครูมีบทบาทเป็นเหมือนเพื่อน ผู้แนะนำกระตุ้นให้ผู้เรียนได้ริเริ่ม เล่น ทดลอง ให้เหตุผล และให้ความร่วมมือกับผู้เรียน ใช้การควบคุมหรืออกคำสั่งกับผู้เรียนน้อยที่สุด

3. ส่งเสริมให้ผู้เรียนมีโอกาสร่วมมือกับบุคคลอื่นได้เรียนรู้และแก้ปัญหาความขัดแย้งอย่างสันติวิธี

6.5 วิธีการจัดการเรียนการสอนตามทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์

1. ส่งเสริมให้เด็กทำกิจกรรมต่าง ๆ ตามความสนใจ โดยคำนึงถึงองค์ประกอบพื้นฐานที่สำคัญ คือ

1.1. ความสนใจ (Interest) เป็นศูนย์กลางของการกระทำสิ่งต่าง ๆ ด้วย ตนเองที่ทำให้เกิดการสังเกต ผู้เรียนเป็นผู้สร้างความรู้และสติปัญญาด้วยตนเอง เพราะผู้เรียนจะพยายามเรียนรู้และสนใจต่อประสบการณ์ต่าง ๆ ที่นำไปสู่การพัฒนาสติปัญญา โดยกระบวนการปรับโครงสร้างความรู้และกระบวนการปรับขยายโครงสร้างความรู้

1.2 การเล่น (Play)การเล่นเป็นกระบวนการสร้างพฤติกรรม จึงนำมาจัดการศึกษาให้กับเด็กและถือว่าเป็นส่วนประกอบของการเรียนรู้ เพราะทำให้ผู้เรียนเรียนรู้บทบาทของชีวิต ได้ใช้ภาษาในการแสดงออกแสดงความรู้สึกใช้ความคิดที่ปราศจากการบังคับหรือการลงโทษจากผู้ใหญ่

1.3 การทดลอง (Experimentation) เป็นสิ่งที่ผู้เรียนได้เรียนรู้จากการลองผิดลองถูกนำไปสู่ความรู้ที่ถูกต้องแท้จริง ซึ่งถือเป็นการทำงานของผู้เรียนที่ท้าทายและกระตุ้นให้เกิดการเรียนรู้ในสิ่งรอบตัว

1.4 ความร่วมมือ (Cooperation) เป็นสิ่งที่มีความสัมพันธ์ที่เกิดจากความร่วมมือระหว่างผู้เรียนกับผู้ใหญ่ ผู้เรียนกับเพื่อน ๆ ซึ่งเป็นกระบวนการทางสังคมอีกทั้งความขัดแย้งที่เกิดขึ้นถือเป็นปัจจัยสำคัญในการนำไปสู่การยอมรับนับถือซึ่งกันและกันที่เกี่ยวข้องกับความต้องการความคิดของแต่ละบุคคล

2. ผู้เรียนเป็นผู้ทำกิจกรรมด้วยตนเองมากกว่าให้ครูสอน

2.1 ให้ผู้เรียนสร้างกติกาขึ้น เพื่อใช้ในการอยู่ร่วมกัน

2.2 ให้ผู้เรียนตัดสินใจเลือกกิจกรรมที่ครูแนะนำด้วยตนเอง

. 2.3 ให้ผู้เรียนแสดงความคิดเห็นที่ต่างกันในการออกเสียง โดยครูเลือก ประเด็นและดำเนินการที่สนับสนุนในการแลกเปลี่ยนความคิดเห็น

2.4 ให้ผู้เรียนสามารถมีความคิดเห็นที่แตกต่างจากครูได้

2.5 ให้มีอิสระในการเลือกกิจกรรมและเพื่อนร่วมกิจกรรมในแต่ละวัน

2.6 มีการตัดสินใจด้วยตนเอง เมื่อมีปัญหาเกิดขึ้น

3. ความสัมพันธ์ระหว่างครูกับผู้เรียนเป็นความร่วมมือมากกว่าการบังคับหรือควบคุม

3.1 พูดกับผู้เรียนเกี่ยวกับกฎเกณฑ์พื้นฐานในการตัดสินใจเรื่องราวต่าง ๆ

3.2 แนะนำผู้เรียนเกี่ยวกับกิจกรรมมากกว่าการกำหนดให้เรียนในสิ่งต่าง

3.3 เมื่อผู้เรียนมีพฤติกรรมไม่เหมาะสม ให้ใช้เหตุผลบอกถึงผลที่จะเกิดขึ้นมากกว่าการลงโทษที่รุนแรง

3.4 หลีกเลี่ยงการให้รางวัลที่เกิดจากภายนอก

3.5 ให้ผู้เรียนเกิดความขัดแย้งภายในตนเองจากการทำงาน

3.6 สร้างบรรยากาศที่ผู้เรียนสนใจ

3.7 ให้ผู้เรียนเป็นตัวเองภายใต้กฎที่ผู้เรียนสร้างขึ้น

3.8 ปฏิบัติกับผู้เรียนที่มีพฤติกรรมต่อต้าน ด้วยการแสดงว่าเขามีความสำคัญกับผู้อื่นและพฤติกรรมที่ไม่มีเหตุผลนั้นที่จริงมีเหตุผลและเด็ดเดี่ยว

3.9 ช่วยเหลือให้เหตุผลและคัดเลือกกิจกรรมที่ให้ความรู้ 3 ประเภท คือ ทางกายภาพตรรกะ–คณิตศาสตร์ และจริยธรรมของสังคม

3.10 ใช้กิจกรรมเป็นเครื่องมือในการส่งเสริมพัฒนาการผู้เรียน

3.11 ให้คิดเสมอว่าความผิดพลาดของผู้เรียน เป็นสิ่งสำคัญในการสร้างกระบวนการเรียนรู้

3.12 สนับสนุนพัฒนาการทั่วไปของผู้เรียนและส่งเสริมพัฒนาการของผู้เรียนจากความเข้าใจภายในบุคคล

3.13 ไม่ประเมินผลจากความรู้ทางวิชาการของผู้เรียน แต่ประเมินจากเหตุผลความเข้าใจภายในตนเอง และการพัฒนาความเป็นตัวของตนเอง

หลักการสำคัญในการพัฒนาความคิด และการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมไปสู่การเป็นครูตามแนวคิดคอนสตรัคติวิสต์

1. จากบทบาทการเป็นผู้สอนไปสู่การเป็นผู้สร้าง โดยการลดบทบาทจากการสอนเป็นการแนะนำเพื่อให้ผู้เรียนสร้างความรู้ด้วยตนเอง และคอยติดตามความสนใจและสิ่งที่ผู้เรียนรู้เพื่อช่วยให้มีการเรียนเป็นรายบุคคล

2. จากการเสริมแรงไปสู่ความสนใจ โดยเป็นผู้ให้การสนับสนุน กระตุ้นความสนใจของผู้เรียนไปสู่การเรียนรู้ ทำให้มีความแตกต่างจากการเสริมแรงภายนอก เช่น ให้ รางวัลต่าง ๆ เพราะความสนใจเป็นเสมือนแรงจูงใจภายในที่นำเด็กไปสู่การพัฒนาการเรียนรู้

3. จากบังคับควบคุมไปสู่การพัฒนาผู้เรียนให้มีความเป็นตัวของตัวเอง โดยการส่งเสริมให้ผู้เรียนเรียนรู้และมีเหตุผลในการกระทำ ทำให้ความสัมพันธ์ระหว่างผู้เรียนกับครูเป็นความสัมพันธ์แบบร่วมมือ มีความเป็นมิตร และปฏิบัติต่อผู้เรียนด้วยการแสดงออกถึงการยอมรับนับถือซึ่งกันและกัน ครูต้องเป็นผู้ประเมินผู้เรียนเพื่อให้การช่วยเหลือได้ถูกต้อง เพื่อจัดเตรียมกิจกรรมและสถานการณ์ที่เหมาะสม กระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้และเป็นผู้ร่วมงานที่ต้องสร้างความสัมพันธ์แบบร่วมมือระหว่างผู้เรียนกับครู ผู้เรียนกับเพื่อนเกิดขึ้น

4. ส่งเสริมให้ผู้เรียนมีโอกาสร่วมมือกับบุคคลอื่น มีโอกาสได้เรียนรู้และแก้ปัญหาความขัดแย้งที่เกิดขึ้น สิ่งที่จำเป็นต่อการพัฒนาผู้เรียนคือ การควบคุมตนเอง และการ ร่วมมือกับผู้อื่น นอกจากนี้ความขัดแย้งยังเป็นสิ่งที่ผู้เรียนต้องเรียนรู้เพื่อแก้ปัญหาและพัฒนาไปสู่ ความร่วมมือระหว่างบุคคลและนำไปสู่การพัฒนาความเป็นตัวของตนเอง ดังนี้

4.1 สร้างที่ประชุมสำหรับใช้ในการตัดสินใจของกลุ่ม

4.2 มีการอภิปรายถึงสถานการณ์ยุ่งยากที่เกี่ยวกับจริยธรรมสังคมอย่างสม่ำเสมอ

4.3 มีการตัดสินใจเมื่อมีปัญหาเกิดขึ้น และสามารถขอความเห็นจากลุ่มได้

4.4 ให้โอกาสผู้เรียนได้แสดงความคิดเห็นในการแก้ปัญหา

จิราภรณ์ ศิริทวี (2541)กล่าวว่า หัวใจสำคัญของแนวคิดคอนสตรัคติวิสต์ที่ทำให้ผู้เรียนเรียนรู้ได้ดีที่สุด คือ

1. ผู้เรียนต้องเรียนรู้ด้วยตนเอง เป็นเจ้าของการเรียนและลงมือปฏิบัติจริงไม่ใช่การเรียนรู้ด้วยการบอกเล่า แต่ต้องเรียนรู้ด้วยความเข้าใจซึ่งมีแหล่งความรู้มาจากการที่ผู้เรียนมีปฏิสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อมตามธรรมชาติและความรู้ที่ได้จากการจัดกิจกรรม

2. ผู้เรียนจะเรียนรู้ได้ดีผ่านกระบวนการกลุ่ม ซึ่งจะช่วยเสริมให้เกิดการร่วมมือในการทำงาน ส่งผลถึงทักษะทางสังคมไม่ว่าจะเป็นการช่วยหลือกัน ความรับผิดชอบ การเป็นผู้นำ ผู้ตาม การตัดสินใจ การแก้ปัญหาข้อขัดแย้ง

3. ครูจะต้องสื่อสารออกมาในลักษณะของการกระตุ้นให้ผู้เรียนคิดมากกว่าที่จะบอกหรือตอบคำถามผู้เรียนตรง ๆ บทบาทของครูจึงเป็นแค่ผู้ชี้แนะไม่ใช่ผู้ชี้นำ

จากการศึกษาวิธีการจัดการเรียนการสอนตามทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ ข้างต้น ผู้วิจัยสรุปได้ว่า วิธีการจัดการเรียนการสอนต้องส่งเสริมให้เด็กทำกิจกรรมต่าง ๆ ตามความสนใจ ให้ผู้เรียนเป็นผู้ทำกิจกรรมด้วยตนเองมากกว่าให้ครูสอน ลงมือปฏิบัติจริง เน้นความสัมพันธ์ระหว่างครูกับผู้เรียนเป็นความร่วมมือมากกว่าการบังคับหรือควบคุม

7. ความพึงพอใจ

7.1 ความหมายของความพึงพอใจ

วนิสา นิรมาณ (2545, หน้า 67) กล่าวว่า ความพึงพอใจ หมายถึง ความรู้สึกชอบหรือไม่ชอบต่อกิจกรรมที่กระทำ ที่ปรากฏออกมาทางพฤติกรรมและเป็นองค์ประกอบที่สำคัญในการทำกิจกรรมต่าง ๆ ของบุคคล

ทัศนีย์ สิงห์เจริญ (2544, หน้า 52) กล่าวว่า ความพึงพอใจในการเรียนการสอน หมายถึง ความรู้สึกหรือทัศนคติในทางที่ดีของนักเรียนที่มีต่อการเรียนการสอน ความรู้สึกที่เกิดจากการที่ได้รับการตอบสนองทั้งทางด้านร่างกายและจิตใจ อันเป็นผลสืบเนื่องมาจากปัจจัยหรือ

องค์ประกอบต่าง ๆ ในการเรียนเช่น สภาพแวดล้อมในห้องเรียน เนื้อหาวิชาที่ได้รับจากการเรียน ซึ่งทำให้บุคคลเกิดความพึงพอใจในการเรียนการสอนจนประสบความสำเร็จในการเรียนได้

อุบลลักษณ์ ไชยชนะ (2543, หน้า 36) กล่าวว่า ความพึงพอใจในการเรียน หมายถึง ความรู้สึกหรือทัศนคติที่เป็นไปตามความคาดหวังที่จะทำให้เกิดความสามารถในการเรียนรู้ได้ยิ่งขึ้น

ทรงสมร คชเลิศ (2543, หน้า 12) ได้สรุปความพึงพอใจว่า เป็นเรื่องที่เกี่ยวข้องกับอารมณ์ ความรู้สึกและทัศนคติของบุคคลอันเนื่องมาจากสิ่งเร้าและแรงจูงใจ ซึ่งปรากฏออกมาทางพฤติกรรมและเป็นองค์ประกอบที่สำคัญในการทำกิจกรรมต่าง ๆ ของบุคคล

ราชบัณฑิตยสถาน (2542, หน้า 775) ได้ให้ความความหมายของความพึงพอใจไว้ว่า ความพึงพอใจ หมายถึง ความสุขหรือความพอใจที่ได้รับความสำเร็จหรือได้รับสิ่งที่ต้องการ

ระพินทร์ โพธิ์ศรี (2546, หน้า 38) ได้ให้ความความหมายของความพึงพอใจไว้ว่า ความพึงพอใจ คือ ความรู้สึกชอบหรือไม่ชอบของบุคคลแต่ละคน ที่มีต่อสิ่งแวดล้อมต่าง ๆ เป็นความรู้สึกที่อาจดำรงอยู่ได้นานพอสมควรและอาจมากหรือน้อยก็ได้

จากการศึกษา ความหมายของความพึงพอใจ ผู้วิจัยสรุปได้ว่า ความพึงพอใจ หมายถึง ความรู้สึกต่อสิ่งใดสิ่งหนึ่งในชอบหรือไม่ชอบของบุคคลที่มีต่อสิ่งต่าง ๆ ที่เกี่ยวของกับบุคคลนั้น ๆ เป็นความรู้สึกที่เกิดจากการได้รับการตอบสนอง ซึ่งอาจดำรงอยู่ได้นานและมากหรือน้อยก็ได้

7.2 แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับความพึงพอใจ

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับความพึงพอใจมีหลายทฤษฎี แต่ทฤษฎีที่ได้รับความนิยมทฤษฎีหนึ่ง คือ ทฤษฎีความต้องการตามลำดับขั้นของมาสโลว์ (Maslow) โดยมาสโลว์ (Maslow) (Maslow, 1970 อ้างอิงใน พัชรีพร จันทมา, 2555 หน้า 73-74) ได้กล่าวว่า มนุษย์ทุกคนมีความต้องการเหมือนกัน แต่ความต้องการนั้นเป็นลำดับขั้น เขาได้ตั้งสมมติฐานเกี่ยวกับความต้องการของมนุษย์ไว้ดังนี้

1. มนุษย์มีความต้องการอยู่เสมอ และไม่มีสิ้นสุด ขณะที่ความต้องการสิ่งใดได้รับการตอบสนองแล้ว ความต้องการสิ่งอื่นก็จะเกิดขึ้นอย่างไม่มีวันจบสิ้น

2. ความต้องการที่ได้รับการตอบสนองแล้ว จะไม่เป็นสิ่งจูงใจสำหรับพฤติกรรมอื่นต่อไป ความต้องกรที่ได้รับการตอบสนองเท่านั้นที่เป็นสิ่งจูงใจของพฤติกรรม

3. ความต้องการของมนุษย์จะเรียงเป็นลำดับขั้นตามลำดับความสำคัญ กล่าวคือ เมื่อความต้องการในระดับต่ำได้รับการตอบสนองแล้ว ความต้องการระดับสูงก็จะเรียกร้องให้ตอบสนอง ซึ่งลำดับขั้นความต้องการของมนุษย์มี 5 ขั้นตอนตามลำดับขั้นจากต่ำไปสูง ดังนี้

3.1 ความต้องการด้านร่างกาย (Physiological Needs) เป็นความต้องการเบื้องต้นเพื่อความอยู่รอดของชีวิต เช่น ความต้องการในเรื่องของอาหาร น้ำ อากาศ เครื่องนุ่งห่ม

ยารักษาโรค ที่อยู่อาศัย และความต้องการทางเพศ ความต้องการทางด้านร่างกายจะมีอิทธิพลต่อพฤติกรรมของคนก็ต่อเมื่อความต้องการทั้งหมดของคนยังไม่ได้รับการตอบสนอง

3.2 ความต้องการด้านความปลอดภัยหรือความมั่นคง (Security of Safety Needs) ถ้าความต้องการทางด้านร่างกายได้รับการตอบสนองตามสมควรแล้ว มนุษย์จะต้องการขั้นสูงต่อไป คือเป็นความรู้สึกที่ต้องการความปลอดภัยหรือความมั่นคงในปัจจุบัน และอนาคต ซึ่งรวมถึงความก้าวหน้าและความอบอุ่นใจ

3.3 ความต้องการทางด้านสังคม (Social of Belonging Needs) หลังจากที่มนุษย์ได้รับการตอบสนองทั้งสองขั้นดังกล่าวแล้ว ก็จะมีความต้องการสูงขึ้นอีก คือความต้องการทางสังคม เป็นความต้องการที่จะเข้าร่วมและได้รับการยอมรับในสังคม ความเป็ยมิตรและความรักจากเพื่อน

3.4 ความต้องการที่จะได้รับการยอมรับนับถือ (Esteem Needs) เป็นความต้องการให้คนอื่นยกย่อง ให้เกียรติและเห็นความสำคัญของตนเอง อยากเด่นในสังคม รวมถึงความสำเร็จ ความรู้ความสามารถ ความเป็นอิสระ และเสรีภาพ

3.5 ความต้องการความสำเร็จในชีวิต (Self Actualization) เป็นความต้องการระดับสูงสุดของมนุษย์ ส่วนมากจะเป็นการอยากจะเป็นอยากจะได้ตามความคิดของตน หรือต้องการที่จะเป็นมากกว่าที่ตนเองเป็นอยู่ในขณะนั้น

จากทฤษฎีความต้องการตามลำดับขั้นของมาสโลว์ (Maslow) ข้างต้น ผู้วิจัยสรุปได้ว่าความต้องการของมนุษย์ทุกคนมีเหมือนกัน และจะมีรูปแบบของความต้องการที่คล้ายกันตามทฤษฎีข้างต้น คือ มีความต้องการเป็นลำดับขั้น และเมื่อความต้องการของมนุษย์ได้รับการตอบสนองแล้วก็จะเกิดความพึงพอใจขึ้นมาต่อสิ่งต่าง ๆ รอบตัวของบุคคลนั้น ๆ

7.3 เครื่องมือวัดความพึงพอใจ

สก็อต (Scott, อ้างถึงในวันเพ็ญ เนียมสุข, 2538, หน้า 37) กล่าวถึง การสร้างเครื่องมือวัดเจตคติว่า จำเป็นจะต้องศึกษาถึงลักษณะของเจตคติดังนี้

1. ทิศทางของเจตคติ (Direction) มี 2 ทิศทาง คือ

1.1 เจตคติเชิงนิมาน หรือ เจตคติทางบวก (Positive) เป็นความโน้มเอียงของอารมณ์ในทางชอบ

1.2 เจตคติเชิงนิเสธ หรือเจตคติทางลบ (Negative) เป็นความโน้มเอียงทางอารมณ์ในลักษณะไม่พึงพอใจ เกลียดหรือต่อต้าน ไม่เห็นด้วย ทำให้บุคคลเกิดความเบื่อหน่ายหนีให้ห่างจากวัตถุนั้นหรือสภาพนั้นๆ

2. ระดับของเจตคติ (Magnitude) หมายถึง การที่บุคคลแสดงความรู้สึกต่อสิ่งใดสิ่ง

หนึ่งนั้นอาจมีความรู้สึกเพียงผิวเผิน เล็กน้อย หรือลุ่มลึก เจตคติระดับผิวเผิน จะไม่มีความคงที่เปลี่ยนแปลงง่าย ส่วนเจตคติระดับกลุ่มลุ่มลึกจะคงทนถาวรและเปลี่ยนแปลงยาก

3. ความเข้มของเจตคติ (Intensity) หมายถึง ปริมาณของความรู้สึกหรือมีความคิดเห็นที่มีต่อสิ่งหนึ่งสิ่งใด ซึ่งจะปรากฏในรูปของความรู้สึกต่อสิ่งนั้นมากน้อยเพียงใด การวัดเจตคตินั้นได้มีนักจิตวิทยาสร้างมาตรวัดไว้หลายรูปแบบที่นิยมแพร่หลายได้แก่

3.1 มาตรวัดเจตคติตามวิธีของลิเคิร์ท (Likert's Scale)

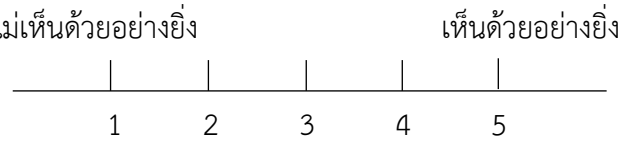
3.2 มาตรวัดเจตคติตามวิธีของเทอสโตน (Thustone's Scale)

3.3 มาตรวัดเจตคติตามวิธีของออสกูด (Osgood's Scale)

3.4 มาตรวัดเจตคติตามวิธีของกัตต์แมน (Guttman's Scale)

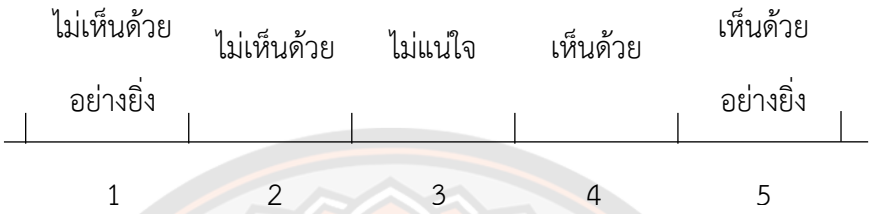
จากการศึกษาการใช้เครื่องมือวัดเจตคติหรือความพึงพอใจ ข้างต้น ผู้วิจัยสรุปได้ว่าลักษณะของเจตคติหรือความพึงพอใจในด้านต่าง ๆ คือ การศึกษาทิศทางเจตคติ ระดับของเจตคติแล้วจึงเลือกเครื่องมือหรือมาตรวัดเจตคติตามความเหมาะสม

ธีรวุฒิ เอกะกุล (2549 หน้า 55-60) แบบวัดเจตคติตามวิธีของลิเคิร์ท (Likert's Scale) เรนิส ลิเคิร์ท (Renis Likert) เป็นผู้คิดขึ้นโดยมีข้อตกลงเบื้องต้นว่าเจตคติมีลักษณะการกระจายแบบโค้งปกติ (Normal curve) ด้วยการนำข้อความที่สร้างขึ้นไปทดลองใช้กับกลุ่มตัวอย่าง ไม่ต้องให้คณะตัดสินพิจารณาเหมือนกับวิธีของเทอร์สโตน และกำหนดให้คะแนนโดยใช้เกณฑ์ความเบี่ยง เบนมาตรฐานให้คะแนนช่วงความรู้สึกเท่าๆ กันเป็น 5 เท่า ช่วงแบบต่อเนื่องเรียกว่า Arbitary Weighting Method ได้แก่ เห็นด้วยอย่างยิ่ง เห็นด้วย ไม่แน่ใจหรือเฉย ๆ ไม่เห็นด้วยและไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง ให้คะแนนเป็น 5, 4, 3, 2, 1 สำหรับข้อความทางบวก ส่วนข้อความทางลบในระดับความคิดเห็นเดียวกัน ให้คะแนนเป็น 1, 2, 3, 4, 5 ซึ่งได้ผลไม่แตกต่างกัน และพบว่ามีความสหสัมพันธ์สูงถึง 0.99 กับค่าคะแนนที่กำหนดเป็นจำนวนเต็ม ดังนั้นการกำหนดคะแนนของแต่ละระดับในแบบเจตคติแบบลิเคิร์ทในเวลาต่อมา จึงกำหนดเป็นคะแนนจำนวนเต็มเรียงกันไปอาจเริ่มจาก 1 ไปแทนที่จะเริ่มต้นด้วย 0 ก็ได้ คะแนนผู้ตอบแต่ละคนได้จากการรวมคะแนนจากการตอบแต่ละข้อของผู้ตอบ ดังภาพ 6 ดังนี้



ภาพ 6 สเกลตามแบบวัดเจตคติของลิเคิร์ท

ดังนั้น มาตรการวัดเจตคติของลิเคิร์ท จึงประกอบด้วยข้อความคิดเห็นหลาย ๆ ข้อ แต่ละข้อมีคุณค่าเจตคติตามสเกลระดับของความต่อเนื่อง จากไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง (Stronglr disagree) ไม่เห็นด้วย (Disagree) ไม่แน่ใจ (Uncertain) เห็นด้วย (Agree) และเห็นด้วยอย่างยิ่ง (Strongly agree) ตามภาพ 7 ดังนี้



ภาพ 7 สเกลข้อความตามแบบวัดเจตคติของลิเคิร์ท

จากการศึกษาการวิเคราะห์ผลการตอบมาตรวัดเจตคติ ข้างต้น ผู้วิจัยสรุปได้ว่า การวิเคราะห์ผลการตอบมาตรวัดเจตคติ ผู้ตอบจะเลือกตอบแบบมาตรประมาณค่าอย่างใดอย่างหนึ่ง และกำหนดน้ำหนัก ถ้าคำถามประเภทสนับสนุนจะให้น้ำหนักเห็นด้วยอย่างยิ่ง เห็นด้วย ไม่แน่ใจ ไม่เห็นด้วย และไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง เป็น 5, 4, 3, 2 และ 1 ตามลำดับ ถ้าเป็นคำถามประเภทไม่สนับสนุน จะให้น้ำหนักกลับกันคือ เห็นด้วยอย่างยิ่ง เห็นด้วย ไม่แน่ใจ ไม่เห็นด้วย และไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง เป็น 1, 2, 3, 4 และ 5 ตามลำดับ

8. ดัชนีประสิทธิผล

เมื่อพัฒนาพัฒนาการจัดการเรียนรู้โดยใช้การออกแบบ 6E ตามแนวคิด STEAM ร่วมกับปัญหาเป็นฐานเพื่อส่งเสริมสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ด้านการประเมินและการออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ปฏิกิริยาเคมี ขึ้นมาได้สำเร็จ ต้องทำการประเมินการจัดการเรียนรู้โดยการหาค่าดัชนีประสิทธิผลของการจัดการเรียนรู้ ซึ่งมีผู้กล่าวเกี่ยวกับการหาค่าดัชนีประสิทธิผลไว้ ดังนี้

กรมวิชาการ (2545, หน้า 64) กล่าวไว้ว่าการประเมินกิจกรรมการเรียนรู้โดยหาค่าดัชนีประสิทธิผล สามารถวิเคราะห์คะแนนที่ได้จากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ใช้สูตรการคำนวณ ดังนี้

$$\text{ค่าดัชนีประสิทธิผล} = \frac{\text{ร้อยละของคะแนนเฉลี่ยหลังเรียน - ร้อยละของคะแนนเฉลี่ยก่อนเรียน}}{\text{ร้อยละของคะแนนเต็มหลังเรียน - ร้อยละของคะแนนเฉลี่ยก่อนเรียน}}$$

สำหรับเกณฑ์ที่ยอมรับได้ว่ากิจกรรมการเรียนรู้มีประสิทธิผล สามารถช่วยนักเรียนเกิดประสบการณ์เรียนรู้ได้จริง คือ มีค่าตั้งแต่ 0.50 ขึ้นไป

บุญชม ศรีสะอาด (2546, หน้า 157-159) ได้กล่าวไว้ว่า การวิเคราะห์หาประสิทธิผลของกิจกรรมการเรียนรู้เป็นการวิเคราะห์เพื่อให้ทราบว่าสื่อต่าง ๆ เทคนิคและวิธีการที่ใช้ในกิจกรรมการเรียนรู้ ที่ผู้วิจัยได้ศึกษาและพัฒนาขึ้นนั้นมีประสิทธิผลเพียงใด โดยการนำกิจกรรมการเรียนรู้นั้นไปทดลองกับนักเรียนที่มีความสามารถอยู่ในระดับที่ต้องการ จากนั้นนำผลที่ได้จากการทดลองมาวิเคราะห์หาค่าประสิทธิผล ดังนั้น ประสิทธิผล หมายถึง ความสามารถในการให้ผลที่ชัดเจนและแน่นอน นิยมวิเคราะห์ผลปละแปลผลได้ 2 วิธี ดังนี้

วิธีที่ 1 พิจารณาผลของการพัฒนา ทำได้โดยการเปรียบเทียบระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียน เพื่อให้เห็นการพัฒนาหรือความงอกงาม ผู้วิจัยจำเป็นต้องสร้างเครื่องมือวัดผลในตัวแปรที่สนใจ เช่น แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เป็นเครื่องมือที่ใช้วัดผลการเรียนรู้จากการเรียนเนื้อหาในเรื่องนั้น ๆ หรือหลังจากการเรียนเรื่องนั้น ๆ แบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนจะสร้างขึ้นก่อนเริ่มทำการสอนหรือทำการทดลอง จากนั้นจะนำแบบทดสอบมาใช้วัดผลกับนักเรียน ทั้งก่อนเรียนและหลังเรียน จากนั้นนำผลการทดสอบทั้ง 2 ครั้งมาเปรียบเทียบกัน โดยเขียนคะแนนหลังเรียนไว้ก่อนเรียน และจำแนกออกเป็น 2กลุ่ม คือ 1) การพิจารณารายบุคคล 2) การพิจารณารายกลุ่ม

วิธีที่ 2 พิจารณาจากการหาค่าดัชนีประสิทธิผล ซึ่งสามารถแบ่งออกเป็น 2 กรณี

1. การหาค่าดัชนีประสิทธิผลกรณีรายบุคคลตามแนวคิดของ Hofland จะใช้สูตร ดังนี้

$$\text{ค่าดัชนีประสิทธิผล} = \frac{\text{คะแนนสอบหลังเรียน - คะแนนสอบก่อนเรียน}}{\text{คะแนนเต็มหลังเรียน - คะแนนสอบก่อนเรียน}}$$

2. การหาค่าดัชนีประสิทธิผลโดยใช้คะแนนของกลุ่ม ซึ่งจะนิยมใช้มากกว่าสูตรการคำนวณจะเปลี่ยนไป ดังนี้

$$\text{ค่าดัชนีประสิทธิผล} = \frac{\text{ผลรวมคะแนนหลังเรียนทุกคน - ผลรวมคะแนนก่อนเรียนทุกคน}}{(\text{จำนวนนักเรียน} \times \text{คะแนนเต็ม}) - \text{ผลรวมคะแนนก่อนเรียนทุกคน}}$$

ชวลิต ชูกำแพง (2553, หน้า 133) ได้กล่าวถึงการคำนวณหาดัชนีประสิทธิผลว่าสามารถทำได้หลายสูตร แต่นิยมใช้เป็นวิธีหาค่า E.I. ด้วยวิธีของกู๊ดแมน เฟลดเซอร์ และชไนเดอร์ ดังนี้

$$E.I. = \frac{\text{ผลรวมคะแนนสอบหลังเรียน - ผลรวมคะแนนทดสอบก่อนเรียน}}{(\text{จำนวนนักเรียน} \times \text{คะแนนเต็ม}) - \text{ผลรวมคะแนนทดสอบก่อนเรียน}}$$

จากการศึกษาวิธีการหาค่าดัชนีประสิทธิผล ข้างต้น สำหรับงานวิจัยครั้งนี้ ค่าดัชนีประสิทธิผลของการจัดการเรียนรู้ หมายถึง ตัวเลขที่แสดงถึงความก้าวหน้าในการเรียนของผู้เรียนที่ได้รับการเรียนรู้โดยใช้การออกแบบ 6E ตามแนวคิด STEAM เรื่อง ปฏิกิริยาเคมี โดยคำนวณจากผลรวมของคะแนนหลังเรียนทุกคน ลบกับผลรวมของคะแนนก่อนเรียนทุกคนหารด้วยจำนวนนักเรียนทั้งหมดคูณกับคะแนนเต็ม และลบด้วยผลรวมของคะแนนก่อนเรียนทุกคน โดยเกณฑ์ค่าดัชนีประสิทธิผลมีค่าตั้งแต่ 0.50 ขึ้นไป จึงจะยอมรับว่าการจัดการเรียนรู้โดยใช้การเรียนรู้โดยใช้การออกแบบ 6E ตามแนวคิด STEAM ที่สร้างขึ้นมามีค่าดัชนีประสิทธิผลที่ผ่านเกณฑ์และสามารถทำให้นักเรียนประสบความสำเร็จในการจดการเรียนรู้ ซึ่งหาค่าดัชนีประสิทธิผลได้จากสูตร

$$\text{ค่าดัชนีประสิทธิผล} = \frac{\text{ผลรวมคะแนนสอบหลังเรียนทุกคน - ผลรวมคะแนนทดสอบก่อนเรียนทุกคน}}{(\text{จำนวนนักเรียน} \times \text{คะแนนเต็ม}) - \text{ผลรวมคะแนนทดสอบก่อนเรียนทุกคน}}$$

เกณฑ์ที่ยอมรับได้ว่าสื่อหรือนวัตกรรมมีประสิทธิผล คือ มีค่าตั้งแต่ 0.50 ขึ้นไป

9. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

9.1 งานวิจัยภายในประเทศ

น้ำฝน คูเจริญไพศาล และคณะ (2562) ได้ศึกษางานวิจัย เรื่อง การพัฒนาชุดกิจกรรมวิทยาศาสตร์ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เรื่อง การปรับปรุงคุณภาพน้ำสำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น ซึ่งมีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างชุดกิจกรรมวิทยาศาสตร์ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เรื่อง การปรับปรุงคุณภาพน้ำสำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น และประเมินคุณภาพชุดกิจกรรมโดยผู้เชี่ยวชาญ ทดลองใช้ชุดกิจกรรมเพื่อศึกษาผลการเรียนรู้ของนักเรียนที่เรียนโดยใช้ชุดกิจกรรมดังกล่าว และศึกษาความพอใจของนักเรียนที่มีต่อการเรียนโดยใช้ชุดกิจกรรมวิทยาศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นมา ผลการวิจัย พบว่า ผลการประเมินคุณภาพชุดกิจกรรมวิทยาศาสตร์ เรื่อง การปรับปรุงคุณภาพน้ำโดยผู้เชี่ยวชาญมีคุณภาพอยู่ในระดับมาก ผลการเรียนรู้ของนักเรียนที่เรียน โดยใช้ชุดกิจกรรมวิทยาศาสตร์มีคะแนนเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละ 74.49 สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 ที่กำหนดไว้อย่างมี

นัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และนักเรียนมีความพึงพอใจต่อการเรียนด้วยชุดกิจกรรมวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับพึงพอใจมาก

พิมพกานต์ ลาบุตรดี (2562) ได้ศึกษางานวิจัย เรื่อง การพัฒนาการรู้เรื่องวิทยาศาสตร์โดยการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาร่วมกับประเด็นปัญหาทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ เรื่อง ปรากฏการณ์เรือนกระจก ของนักเรียนในระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) ศึกษาการพัฒนาการรู้เรื่องวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้ 2) เปรียบเทียบการรู้เรื่องวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ก่อน และหลังการจัดการเรียนรู้ รูปแบบการวิจัยเป็นแบบ One Group Pretest-Posttest Design โดยกลุ่มตัวอย่าง คือ นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ในโรงเรียนกลุ่มโรงเรียนจุน 2 สังกัด สพป.พะเยา เขต 2 จำนวน 32 คน ที่ได้มาโดยใช้วิธีการสุ่มตัวอย่างแบบกลุ่ม โดยใช้ห้องเรียนของแต่ละโรงเรียนเป็นหน่วยสุ่ม เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วย 1) แผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาร่วมกับประเด็นปัญหาทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ 2) แบบทดสอบวัดสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ และ 3) แบบวัดเจตคติต่อวิทยาศาสตร์ สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และการทดสอบหาค่าที (dependent sample t-test) ผลการวิจัยพบว่า 1) นักเรียนมีสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนอยู่ในระดับ 3 โดยมีค่าเฉลี่ยร้อยละ 58.97 ($\overline{X}$ =17.69, S.D.= 3.31) โดยสมรรถนะความสามารถในการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์มีคะแนนเฉลี่ยสูงขึ้นมากที่สุด และนักเรียนมีเจตคติต่อวิทยาศาสตร์เฉลี่ยหลังเรียน อยู่ในระดับมาก ($\overline{X}$ = 2.51, S.D.= 0.15) โดยด้านความตระหนักถึงสิ่งแวดล้อมมีค่าเฉลี่ยสูงขึ้นมากที่สุด 2) นักเรียนมีสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 และนักเรียนมีเจตคติต่อวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

มนตรี จันตะมะ (2562) ได้ศึกษางานวิจัยเรื่อง การจัดการเรียนรู้โดยใช้วิจัยเป็นฐานที่ส่งเสริมสมรรถนะการประเมินและการออกแบบการะบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์และทักษะการทำงานร่วมกันเป็นทีมเรื่อง การสืบพันธ์และการเจริญเติบโตของพืชดอกสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษา 1) แนวทางการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิจัยเป็นฐานที่ส่งเสริมสมรรถนะการประเมินและออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ และทักษะการทำงานร่วมกันเป็นทีม เรื่อง การสืบพันธุ์และการเจริญเติบโตของพืชดอก 2) พัฒนาการด้านสมรรถนะการประเมินและออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทาง วิทยาศาสตร์ และ 3) พัฒนาการด้านทักษะการทำงานร่วมกันเป็นทีม โดยมีผู้ร่วมวิจัยได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 32 คน ซึ่งได้เลือกแบบเฉพาะเจาะจง เครื่องมือวิจัยได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้ แบบบันทึกสะท้อนผล แบบประเมินสมรรถนะ ใบบันทึกการเรียนรู้และ ชิ้นงานของนักเรียน และแบบประเมินทักษะการทำงานร่วมกันเป็นทีม ดำเนินการวิจัยทั้งสิ้น 3 วงจรปฏิบัติการ ผลการวิจัยพบว่า การ

จัดการเรียนรู้ควรใช้ บทความวิจัย กระบวนการวิจัย และการ สัมมนาผลการวิจัย เป็นฐานในการจัดการเรียนรู้ อันประกอบไปด้วย 6 ขั้นตอน ได้แก่ (1) กำหนด หัวข้อวิจัย (2) การออกแบบการวิจัย/วิธีการหาข้อมูล (3) รวบรวมข้อมูล (4) วิเคราะห์ข้อมูล และ สรุปผลการวิจัย (5) นำเสนอผลการวิจัย และ (6) ประเมินผล ซึ่งจะช่วยส่งเสริมให้นักเรียนส่วน ใหญ่ (ร้อยละ 64.52) มีการพัฒนาสมรรถนะได้ในระดับสูง เพราะการจัดการเรียนรู้นี้ เปิดโอกาสให้ นักเรียนได้มีส่วนร่วมในประเมินผลการเรียนรู้ของตนเอง และผู้อื่น นอกจากนี้พบว่านักเรียนสามารถพัฒนาทักษะการทำงานร่วมกันเป็นทีมในด้านการเข้าใจในความแตกต่างระหว่างวัฒนธรรม (4.64) ได้มากที่สุด

มุสตากีม อาแว (2562) ได้ศึกษางานวิจัยเรื่อง การจัดการเรียนรู้ธรรมชาติของเทคโนโลยีในห้องเรียนวิทยาศาสตร์ยุคใหม่ โดยใช้กระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม ผลการวิจัยพบว่า การจัดการศึกษาวิทยาศาสตรยุคใหมได้เปลี่ยนผานจากการมุงเนนการอธิบายปรากฏการณทางธรรมชาติไปสูยุคของการใชเทคโนโลยีในการสรางสรรคนวัตกรรมเพื่อแกปญหาทาทาย ผูเรียนจึงจำเปนตองเรียนรูธรรมชาติของเทคโนโลยีที่มีลักษณะเฉพาะตัว ไดแก เทคโนโลยีเปนการประยุกตความรูดานวิทยาศาสตรและคณิตศาสตร กระบวนการสรางเทคโนโลยีสามารถเกิดขอผิดพลาดได เทคโนโลยีมีความแตกตางไปตามบริบทของพื้นที่และเทคโนโลยีมีผลกระทบรอบดานทั้งตอสังคมและสิ่งแวดลอมโดยแนวทางการสอนธรรมชาติของเทคโนโลยีในวิชาวิทยาศาสตร ควรบูรณาการกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม รวมกับการสะทอนคิดอยางชัดแจงของนักเรียนทายบทเรียน ซึ่งมีรูปแบบการจัดการเรียนรูตามแนว EDP ที่สำคัญ 3 รูปแบบ คือ โมเดล SLED, 6E Learning และ Project-Based Learning รวมกับแนวทางการประเมินผลตามสภาพจริงตามตัวชี้วัดตามมาตรฐานสตีมศึกษาของสถาบันสงเสริมการสอนวิทยาศาสตรและเทคโนโลยี ทั้งนี้เพื่อนำมาสูการยกระดับการจัดการศึกษาวิทยาศาสตรยุคใหมตามบริบทและกระแสสังคมในปจจุบันอยางมีประสิทธิภาพ

จุฬาลักษณ์ วงษ์วัฒนะ (2563) ได้ศึกษางานวิจัย เรื่อง ผลของการจัดการเรียนรู้แบบตกผลึกโดยประยุกต์ใช้การประเมินสภาพจริง ที่มีต่อสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 งานวิจัยนี้มีจุดประสงค์เพื่อเปรียบเทียบสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบตกผลึกโดยประยุกต์ใช้การประเมินตามสภาพจริงจากการวัดซ้ำเมื่อควบคุมเอกลักษณ์ทางวิทยาศาสตร์กลุ่มตัวอย่างในการวิจัย คือ นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่กำลังศึกษาในปีการศึกษาที่ 2563 โรงเรียนกนกศิลป์พิทยาคม จังหวัดบุรีรัมย์ จำนวน 24 คน ได้มาจากการสุ่มตัวอย่างแบบหลายขั้นตอน (Multi-stage Sampling) เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยได้แก่แบบวัดเอกลักษณ์ทางวิทยาศาสตร์, แผนการจัดการ เรียนรู้แบบตกผลึกประกอบการประเมินสภาพจริง และแบบทดสอบสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลได้แก่ ค่าเฉลี่ย ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน การวิเคราะห์ความ แปรปรวนร่วม เมื่อมีการวัดซ้ำ One – way Repeated Measures ANCOVA ผลการวิจัย พบว่า สมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้น

มัธยมศึกษาปีที่ 1 หลังได้รับการจัดการเรียนรู้ แบบตกผลึกโดยประยุกต์ใช้การประเมินสภาพจริงครั้งที่ 1 , 2 และ 3 แตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 (F= 86.853 , p =0.000) เมื่อควบคุมเอกลักษณ์ทางวิทยาศาสตร์และเมื่อเปรียบเทียบคะแนนสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบตกผลึก โดยประยุกต์ใช้การประเมินสภาพจริงโดยมีเอกลักษณ์ทางวิทยาศาสตร์เป็นตัวแปรร่วม ผลการเปรียบเทียบรายคู่พบว่า คะแนนเฉลี่ยสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ครั้งที่ 1 และ ครั้งที่ 2 มีความ แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 , ครั้งที่ 2 และ ครั้งที่ 3 มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 , ครั้งที่ 1 และ ครั้งที่ 3 มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

พิมพลอย ตามตระกูล (2563) ได้ศึกษางานวิจัย เรื่อง การพัฒนาความฉลาดรู้ด้านวิทยาศาสตร์ เรื่อง กรด - เบส ด้วยการจัดการเรียนรู้แบบใช้บริบทเป็นฐานร่วมกับการใช้เทคโนโลยีสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาแนวทางการจัดการเรียนรู้แบบใช้บริบทเป็นฐาน ร่วมกับการใช้เทคโนโลยีที่พัฒนาความฉลาดรู้ด้านวิทยาศาสตร์ และศึกษาพัฒนาการความฉลาดรู้ด้านวิทยาศาสตร์ เรื่อง กรด-เบส กลุ่มเป้าหมายในการวิจัย ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 22 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วย แผนการจัดการเรียนรู้แบบใช้บริบทเป็นฐานร่วมกับการใช้เทคโนโลยีแบบสะท้อนการจัดการเรียนรู้ใบกิจกรรมของนักเรียน และแบบวัดความฉลาดรู้ด้านวิทยาศาสตร์โดยวิเคราะห์ข้อมูลจากแบบสะท้อนการจัดการเรียนรู้ด้วยการวิเคราะห์เชิงเนื้อหา วิเคราะห์การพัฒนาระดับความฉลาดรู้ด้านวิทยาศาสตร์ด้วยการให้คะแนนและจัดระดับตามกรอบการประเมิน PISA 2015 และใช้วิธีการตรวจสอบแบบสามเส้าเพื่อยืนยันความน่าเชื่อถือของงานวิจัย ผลการวิจัยพบว่า แนวทางการจัดการเรียนรู้แบบใช้บริบทเป็นฐานร่วมกับการใช้เทคโนโลยีประกอบด้วย 4 ขั้น ได้แก่ ขั้นที่ 1 ขั้นกำหนดสถานการณ์ ครูกำหนดสถานการณ์เกี่ยวกับสิ่งแวดล้อมรอบตัวนักเรียนที่สามารถพบเห็นได้ในชีวิตประจำวันและใช้คำถามกระตุ้นให้นักเรียนระบุปัญหาและ เลือกประเด็นที่สามารถตรวจสอบได้ด้วยวิธีการทางวิทยาศาสตร์ ขั้นที่ 2 ขั้นลงมือปฏิบัติงาน ครูให้นักเรียนออกแบบวิธีการ ตรวจสอบปัญหาโดยบูรณาการร่วมกับการใช้แอพพลิเคชันหรือโปรแกรมห้องปฏิบัติการเสมือนและเครือข่ายสังคมออนไลน์ เพื่อให้นักเรียนได้ใช้เป็นเครื่องมือในการลงมือปฏิบัติหรือสืบค้นหาข้อมูลเพิ่มเติมหรือใช้เพื่อแลกเปลี่ยนความคิดเห็นและประเมินความเหมาะสมของวิธีการที่ได้ออกแบบไว้ขณะลงสำรวจพื้นที่จริง ขั้นที่ 3 ขั้นเรียนรู้แนวคิดสำคัญ นักเรียนวิเคราะห์ ผลการตรวจสอบ อภิปรายและออกแบบผ่านเว็บไซต์สำหรับงานกราฟิกพร้อมนำเสนอผลการตรวจสอบและขั้นที่ 4 ขั้นนำไปใช้ ในสถานการณ์ใหม่ ครูนำเสนอสถานการณ์ใหม่ที่คล้ายคลึงสถานการณ์เดิมผ่านเครือข่ายสังคมออนไลน์ สำหรับผลการพัฒนาความฉลาดรู้ด้านวิทยาศาสตร์ของนักเรียนพบว่า นักเรียนสามารถพัฒนาระดับความฉลาดรู้ด้านวิทยาศาสตร์หลังเรียนอยู่ที่ ระดับ 2 สูงกว่าก่อนเรียนที่ระดับ 1b โดยสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ที่นักเรียนมีการพัฒนามาก

ที่สุดไปน้อยที่สุด ได้แก่ สมรรถนะการแปลความหมายข้อมูลและการใช้ประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์ สมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิง วิทยาศาสตร์และสมรรถนะการประเมินและออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์

ธีระสิทธิ์ ดิสกุล (2565) ได้ศึกษางานวิจัย เรื่อง การวิจัยปฏิบัติการเพื่อพัฒนาสมรรถนะการประเมินและการออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่องกรด เบส โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา งานวิจัยนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อศึกษา 1) แนวทางการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่พัฒนาสมรรถนะประเมินและการออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง กรด เบส ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 2) ผลการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่มีผลต่อสมรรถนะการประเมินและออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง กรด เบส ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้การจัดการเรียนรู้ผ่านกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา กลุ่มเป้าหมายในการวิจัยครั้งนี้ คือ นักเรียนในชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2562 จำนวน 26 คน ในโรงเรียนแห่งหนึ่งในจังหวัดกำแพงเพชร ผลการวิจัย พบว่า 1) แนวทางที่เหมาะสมในการจัดการเรียนรู้ประกอบด้วย 1.1) ขั้นสร้างความสนใจ ครูนำเสนอสถานการณ์ให้นักเรียนร่วมกันอภิปราย วิเคราะห์ปัญหาจากสถานการณ์ รวมทั้งระบุปัญหาและแยกแยะประเด็นปัญหา หรือคำถามใดสามารถตรวจสอบได้ด้วยกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และเลือกปัญหาที่ต้องการสำรวจตรวจสอบด้วยวิธีการทางวิทยาศาสตร์และนำเสนอประเด็นปัญหา 1.2) ขั้นการออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ นักเรียนออกแบบและนำเสนอวิธีการตรวจสอบปัญหาทางวิทยาศาสตร์และลงมือปฏิบัติการทดลองตามที่ออกแบบไว้ 1.3) ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป นักเรียนร่วมกันประเมินวิธีสำรวจตรวจสอบประเด็นปัญหาทางวิทยาศาสตร์เพื่อเรียนรู้แนวคิดสำคัญจากการทำกิจการเรียนรู้ โดยเปิดโอกาสให้นักเรียนได้นำสนอวิธีการทดลองและผลการทดลองและร่วมกันอภิปรายผลการทดลองรวมทั้งสรุปความรู้หรือแนวคิดที่ได้จากกิจกรรมการเรียนรู้ 1.4) ขั้นปรับปรุงนวัตกรรมและขยายความรู้ นักเรียนปรับปรุงการทดลองและลงมือปฏิบัติการทดลอง และร่วมกันอภิปรายผลการทดลองรวมทั้งสรุปความรู้หรือแนวคิดที่ได้จากปรับปรุงการทดทดลองและร่วมกันประเมินวิธีการสำรวจตรวจสอบปัญหาทางวิทยาศาสตร์ 1.5) ขั้นการวัดและประเมินผล นักเรียนนำเสนอแนวคิดและขั้นตอนการสืบเสาะหาความรู้ของการสร้างชิ้นงานหรือการพัฒนาวิธีการ เพื่อการพัฒนาต่อไปหรือเป็นเป็นการประเมินการเรียนรู้ด้วยกระบวนการต่าง ๆ และ 2) การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา นักเรียนมีคะแนนสมรรถนะการประเมินและออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์สูงกว่าก่อนเรียนและนักเรียนมีการพัฒนาการที่ดีขึ้นอย่างเป็นลำดับในแต่ละวงจรปฏิบัติการ แสดงให้

เห็นว่าจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาช่วยพัฒนาสมรรถนะการประเมินและออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนได้

สุภาพร บุตรสัย (2565) ได้ศึกษางานวิจัย เรื่อง ผลของการจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการคิดเชิงออกแบบที่มีต่อสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 งานวิจัยครั้งนี้มีความมุ่งหมาย 1) เพื่อเปรียบเทียบสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการคิดเชิงออกแบบก่อนเรียนและหลังเรียน 2) เพื่อเปรียบเทียบสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระหว่างกลุ่มที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการคิดเชิงออกแบบกับกลุ่มที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนสุรธรรมพิทักษ์สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษานครราชสีมา ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2565 จำนวน 70 คน แบ่งเป็นกลุ่มทดลอง 35 คน และกลุ่มควบคุม 35 คน ซึ่งได้มาจากการสุ่มตัวอย่างแบบหลายขั้นตอน (multi-stage random sampling) การวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง แบบ Randomized control Group Pretest-Posttest Design ใช้ระยะเวลาในการทดลอง 4 สัปดาห์เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ประกอบด้วยแบบวัดสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์แผนการจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการคิดเชิงออกแบบ จำนวน 4 แผน และแผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) จำนวน 4 แผน วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติบรรยาย สถิติ Hotelling T2 และการวิเคราะห์ความแปรปรวนพหุนามแบบทางเดียว (One-way MANOVA) ผลการวิจัย พบว่า 1) นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการคิดเชิงออกแบบมีสมรรถนะทาง วิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 2) นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการคิดเชิงออกแบบมีสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จิตสุภา ฤกษ์อำนวยชัย (2566) ได้ศึกษางานวิจัย เรื่อง ผลการจัดการเรียนรู้ที่เน้นสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ปฏิกิริยาเคมี ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์และสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนเศรษฐบุตรบำเพ็ญกรุงเทพมหานคร งานวิจัยนี้มีจุดประสงค์เพื่อ 1) เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ที่เน้นสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์กับที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ 2) เปรียบเทียบสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนของนักเรียนในชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ที่เน้นสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์กับที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ 3) เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ที่เน้นสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนและหลังเรียน และ 4) เพื่อเปรียบเทียบสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ที่เน้นสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนและหลังเรียน ผลการวิจัยปรากฏว่า 1) ผลสัมฤทธิ์ทางการ

เรียนวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่ได้รับการจัดเรียนรู้ที่เน้นสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์และแบบปกติไม่แตกต่างกัน 2) สมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่ได้รับการจัดเรียนรู้ที่เน้นสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์สูงกว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 3) นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ที่เน้นสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์มีคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และ 4) นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ที่เน้นสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ มีคะแนนสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ .05

9.2 งานวิจัยต่างประเทศ

Scott (2012) ได้ศึกษาการจัดกิจกรรมการเรียนรู้บูรณาการวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมและคณิตศาสตร์ในโรงเรียนมัธยมในสหรัฐอเมริกา มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาบทบาทของ STEM ในโรงเรียนมัธยม 10 แห่งทั่วสหรัฐอเมริกา ในการพยายามเพื่อเตรียมความพร้อมแก่นักเรียน 44 สำหรับเข้าทำงานในสาขาที่เกี่ยวข้องกับ STEM ในหลาย ๆ โรงเรียนได้มีการออกแบบแผนและดำเนินการนำไปใช้แล้ว แต่อีกหลาย ๆ แห่งยังอยู่ในขั้นดำเนินการวางแผนอยู่ จากการศึกษาชี้ให้เห็นว่านักเรียนที่สมัครใจเข้าร่วมห้องเรียน STEM มีความสามารถในการแก้ปัญหาต่าง ๆ ได้ดีกว่าเด็กนักเรียนระดับเดียวกันแต่ไม่ได้เข้าร่วม และนักเรียนกลุ่มที่เข้าร่วมนี้ยังให้บอกอีกว่า หากพวกเขาได้รับโอกาสและการสนับสนุนส่งเสริมให้สามารถเรียนรู้ที่จะแก้ปัญหาที่พบเจอในชีวิตและฝึกงานจริงหรือให้รับผิดชอบทำโครงงานขึ้นมาสักชิ้น เพื่อใช้ขอสำเร็จการศึกษา พวกเขาก็สามารถสำเร็จการศึกษาขั้นพื้นฐานได้อย่างแน่นอน

Han และคณะ (2014) ได้ศึกษาผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้บูรณาการวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมและคณิตศาสตร์ผ่านการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานว่ามีผลต่อนักเรียนที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์แตกต่างกันอย่างไร โดยตลอดระยะเวลาการศึกษาวิจัยในครั้งนี้ โรงเรียนแต่ละแห่งมีการใช้ STEM PBL มาก่อนหน้าแล้วและมีการปรับปรุงทุก ๆ 6 เดือนเป็นเวลา 3 ปี ส่วนครูผู้สอนก็ได้เข้าร่วมรับการพัฒนาสู่ครูมืออาชีพทางด้าน STEM อีกด้วย ผลการศึกษาชี้ให้เห็นว่า กิจกรรมการเรียนการสอนแบบ STEM PBL ส่งผลทำให้ผลสัมฤทธิ์ในรายวิชาคณิตศาสตร์เพิ่มสูงขึ้นและมีอัตราการเพิ่มขึ้นสูงสุดในกลุ่มนักเรียนที่มีผลสัมฤทธิ์ต่ำและส่งผลทำให้ช่วยลดช่องว่างของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนลงมาอีกด้วย

Hyoungbum Kim และคณะ (2016) ได้ศึกษาวัตถุประสงค์ของการวิจัยนี้คือการพัฒนาโปรแกรม STEAM ในบริบทของการสอนและการเรียนรู้เครื่องดนตรีเกาหลีแบบดั้งเดิมและนำไปใช้ในชั้นเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายเพื่อพิจารณาประสิทธิภาพของโปรแกรม โปรแกรม STEAM ได้รับการพัฒนาผ่านกระบวนการปรึกษาหารืออย่างต่อเนื่องระหว่างทีมพัฒนาและผู้เชี่ยวชาญภายนอก โปรแกรมนี้ถูกนำไปใช้เป็นเวลาหกสัปดาห์ในชั้นเรียนวิทยาศาสตร์ชั้นปีที่ 11 ซึ่งประกอบด้วยนักเรียน

26 คน นักเรียน 26 คนที่เข้าร่วมการศึกษาวิจัยนี้เข้าร่วมการสัมภาษณ์แบบกึ่งโครงสร้างเพื่อพิจารณาว่านักเรียนรับรู้เกี่ยวกับโปรแกรม STEAM ได้อย่างไรและตรวจสอบความเหมาะสมของโปรแกรม ผลลัพธ์มีดังนี้ นักเรียนรับรู้ถึงความหมายและความจำเป็นของการศึกษา STEAM ในฐานะขั้นตอนการแก้ปัญหาซึ่งส่งผลให้มีความรู้ด้าน STEAM เพิ่มขึ้นและพัฒนาแนวคิดผ่านการแลกเปลี่ยนความคิดเห็น นักเรียนส่วนใหญ่ระบุว่าพวกเขาจะใช้ความรู้ที่เรียนรู้จากโปรแกรม STEAM ในชั้นเรียนวิทยาศาสตร์บ่อยครั้งเนื่องจากช่วยให้พวกเขาเข้าใจกระบวนการแก้ปัญหาได้ดีขึ้น ดังนั้น โปรแกรม STEAM ในชั้นเรียนวิทยาศาสตร์จึงมีแนวโน้มที่จะสนับสนุนความรู้ด้าน STEAM ผ่านการบูรณาการวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และศิลปะ ตลอดจนพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาโดยการนำเสนอแนวคิดใหม่ ๆ

An และ Yang (2019) ได้ศึกษาการประยุกต์ใช้สตีมศึกษาร่วมกับการจัดการเรียนรู้ 6E Learning ในการสอนฟิสิกส์ที่โรงเรียนมัธยมศึกษาตอนต้นในประเทศจีนจากการศึกษารายกรณี Case Study และการทดลอง ในเรื่องเสียงอันตราย โดยใช้แบบสอบถาม STEAM Literacy ที่สำรวจความคิดเห็นเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้ STEAM + 6E พบว่าในการสอนฟิสิกส์ระดับมัธยมศึกษาตอนต้น STEAM-based ประสบความสำเร็จและมีประสิทธิภาพนักเรียนมีความเข้าใจความสัมพันธ์ระหว่างวิทยาศาสตร์เทคโนโลยี คณิตศาสตร์ ศิลปะ และวิศวกรรม สามารถเรียนรู้ได้วิทยาศาสตร์ (ฟิสิกส์) ความรู้จากกิจกรรมในเวลาเดียวกันทำและผู้เรียนมีความพึงพอใจในการเรียนด้วยรูปแบบ STEAM อยู่ในระดับสูง

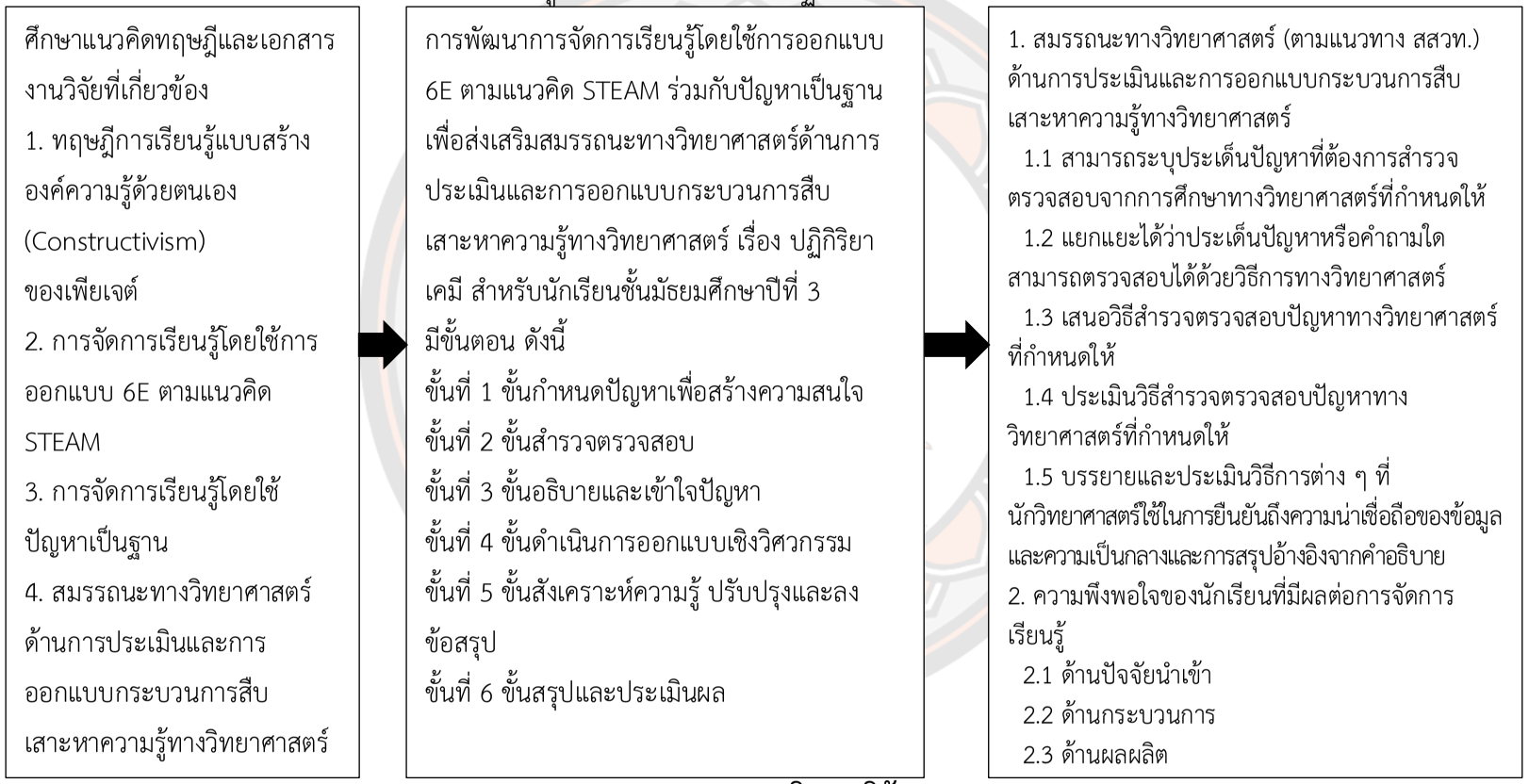
Xiaoyi และคณะ (2020) ได้ทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวกับการประเมินการเรียนรู้ของนักเรียนตามแนวสะเต็มศึกษา (STEM education) จากบทความวิจัยเชิงประจักษ์ทั้งหมด 635 บทความ พบว่าการศึกษาวิจัยส่วนใหญ่มีวัตถุประสงค์การเรียนรู้สี่ด้าน คือ ด้านความรู้ ด้านทักษะ ทักษะการปฏิบัติ และขอบเขตอารมณ์ความพึงพอใจของผู้เรียน นอกจากนี้ยังพบว่าการประเมินส่วนใหญ่เน้นการประเมินความรู้ทางเดียว สาขาวิชาเดียว ซึ่งการประเมินไม่สอดคล้องกับเป้าหมายของโปรแกรมการจัดการศึกษาตามแนวสะเต็มศึกษา ที่มุ่งพัฒนานักเรียน ความเข้าใจ หรือทักษะแบบสหวิทยาการ

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องทั้งในประเทศและต่างประเทศการจัดการเรียนรู้โดยใช้การออกแบบ 6E ตามแนวคิด STEAM เป็นการจัดการเรียนรู้ที่มาแนวคิดมาจากการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา (STEM Education) เป็นการบูรณาการความรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมและคณิตศาสตร์ และศิลปศาสตร์เข้าด้วยกัน เพื่อสนับสนุนส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดการคิดวิเคราะห์ มีความสามารถในการแก้ปัญหา มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ที่สูงขึ้น ส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ด้านการประเมินและออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ เกิดความคิดสร้างสรรค์ เป็นต้น ส่วนการจัดการเรียนการรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานเป็นตั้งปัญหา การใช้คำถามในการจัดการเรียนการสอน ช่วยให้มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่สูงขึ้น และ

ความสามารถในการคิดแก้ปัญหา ความสามารถด้านการคิดวิเคราะห์ การสังเคราะห์ประเมินค่า ทำให้นักเรียนเกิดความอยากรู้อยากเห็น กระตือรือร้น ในค้นหาข้อมูล ทดลอง และลงมือปฏิบัติ เพื่อนำความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่ค้นพบจากประสบการณ์การเรียนรู้มาเชื่อมโยงเพื่อระบุปัญหา วิเคราะห์สาเหตุของปัญหา ทำให้เกิดประสบการณ์การเรียนรู้มาเชื่อมโยงกับการใช้ชีวิตในปัจจุบัน ถือเป็นการยกระดับคุณภาพการศึกษาให้เกิดการพัฒนามากยิ่งขึ้น

10. กรอบแนวคิดการวิจัย

การพัฒนาการจัดการเรียนรู้โดยใช้การออกแบบ 6E ตามแนวคิด STEAM ร่วมกับปัญหาเป็นฐานเพื่อส่งเสริมสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ด้านการประเมินและการออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ปฏิกิริยาเคมี สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 มีกรอบแนวคิดการวิจัย ดังนี้



ภาพ 8 กรอบแนวคิดการวิจัย

บทที่ 3

วิธีดำเนินงานวิจัย

การพัฒนาการจัดการเรียนรู้โดยใช้การออกแบบ 6E ตามแนวคิด STEAM ร่วมกับปัญหาเป็นฐานเพื่อส่งเสริมสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ด้านการประเมินและการออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ปฏิกิริยาเคมี สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาตามกระบวนการของการวิจัยและพัฒนา (Research and Development) โดยมีขั้นตอนการดำเนินการวิจัย 3 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 การสร้างและหาดัชนีประสิทธิผลของการจัดการเรียนรู้โดยใช้การออกแบบ 6E ตามแนวคิด STEAM ร่วมกับปัญหาเป็นฐานเพื่อส่งเสริมสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ด้านการประเมินและการออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ปฏิกิริยาเคมี สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

1.1 แหล่งข้อมูล

1.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1.3 วิธีการสร้างและหาคุณภาพของเครื่องมือ

1.4 การวิเคราะห์ข้อมูล

ขั้นตอนที่ 2 การทดลองใช้การจัดการเรียนรู้โดยใช้การออกแบบ 6E ตามแนวคิด STEAM ร่วมกับปัญหาเป็นฐานเพื่อส่งเสริมสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ด้านการประเมินและการออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ปฏิกิริยาเคมี สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

2.1 แหล่งข้อมูล

2.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

2.3 แบบแผนการทดลอง

2.4 การวิเคราะห์ข้อมูล

ขั้นตอนที่ 3 การศึกษาความพึงพอใจที่มีต่อการจัดการเรียนรู้โดยใช้การออกแบบ 6E ตามแนวคิด STEAM ร่วมกับปัญหาเป็นฐานเพื่อส่งเสริมสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ด้านการประเมินและการออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ปฏิกิริยาเคมี สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

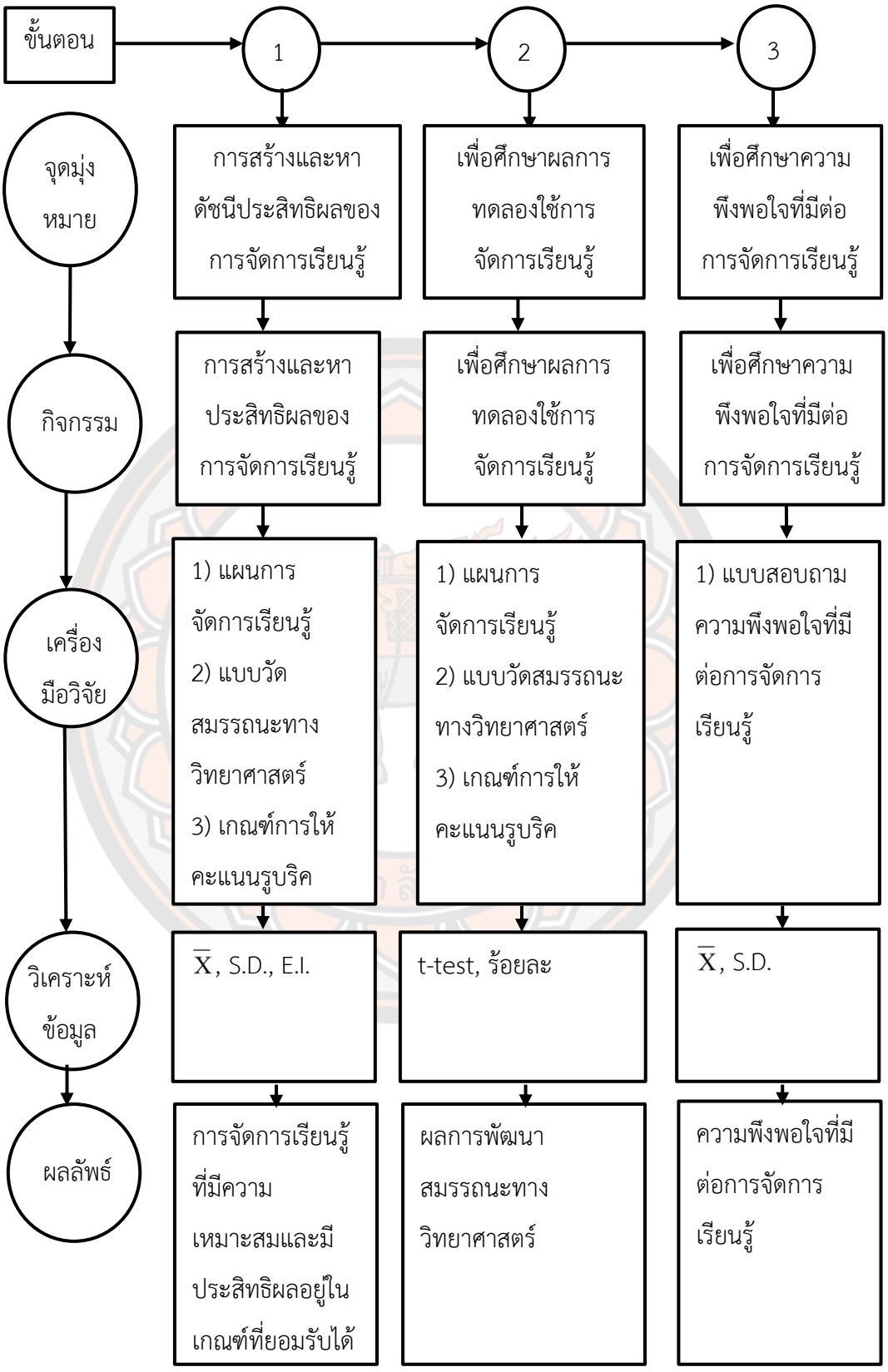
3.1 แหล่งข้อมูล

3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

3.3 วิธีการสร้างและหาคุณภาพของเครื่องมือ

3.4 การวิเคราะห์ข้อมูล

โดยการดำเนินการทั้ง 3 ขั้นตอนดังกล่าว สามารถแสดงความสัมพันธ์และรายละเอียดได้ดังภาพ 9



ภาพ 9 ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

ขั้นตอนที่ 1 การสร้างและหาดัชนีประสิทธิผลของการจัดการเรียนรู้โดยใช้การออกแบบ 6E ตามแนวคิด STEAM ร่วมกับปัญหาเป็นฐานเพื่อส่งเสริมสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ด้านการประเมินและการออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ปฏิกิริยาเคมี สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

1.1 ด้านแหล่งข้อมูล

1.1.1 ผู้เชี่ยวชาญในการประเมินความเหมาะสมของการจัดการเรียนรู้โดยใช้การออกแบบ 6E ตามแนวคิด STEAM ร่วมกับปัญหาเป็นฐานเพื่อส่งเสริมสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ด้านการประเมินและการออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ปฏิกิริยาเคมี สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 จำนวน 5 ท่าน ดังนี้

1) ผู้เชี่ยวชาญทางด้านการสอนวิทยาศาสตร์ จำนวน 1 ท่าน โดยคุณสมบัติของผู้เชี่ยวชาญด้านการสอนวิทยาศาสตร์จะต้องเป็นอาจารย์ในระดับมหาวิทยาลัยที่มีความเชี่ยวชาญทางด้านการสอนวิทยาศาสตร์ ที่มีวุฒิทางการศึกษาระดับปริญญาโทหรือปริญญาเอกทางด้านการสอนวิทยาศาสตร์

2) ผู้เชี่ยวชาญทางด้านการวัดและประเมินผล จำนวน 1 ท่าน โดยคุณสมบัติของผู้เชี่ยวชาญด้านการวัดและประเมินผลจะต้องเป็นอาจารย์ในระดับมหาวิทยาลัยที่มีความเชี่ยวชาญทางด้านการวัดและประเมินผล หรือศึกษานิเทศก์ที่มีวุฒิทางการศึกษาระดับปริญญาโทหรือปริญญาเอกทางด้านการวัดและประเมินผล

3) ผู้เชี่ยวชาญทางด้านหลักสูตรและการสอน จำนวน 1 ท่าน โดยคุณสมบัติของผู้เชี่ยวชาญด้านหลักสูตรและการสอนจะต้องเป็นอาจารย์ในระดับมหาวิทยาลัยที่มีความเชี่ยวชาญทางด้านหลักสูตรและการสอน หรือศึกษานิเทศก์ที่มีวุฒิทางการศึกษาระดับปริญญาโทหรือปริญญาเอกทางด้านหลักสูตรและการสอน

4) ครูผู้สอนในเนื้อหาวิชาวิทยาศาสตร์ จำนวน 2 ท่าน โดยคุณสมบัติของครูผู้สอนในเนื้อหาวิชาวิทยาศาสตร์เป็นครูที่มีประสบการณ์ในการสอนไม่ต่ำกว่า 5 ปีและมีวิทยฐานะไม่ต่ำกว่าชำนาญการพิเศษหรือเทียบเท่า

1.1.2 ผู้ให้ข้อมูลในการหาดัชนีประสิทธิผลของการจัดการเรียนรู้โดยใช้การออกแบบ 6E ตามแนวคิด STEAM ร่วมกับปัญหาเป็นฐานเพื่อส่งเสริมสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ด้านการประเมินและการออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ปฏิกิริยาเคมี สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ประกอบด้วย นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนอุทัยวิทยาคม สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาอุทัยธานี ชัยนาท ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2567 จำนวน 39 คน

1.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1.2.1 แบบประเมินความเหมาะสมของการจัดการเรียนรู้โดยใช้การออกแบบ 6E ตามแนวคิด STEAM ร่วมกับปัญหาเป็นฐานเพื่อส่งเสริมสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ด้านการประเมินและการออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ปฏิกิริยาเคมี สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

1.2.2 แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้การออกแบบ 6E ตามแนวคิด STEAM ร่วมกับปัญหาเป็นฐานเพื่อส่งเสริมสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ด้านการประเมินและการออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ปฏิกิริยาเคมี สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

1.2.3 แบบประเมินการให้คะแนนรูบริกสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ด้านการประเมินและการออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ปฏิกิริยาเคมี สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

1.2.4 แบบวัดสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ด้านการประเมินและการออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ปฏิกิริยาเคมี สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

1.3 วิธีสร้างและหาคุณภาพของเครื่องมือ

1.3.1 แบบประเมินความเหมาะสมของการจัดการเรียนรู้โดยใช้การออกแบบ 6E ตามแนวคิด STEAM ร่วมกับปัญหาเป็นฐานเพื่อส่งเสริมสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ด้านการประเมินและการออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ปฏิกิริยาเคมี สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 เพื่อสอบถามความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญที่มีต่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้นี้ มีลักษณะเป็นมาตรประมาณค่า (Rating Scale) 5 ระดับ โดยมีขั้นตอนในการสร้าง ดังนี้

1.3.1.1 ศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องเกี่ยวกับการสร้างแบบประเมินความเหมาะสมของการจัดการเรียนรู้

1.3.1.2 กำหนดขอบข่ายเนื้อหาของแบบประเมินความเหมาะสมของการจัดการเรียนรู้

1.3.1.3 ร่างแบบประเมินตามประเด็นที่กำหนด มีลักษณะเป็นแบบมาตรประมาณค่า (Rating Scale) 5 ระดับ (บุญใจ ศรีสถิตนรากูร, 2555, หน้า 93) จำนวน 23 ข้อ โดยทำการตรวจให้คะแนนตามเกณฑ์ที่ตั้งไว้ ดังนี้

ระดับ 5 หมายถึง มีความเหมาะสมมากที่สุด

ระดับ 4 หมายถึง มีความเหมาะสมมาก

ระดับ 3 หมายถึง มีความเหมาะสมปานกลาง

ระดับ 2 หมายถึง มีความเหมาะสมน้อย

ระดับ 1 หมายถึง มีความเหมาะสมน้อยที่สุด

1.3.1.4 นำแบบร่างเสนออาจารย์ที่ปรึกษา เพื่อตรวจสอบความถูกต้องด้านภาษาและเนื้อหา จากนั้นนำมาแก้ไขปรับปรุงตามคำแนะนำ

1.3.1.5 จัดพิมพ์แบบประเมินความเหมาะสมของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แล้วเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน ประกอบด้วย ผู้เชี่ยวชาญทางด้านการสอนวิทยาศาสตร์ จำนวน 1 ท่าน ผู้เชี่ยวชาญทางด้านการวัดและประเมินผล จำนวน 1 ท่าน ผู้เชี่ยวชาญทางด้านหลักสูตรและการสอน จำนวน 1 ท่าน และครูผู้สอนในเนื้อหาวิชาวิทยาศาสตร์ จำนวน 2 ท่าน จากนั้นนำผลการประเมินมาวิเคราะห์ข้อมูล โดยการคำนวณหาค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$) ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) โดยใช้เกณฑ์การแปลความหมายค่าเฉลี่ยจากการคำนวณอันตรภาคชั้น (บุญใจ ศรีสถิตนรากูร, 2555, หน้า 94) ดังนี้

ค่าเฉลี่ย 4.50 – 5.00 หมายถึง มีความเหมาะสมในระดับดีมาก

ค่าเฉลี่ย 3.50 – 4.49 หมายถึง มีความเหมาะสมในระดับดี

ค่าเฉลี่ย 2.50 – 3.49 หมายถึง มีความเหมาะสมในระดับปานกลาง

ค่าเฉลี่ย 1.50 – 2.49 หมายถึง มีความเหมาะสมในระดับน้อย

ค่าเฉลี่ยต่ำกว่า 1.50 หมายถึง มีความเหมาะสมในระดับน้อยที่สุด

1.3.2 แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้การออกแบบ 6E ตามแนวคิด STEAM ร่วมกับปัญหาเป็นฐานเพื่อส่งเสริมสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ด้านการประเมินและการออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ปฏิกิริยาเคมี สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

1.3.2.1 ศึกษาหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ศึกษาหลักสูตรสถานศึกษากลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนอุทัยวิทยาคม คู่มือครูและหนังสือเรียนรายวิชาพื้นฐาน วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี เล่ม 2 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 หน่วยการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง ปฏิกิริยาเคมี

1.3.2.2 ศึกษาแนวคิดทฤษฎีหลักการเกี่ยวกับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้การออกแบบ 6E ตามแนวคิด STEAM ร่วมกับปัญหาเป็นฐานเพื่อส่งเสริมสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ด้านการประเมินและการออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ปฏิกิริยาเคมี สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษา

1.3.2.3 วิเคราะห์หลักสูตร เนื้อหา มาตรฐานการเรียนรู้ ตัวชี้วัด จุดประสงค์การเรียนรู้ เรื่อง ปฏิกิริยาเคมี ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

1.3.2.4 ดำเนินการสร้างแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้การออกแบบ 6E ตามแนวคิด STEAM ร่วมกับปัญหาเป็นฐานเพื่อส่งเสริมสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ด้านการประเมินและการออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ปฏิกิริยาเคมี สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 จำนวน 4 แผน รวม 12 ชั่วโมง ได้แก่

1) แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง ปฏิกิริยาของกรดกับเบส จำนวน 3 ชั่วโมง

2) แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง ปฏิกิริยาการเกิดสนิมเหล็ก จำนวน 3 ชั่วโมง

3) แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 เรื่อง ปฏิกิริยาการสังเคราะห์ด้วยแสง จำนวน 3 ชั่วโมง

4) แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 เรื่อง ออกแบบวิธีการลดปริมาณแก๊สเรือนกระจก จำนวน 3 ชั่วโมง

1.3.2.5 ตรวจสอบเบื้องต้นเกี่ยวกับภาษาที่ใช้ นำไปปรับปรุงแก้ไข

1.3.2.6 นำกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้การออกแบบ 6E ตามแนวคิด STEAM ร่วมกับปัญหาเป็นฐานเพื่อส่งเสริมสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ด้านการประเมินและการออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ปฏิกิริยาเคมี สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 เสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาเพื่อขอคำแนะนำในส่วนที่ยังบกพร่องและนำมาปรับปรุงแก้ไข

1.3.2.7 นำกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้การออกแบบ 6E ตามแนวคิด STEAM ร่วมกับปัญหาเป็นฐานเพื่อส่งเสริมสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ด้านการประเมินและการออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ปฏิกิริยาเคมี สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน เพื่อประเมินความเหมาะสมของกิจกรรมการเรียนรู้โดยพิจารณา 5 ด้าน ของกิจกรรมการเรียนรู้ ได้แก่ 1) ด้านสาระและตัวชี้วัด 2) ด้านจุดประสงค์การเรียนรู้ 3) ด้านกิจกรรมการเรียนรู้ 4) ด้านสื่อและแหล่งเรียนรู้ 5) การวัดผลและประเมินผลตัวชี้วัด ซึ่งมีเกณฑ์การประเมินที่ตั้งไว้ ดังนี้

ระดับ 5 หมายถึง มีความเหมาะสมมากที่สุด

ระดับ 4 หมายถึง มีความเหมาะสมมาก

ระดับ 3 หมายถึง มีความเหมาะสมปานกลาง

ระดับ 2 หมายถึง มีความเหมาะสมน้อย

ระดับ 1 หมายถึง มีความเหมาะสมน้อยที่สุด

จากนั้นนำผลการประเมินมาวิเคราะห์ข้อมูล โดยการคำนวณหาค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$) ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) โดยใช้เกณฑ์การแปลความหมายค่าเฉลี่ยจากการคำนวณอันตรภาคชั้น (บุญใจ ศรีสถิตนรากูร, 2555, หน้า 94) ดังนี้

ค่าเฉลี่ย 4.50 – 5.00 หมายถึง มีความเหมาะสมในระดับดีมาก

ค่าเฉลี่ย 3.50 – 4.49 หมายถึง มีความเหมาะสมในระดับดี

ค่าเฉลี่ย 2.50 – 3.49 หมายถึง มีความเหมาะสมในระดับปานกลาง

ค่าเฉลี่ย 1.50 – 2.49 หมายถึง มีความเหมาะสมในระดับน้อย

ค่าเฉลี่ยต่ำกว่า 1.50 หมายถึง มีความเหมาะสมในระดับน้อยที่สุด

นำผลการวิเคราะห์ที่ได้มาเปรียบเทียบกับเกณฑ์โดยให้ความเหมาะสมที่ค่าเฉลี่ย 3.50 ขึ้นไป ถือว่าเป็นแผนการจัดการเรียนรู้ที่สามารถนำไปใช้ได้

1.3.2.8 นำผลการวิเคราะห์ความเหมาะสมของการจัดการเรียนรู้มาวิเคราะห์และนำข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญไปปรับปรุงแก้ไขให้มีความสมบูรณ์ขึ้น

1.3.2.9 นำแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้การออกแบบ 6E ตามแนวคิด STEAM ร่วมกับปัญหาเป็นฐานเพื่อส่งเสริมสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ด้านการประเมินและการออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ปฏิกิริยาเคมี สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ผ่านการปรับปรุงแก้ไขแล้วไปดำเนินการทดสอบประสิทธิผลกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนอุทัยวิทยาคม อำเภอเมือง จังหวัดอุทัยธานี ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2567 จำนวน 39 คน ซึ่งเป็นกลุ่มที่มีคุณลักษณะใกล้เคียงกับกลุ่มทดลอง ซึ่งกำหนดเกณฑ์ดัชนีประสิทธิผลมากกว่า 0.50 ขึ้นไป (วาโร เพ็งสวัสดิ์, 2553, หน้า 60-61) และนำไปใช้กับกลุ่มทดลองในการวิจัยต่อไป

1.3.3 การสร้างเกณฑ์และการให้คะแนนรูบริกสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ด้านการประเมินและการออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ปฏิกิริยาเคมี สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

1.3.3.1 ศึกษาเกณฑ์การให้คะแนนรูบริกสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ด้านการประเมินและการออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ จากเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เพื่อนำไปเป็นแนวทางในการสร้างเกณฑ์การให้คะแนนรูบริกสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ด้านการประเมินและการออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์

1.3.3.2 กำหนดเกณฑ์การให้คะแนนรูบริกสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ด้านการประเมินและการออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ และระดับการให้คะแนนโดยประยุกต์จากเกณฑ์การตรวจให้คะแนนของ PISA (2022) ให้สอดคล้องกับเนื้อหา เรื่อง ปฏิกิริยาเคมี ซึ่งเป็นเกณฑ์การให้คะแนนแบบรูบริก 4 ระดับ และดำเนินการสร้างเกณฑ์การให้คะแนนดังตาราง 9

ตาราง 9 เกณฑ์การประเมินแบบประเมินสมรรถนะการประเมินและออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์

ประเด็นการประเมิน	ระดับการให้คะแนน			
	3	2	1	0
สมรรถนะการประเมินและออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์				
สามารถระบุปัญหาที่ต้องการสำรวจในการศึกษาทางวิทยาศาสตร์	นักเรียนสามารถระบุประเด็นปัญหาสอดคล้องกับสถานการณ์ที่กำหนดให้ทั้งหมด	นักเรียนสามารถระบุประเด็นปัญหาสอดคล้องกับสถานการณ์ที่กำหนดให้บางส่วน	นักเรียนสามารถระบุประเด็นปัญหาได้แต่ไม่สอดคล้องกับสถานการณ์ที่กำหนดให้	นักเรียนไม่สามารถระบุประเด็นปัญหาได้
แยกแยะได้ว่าประเด็นปัญหาหรือคำถามใดสามารถตรวจสอบ ได้ด้วยวิธีการทางวิทยา-ศาสตร์	นักเรียนสามารถแยกแยะได้ว่าใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ที่ใช้ในการตรวจสอบได้ถูกต้องครอบคลุม	นักเรียนสามารถแยกแยะได้ว่าใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ที่ใช้ในการตรวจสอบได้ถูกต้อง	นักเรียนสามารถแยกแยะได้ว่าใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ที่ใช้ในการตรวจสอบได้ถูกต้องครอบคลุม	นักเรียนไม่สามารถแยะแยะประเด็นปัญหาได้
เสนอวิธีการสำรวจจากคำถามทางวิทยาศาสตร์ที่ กำหนดให้	นักเรียนสามารถระบุตัวแปรต่างๆ ได้อย่างสอดคล้องและถูกต้องทั้งหมด เลือกใช้อุปกรณ์สารเคมีในการตรวจสอบได้อย่างถูกต้อง	นักเรียนสามารถระบุตัวแปรต่างๆ ได้อย่างสอดคล้องและถูกต้องบางส่วน เลือกใช้ อุปกรณ์สารเคมีในการตรวจสอบได้อย่างถูกต้อง	นักเรียนสามารถระบุตัวแปรต่างๆ ได้แต่ไม่สอดคล้องและถูกต้อง เลือกใช้อุปกรณ์สารเคมีในการตรวจสอบได้ไม่ถูกต้อง และมี	นักเรียนไม่สามารถระบุตัวแปรต่าง ๆ ได้ ไม่สามารถเลือกใช้อุปกรณ์สารเคมีในการตรวจสอบและขั้นตอนและ

ประเด็นการประเมิน	ระดับการให้คะแนน			
	3	2	1	0
	ทั้งหมด และมีขั้นตอนและกระบวนการตรวจสอบตามกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ได้อย่างถูกต้องทั้งหมด	บางส่วน และมีขั้นตอนและกระบวนการตรวจสอบตามกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ได้อย่างถูกต้องบางส่วน	ขั้นตอนและกระบวนการตรวจสอบตามกระบวนการทางวิทยา-ศาสตร์ได้ไม่ถูกต้อง	การบวนการตรวจสอบตามกระบวนการทางวิทยา-ศาสตร์ได้
ประเมินวิธีสำรวจตรวจสอบปัญหาทางวิทยาศาสตร์ที่กำหนดให้ได้	นักเรียนสามารถประเมินวิธีการทดลองพร้อมให้เหตุผลได้ถูกต้องทั้งหมด	นักเรียนสามารถประเมินวิธีการทดลองพร้อมให้เหตุผลได้ถูกต้องบางส่วน	นักเรียนสามารถสามารถประเมินวิธีการทดลองได้แต่ไม่สามารถให้เหตุผลได้	นักเรียนไม่สามารถประเมินวิธีการทดลองได้
อธิบายและประเมินวิธีการที่นักวิทยา-ศาสตร์ใช้เพื่อให้แน่ใจถึงความน่าเชื่อถือของข้อมูลและความเป็นกลางของคำอธิบาย	นักเรียนมีการทดลองซ้ำและระบุชุดควบคุมในการออกแบบการทดลองและการปฏิบัติการทดลองตามการออกแบบและอ้างอิงแหล่งที่มาของข้อมูลได้ถูกต้องทั้งหมด	นักเรียนมีการการทดลองซ้ำและระบุชุดควบคุมในการออกแบบการทดลองและการปฏิบัติการทดลองตามการออกแบบและอ้างอิงแหล่งที่มาของข้อมูลได้ถูกต้องบางส่วน	นักเรียนมีการการทดลองซ้ำและระบุชุดควบคุมในการออกแบบการทดลองแต่ไม่สามารถปฏิบัติการทดลองตามการออกแบบและอ้างอิงแหล่งที่มาของข้อมูลได้	นักเรียนไม่มีการการทดลองซ้ำและระบุชุดควบคุมในการออกแบบการทดลองและการปฏิบัติการทดลองตามการออกแบบและอ้างอิงแหล่งที่มาของข้อมูล

1.3.3.3 นำแบบประเมินคุณภาพของเกณฑ์การให้คะแนนสมรรถนะการประเมินและออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์เสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาเพื่อแก้ไขให้มีความเหมาะสมมากยิ่งขึ้น

1.3.3.4 นำแบบประเมินคุณภาพของเกณฑ์การให้คะแนนสมรรถนะการประเมินและออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เสนอต่อผู้เชี่ยวชาญด้านหลักสูตรและการสอน 5 ท่าน ประกอบด้วย ผู้เชี่ยวชาญทางด้านการสอนวิทยาศาสตร์ จำนวน 1 ท่าน ผู้เชี่ยวชาญทางด้านการวัดและประเมินผล จำนวน 1 ท่าน ผู้เชี่ยวชาญทางด้านหลักสูตรและการสอน จำนวน 1 ท่าน และครูผู้สอนในเนื้อหาวิชาวิทยาศาสตร์ จำนวน 2 ท่าน เพื่อประเมินคุณภาพของเกณฑ์การให้คะแนน มีลักษณะเป็นมาตรประมาณค่า 5 ระดับ โดยมีเกณฑ์การพิจารณา ดังนี้

5 หมายถึง รายการประเมินมีระดับความเหมาะสมมากที่สุด

4 หมายถึง รายการประเมินมีระดับความเหมาะสมมาก

3 หมายถึง รายการประเมินมีระดับความเหมาะสมปานกลาง

2 หมายถึง รายการประเมินมีระดับความเหมาะสมน้อย

1 หมายถึง รายการประเมินมีระดับความเหมาะสมน้อยที่สุด

จากนั้นนำผลการประเมินมาวิเคราะห์ข้อมูล โดยการคำนวณหาค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$) ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) โดยใช้เกณฑ์การแปลความหมายค่าเฉลี่ยจากการคำนวณอันตรภาคชั้น (บุญใจ ศรีสถิตนรากูร, 2555, หน้า 94) ดังนี้

ค่าเฉลี่ย 4.50 – 5.00 หมายถึง มีความเหมาะสมในระดับดีมาก

ค่าเฉลี่ย 3.50 – 4.49 หมายถึง มีความเหมาะสมในระดับดี

ค่าเฉลี่ย 2.50 – 3.49 หมายถึง มีความเหมาะสมในระดับปานกลาง

ค่าเฉลี่ย 1.50 – 2.49 หมายถึง มีความเหมาะสมในระดับน้อย

ค่าเฉลี่ยต่ำกว่า 1.50 หมายถึง มีความเหมาะสมในระดับน้อยที่สุด

นำผลการวิเคราะห์ที่ได้มาเปรียบเทียบกับเกณฑ์โดยให้ความเหมาะสมที่ค่าเฉลี่ย 3.50 ขึ้นไป ถือว่าเป็นแผนการจัดการเรียนรู้ที่สามารถนำไปใช้ได้

1.3.3.5 นำแบบประเมินคุณภาพของเกณฑ์การให้คะแนนสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ด้านการประเมินและการออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่ให้ผู้เชี่ยวชาญประเมินเรียบร้อยแล้วมาหาค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน พบว่า มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.50 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.60 ถือว่าเกณฑ์การให้คะแนนสมรรถนะการประเมินและออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์มีความเหมาะสมในระดับดีมาก

1.3.3.6 ผู้วิจัยทำการตรวจสอบความเที่ยงระหว่างผู้ประเมินที่ต่างกัน 2 ท่าน (interrater reliability) โดยทำการคำนวณค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สัน พบว่า คะแนนการประเมินสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ด้านการประเมินและการออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ในแต่ละคู่ระหว่างผู้ประเมินคนที่ 1 กับคนที่ 2 มีความสัมพันธ์ในทิศทางบวก อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 มีความสัมพันธ์ตั้งแต่ .866 - .926 ซึ่งอยู่ในความสัมพันธ์ในระดับสูงทุกคู่ และความสัมพันธ์ของคะแนนรวมทั้งฉบับระหว่างผู้ประเมินคนที่ 1 กับผู้ประเมินคนที่ 2 มีความสัมพันธ์ในทิศทางบวก อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยมีความสัมพันธ์ (r_{xy}) เท่ากับ .819 ซึ่งถือว่าเครื่องมือวัดมีความเที่ยงอยู่ในระดับที่ใช้ได้ ดังตาราง 10

ตาราง 10 ค่าความสัมพันธ์ (r_{xy}) ระหว่างผู้ประเมินคนที่ 1 กับผู้ประเมินคนที่ 2 (interrater reliability)

สมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ด้านการประเมินและการออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์	ค่าความสัมพันธ์ (r_{xy})
สามารถระบุปัญหาที่ต้องการสำรวจในการศึกษาทางวิทยาศาสตร์	.926**
แยกแยะได้ว่าประเด็นปัญหาหรือคำถามใดสามารถตรวจสอบ ได้ด้วยวิธีการทางวิทยาศาสตร์	.894*
เสนอวิธีการสำรวจจากคำถามทางวิทยาศาสตร์ที่ กำหนดให้	.878*
ประเมินวิธีสำรวจตรวจสอบปัญหาทางวิทยาศาสตร์ที่กำหนดให้ได้	.866*
อธิบายและประเมินวิธีการที่นักวิทยาศาสตร์ใช้เพื่อให้แน่ใจถึงความน่าเชื่อถือของข้อมูลและความเป็นกลางของคำอธิบาย	.914*
รวมทั้ง 5 ประเด็น	.819**

หมายเหตุ * นัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

1.3.3.7 จัดพิมพ์เกณฑ์การให้คะแนนรูบริกสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ด้านการประเมินและการออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ปฏิกิริยาเคมี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 เพื่อใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลต่อไป

1.3.4 แบบวัดสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ด้านการประเมินและการออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ปฏิกิริยาเคมี สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

1.3.4.1 ศึกษาแนวคิด ทฤษฎี เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ด้านการประเมินและการออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์

เพื่อนำมาเป็นแนวทางในการสร้างแบบวัดสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ด้านการประเมินและการออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์

1.3.4.2 ศึกษาโครงสร้างแบบทดสอบตามแนวทางของ PISA ในการประเมินสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ด้านการประเมินและการออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์

1.3.4.3 กำหนดกรอบและสร้างแบบวัดสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ด้านการประเมินและการออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ตามแนวทางของ PISA 2022 สมรรถนะประกอบด้วยสมรรถนะย่อย ดังนี้

1) สามารถระบุปัญหาที่ต้องการสำรวจในการศึกษาทางวิทยาศาสตร์

2) แยกแยะได้ว่าประเด็นปัญหาหรือคำถามใดสามารถตรวจสอบ ได้ด้วยวิธีการทางวิทยาศาสตร์

3) เสนอวิธีการสำรวจจากคำถามทางวิทยาศาสตร์ที่ กำหนดให้

4) ประเมินวิธีสำรวจตรวจสอบปัญหาทางวิทยาศาสตร์ที่กำหนดให้ได้

5) อธิบายและประเมินวิธีการที่นักวิทยาศาสตร์ใช้เพื่อให้แน่ใจถึงความน่าเชื่อถือของข้อมูลและความเป็นกลางของคำอธิบาย

1.3.4.4 สร้างแบบวัดสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ด้านการประเมินและการออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ปฏิกิริยาเคมี สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 เพื่อกำหนดจำนวนข้อสอบ 14 ข้อ โดยแบ่งออกเป็น 8 สถานการณ์ ใช้จริง 13 ข้อ ดังตาราง 11

ตาราง 11 แบบวัดสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ด้านการประเมินและการออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ปฏิกิริยาเคมี สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

สมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ด้านการประเมินและออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่ต้องการวัด	สถานการณ์	จำนวน (ข้อ)
1. สามารถระบุปัญหาที่ต้องการสำรวจในการศึกษาทางวิทยาศาสตร์	สถานการณ์ที่ 4 ถังเก็บกรดซัลฟิวริกแตกเนื่องจากการกัดกร่อน	1
	สถานการณ์ที่ 7 น้ำเป็นสนิมส่งผลเสียต่อสุขภาพ	1
	สถานการณ์ที่ 8 ปรากฏการณ์เรือนกระจก	1
2. แยกแยะได้ว่าประเด็นปัญหาหรือคำถามใดสามารถตรวจสอบได้ด้วยวิธีการทางวิทยาศาสตร์	สถานการณ์ที่ 1 การตรวจสอบความเป็นกรด - เบส ด้วยน้ำกะหล่ำปลีม่วง	1
	สถานการณ์ที่ 3 ผลิตภัณฑ์เร่งผิวขาว	1
	สถานการณ์ที่ 6 ภัยเงียบจากภาชนะอะลูมิเนียม	1
3. เสนอวิธีการสำรวจจากคำถามทางวิทยาศาสตร์ที่กำหนดให้	สถานการณ์ที่ 1 การตรวจสอบความเป็นกรด - เบส ด้วยน้ำกะหล่ำปลีม่วง	1
	สถานการณ์ที่ 5 การสังเคราะห์ด้วยแสงของพืช	1
4. ประเมินวิธีสำรวจตรวจสอบปัญหาทางวิทยาศาสตร์ที่กำหนดให้ได้	สถานการณ์ที่ 2 การตรวจสอบความเป็นกรด - เบส ของดิน	1
	สถานการณ์ที่ 5 การสังเคราะห์ด้วยแสงของพืช	1
5. อธิบายและประเมินวิธีการที่นักวิทยาศาสตร์ใช้เพื่อให้แน่ใจถึงความน่าเชื่อถือของข้อมูลและความเป็นกลางของคำอธิบาย	สถานการณ์ที่ 2 การตรวจสอบความเป็นกรด - เบส ของดิน	1
	สถานการณ์ที่ 4 ถังเก็บกรดซัลฟิวริกแตก เนื่องจากการกัดกร่อน	1
	สถานการณ์ที่ 6 ภัยเงียบจากภาชนะอะลูมิเนียม	1
	สถานการณ์ที่ 7 น้ำเป็นสนิมส่งผลเสียต่อสุขภาพ	1
	รวม	14

1.3.4.5 นำแบบวัดสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ด้านการประเมินและการออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษา เพื่อนำข้อเสนอแนะมาปรับปรุงแก้ไข

1.3.4.6 นำแบบวัดสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ด้านการประเมินและการออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เสนอต่อผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน ได้แก่ ผู้เชี่ยวชาญทางด้านการสอนวิทยาศาสตร์ จำนวน 1 ท่าน ผู้เชี่ยวชาญทางด้านการวัดและประเมินผล จำนวน 1 ท่าน ผู้เชี่ยวชาญทางด้านหลักสูตรและการสอน จำนวน 1 ท่าน และครูผู้สอนในเนื้อหาวิชาวิทยาศาสตร์ จำนวน 2 ท่าน เพื่อตรวจสอบความสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ด้านการประเมินและการออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ จากนั้นนำมาแก้ไขปรับปรุงให้ถูกต้อง โดยกำหนดระดับคะแนนไว้ดังนี้

+ 1 คะแนน หมายถึง	แน่ใจว่าข้อคำถามสอดคล้องกับนิยามของทักษะย่อยในสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ด้านการประเมินและการออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์
0 คะแนน หมายถึง	ไม่แน่ใจว่าข้อคำถามสอดคล้องกับนิยามของทักษะย่อยในสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ด้านการประเมินและการออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์
- 1 คะแนน หมายถึง	แน่ใจว่าข้อคำถามไม่สอดคล้องกับนิยามของทักษะย่อยในสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ด้านการประเมินและการออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์

1.3.4.7 นำข้อสอบที่ให้ผู้เชี่ยวชาญประเมินเรียบร้อยแล้วไปหาค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ด้านการประเมินและการออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ โดยพิจารณาคัดเลือกจากค่า IOC ตั้งแต่ .50 ขึ้นไป ซึ่งพบว่าค่า IOC ของข้อสอบอยู่ระหว่าง 0.80 ถึง 1.00 รายละเอียดดังภาคผนวก

1.3.4.8 นำแบบวัดสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ด้านการประเมินและการออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ปฏิกิริยาเคมี ไปทดลองใช้ (try out) กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนอุทัยวิทยาคม จังหวัดอุทัยธานี สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาอุทัยธานี ชัยนาท จำนวน 39 คน ทั้ง 8 สถานการณ์ เพื่อหาคุณภาพของแบบวัด

โดยทำการวิเคราะห์หาค่าความยากได้ค่าอยู่ระหว่าง 0.361 ถึง 0.648 มีค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.259 ถึง 0.722

1.3.4.9 คัดเลือกข้อสอบที่ผ่านเกณฑ์ จำนวน 13 ข้อ จากจำนวนข้อสอบ 14 ข้อ โดยเกณฑ์ที่ใช้ในการคัดเลือกข้อสอบคือ มีค่าความยากของข้อสอบ (p) อยู่ในช่วงที่เหมาะสม คือ 0.2-0.8 ค่าอำนาจจำแนกของข้อสอบอยู่ในเกณฑ์ที่มีค่า 0.2 ขึ้นไป จากเกณฑ์ดังกล่าวพบว่ามีข้อสอบที่ผ่านเกณฑ์จำนวน 13 ข้อ ตัดข้อสอบออกจำนวน 1 ข้อ คือข้อที่ 11 ซึ่งไม่ผ่านเกณฑ์ข้างต้น จากนั้นหาค่าความเชื่อมั่นของแบบวัดสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ด้านการประเมินและการออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ปฏิกิริยาเคมี สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ทั้งฉบับที่ผ่านการปรับแก้เรียบร้อยแล้ว มาหาค่าความเชื่อมั่น ด้วยวิธีการหาค่าสัมประสิทธิ์แอลฟาครอนบาค จากโปรแกรม RTAP พบว่ามีค่าความเชื่อมั่น 0.716 รายละเอียดดังภาคผนวก

1.3.4.10 จัดพิมพ์แบบวัดสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ด้านการประเมินและการออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ปฏิกิริยาเคมี สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ฉบับสมบูรณ์ จำนวน 13 ข้อ

1.4 การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลในขั้นตอนนี้แบ่งออกเป็น 2 ส่วน ดังนี้

1.4.1 การสร้างการจัดการเรียนรู้โดยใช้การออกแบบ 6E ตามแนวคิด STEAM ร่วมกับปัญหาเป็นฐานเพื่อส่งเสริมสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ด้านการประเมินและการออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ปฏิกิริยาเคมี สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โดยคำนวณหาค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) โดยนำแบบประเมินความเหมาะสมของกิจกรรมการเรียนรู้ที่ผู้เชี่ยวชาญทั้ง 5 ท่านให้คะแนน มาหา ($\overline{X}$) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) แปลความหมายแยกเป็นรายข้อ โดยใช้เกณฑ์การแปลความหมายค่าเฉลี่ยจากการคำนวณอันตรภาคชั้น (บุญใจ ศรีสถิตนรากูร, 2555, หน้า 94)

1.4.2 การหาดัชนีประสิทธิผลของการจัดการเรียนรู้โดยใช้การออกแบบ 6E ตามแนวคิด STEAM ร่วมกับปัญหาเป็นฐานเพื่อส่งเสริมสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ด้านการประเมินและการออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ปฏิกิริยาเคมี สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2567 จำนวน 39 คน ที่ไม่ใช่กลุ่มทดลอง ผู้วิจัยได้วิเคราะห์จากการคำนวณผลรวมของคะแนนหลังเรียนทุกคน ลบกับผลรวมของคะแนนก่อนเรียนทุกคนหารด้วยจำนวนนักเรียนทั้งหมดคูณกับคะแนนเต็ม และลบด้วยผลรวมของคะแนนก่อนเรียนทุกคน พบว่ามีค่าดัชนีประสิทธิผล เท่ากับ 0.6153 โดยการวิเคราะห์ค่าดัชนีประสิทธิผลที่มีค่าตั้งแต่ 0.50 ขึ้นไป ซึ่งถือว่าเป็นเกณฑ์ที่ยอมรับได้ว่าสื่อหรือนวัตกรรมมีประสิทธิผล

ขั้นตอนที่ 2 การทดลองใช้การจัดการเรียนรู้โดยใช้การออกแบบ 6E ตามแนวคิด STEAM ร่วมกับปัญหาเป็นฐานเพื่อส่งเสริมสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ด้านการประเมินและการออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ปฏิกิริยาเคมี สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

2.1 กลุ่มทดลอง

นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนอุทัยวิทยาคม อำเภอเมือง จังหวัดอุทัยธานี 1 ห้อง ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2567 จำนวน 37 คน ซึ่งได้มาจากการเลือกแบบเจาะจง ซึ่งได้จากการเลือกแบบเจาะจง

2.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

2.2.1 แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้การออกแบบ 6E ตามแนวคิด STEAM ร่วมกับปัญหาเป็นฐานเพื่อส่งเสริมสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ด้านการประเมินและการออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ปฏิกิริยาเคมี สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 จำนวน 4 แผน รวมทั้งหมด 12 ชั่วโมง

2.2.2 แบบวัดสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ด้านการประเมินและการออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ปฏิกิริยาเคมี

2.2.3 เกณฑ์การให้คะแนนรูบริกสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ด้านการประเมินและการออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ปฏิกิริยาเคมี ซึ่งเครื่องมือทั้งหมดได้แสดงการสร้างและหาคุณภาพในขั้นตอนที่ 1 การสร้างและหาดัชนีประสิทธิผลของการจัดการเรียนรู้โดยใช้การออกแบบ 6E ตามแนวคิด STEAM ร่วมกับปัญหาเป็นฐานเพื่อส่งเสริมสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ด้านการประเมินและการออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ปฏิกิริยาเคมี สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

2.3 แบบแผนการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ดำเนินการตามแบบแผนการทดลองแบบกลุ่มเดียวทดสอบก่อนหลัง (One Group Pretest-Posttest Design) ดังตาราง 12 (รัตนะ บัวสนธ์, 2564 หน้า 42)

ตาราง 12 แบบแผนการวิจัยในการเปรียบเทียบสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ด้านการประเมินและการออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ปฏิกิริยาเคมี สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

กลุ่มหนึ่ง	ทดสอบก่อนเรียน	การจัดกระทำ	ทดสอบหลังเรียน
Gr_1	O_1	T	O_2

เมื่อ Gr_1 แทน กลุ่มทดลองที่ใช้ ซึ่งหมายถึง นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนอุทัยวิทยาคม จังหวัดอุทัยธานี ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2567 จำนวน 37 คน

O_1 แทน ผลการทดสอบวัดสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ด้านการประเมินและการออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์

X แทน การออกแบบ 6E ตามแนวคิด STEAM ร่วมกับปัญหาเป็นฐาน

O_2 แทน ผลการทดสอบวัดสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ด้านการประเมินและการออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์

2.4 การวิเคราะห์ข้อมูล

2.4.1 วิเคราะห์พัฒนาการของสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ด้านการประเมินและการออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 จากผลการประเมินการทำกิจกรรมระหว่างเรียน และการวิเคราะห์เนื้อหาจากการสังเกตพฤติกรรมสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ด้านการประเมินและการออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ระหว่างการทำกิจกรรม

2.4.2 วิเคราะห์เปรียบเทียบสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ด้านการประเมินและการออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ปฏิกิริยาเคมี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ก่อนเรียนกับหลังเรียน โดยใช้สถิติทดสอบทีแบบไม่เป็นอิสระกัน (t-test Dependent)

2.4.3 เปรียบเทียบสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ด้านการประเมินและการออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ปฏิกิริยาเคมี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 หลังเรียนกับร้อยละ 70 โดยใช้สถิติ t-test for One Sample

ขั้นตอนที่ 3 การศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการจัดการเรียนรู้โดยใช้การออกแบบ 6E ตามแนวคิด STEAM ร่วมกับปัญหาเป็นฐานเพื่อส่งเสริมสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ด้านการประเมินและการออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ปฏิกิริยาเคมี สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

3.1 แหล่งข้อมูล

นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนอุทัยวิทยาคม อำเภอเมือง จังหวัดอุทัยธานี 1 ห้อง ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2567 จำนวน 37 คน ซึ่งได้มาจากการเลือกแบบเจาะจง ซึ่งได้จากการเลือกแบบเจาะจง

3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

ความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการจัดการเรียนรู้โดยใช้การออกแบบ 6E ตามแนวคิด STEAM ร่วมกับปัญหาเป็นฐานเพื่อส่งเสริมสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ด้านการประเมินและการออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ปฏิกิริยาเคมี สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

3.3 วิธีการสร้างและหาคุณภาพของเครื่องมือ

เครื่องมือที่ใช้เป็นแบบประเมินความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการจัดการเรียนรู้โดยใช้การออกแบบ 6E ตามแนวคิด STEAM ร่วมกับปัญหาเป็นฐานเพื่อส่งเสริมสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ด้านการประเมินและการออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ปฏิกิริยาเคมี สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ซึ่งมีขั้นตอนการสร้าง ดังนี้

3.3.1 ศึกษาตำราเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับแบบประเมินความพึงพอใจแบบมาตรประมาณค่า (Rating Scale) 5 ระดับ (บุญใจ ศรีสถิตย์นรากูร, 2555, หน้า 91)

3.3.2 สร้างแบบประเมินความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อต่อการจัดการเรียนรู้โดยใช้การออกแบบ 6E ตามแนวคิด STEAM ร่วมกับปัญหาเป็นฐาน แบบมาตรประมาณค่า (Rating Scale) 5 ระดับ จนกระทั่งได้แบบประเมินความพึงพอใจ จำนวน 16 ข้อ

3.3.3 นำแบบประเมินความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อต่อการจัดการเรียนรู้โดยใช้การออกแบบ 6E ตามแนวคิด STEAM ร่วมกับปัญหาเป็นฐาน เสนอต่อผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน เพื่อตรวจสอบความสอดคล้องของรายการประเมินกับข้อคำถาม เพื่อปรับปรุงแก้ไขและนำผลที่ได้หาค่า IOC ตามเกณฑ์ (บุญใจ ศรีสถิตย์นรากูร, 2555, หน้า 122-123) ดังนี้

คะแนน +1 เมื่อแน่ใจว่าคำถามสอดคล้องกับจุดมุ่งหมายที่ต้องการวัด
คะแนน 0 เมื่อไม่แน่ใจว่าคำถามสอดคล้องกับจุดมุ่งหมายที่ต้องการวัด
คะแนน -1 เมื่อคำถามไม่สอดคล้องกับจุดมุ่งหมายที่ต้องการวัด

3.3.4 นำผลการประเมินของผู้เชี่ยวชาญหาค่าดัชนีความสอดคล้องของแบบประเมินความพึงพอใจ โดยพิจารณาคัดเลือกจากค่า IOC ตั้งแต่ .50 ขึ้นไป ซึ่งพบว่า ข้อคำถามของแบบแบบประเมินความพึงพอใจ ได้ค่า IOC คือ 1.00 ทุกข้อ แสดงถึง แบบประเมินความพึงพอใจมีความสอดคล้องตามรายการประเมินทั้ง 3 ด้าน ด้านปัจจัยนำเข้า ด้านกระบวนการ ด้านผลผลิต รายละเอียดดังภาคผนวก

3.3.5 แบบประเมินความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อต่อการจัดการเรียนรู้โดยใช้การออกแบบ 6E ตามแนวคิด STEAM ร่วมกับปัญหาเป็นฐาน เรื่อง ปฏิกิริยาเคมี สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 จำนวน 16 ข้อ ไปทดลองใช้ (try out) กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนอุทัยวิทยาคม จังหวัดอุทัยธานี สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาอุทัยธานี ชัยนาท

จำนวน 39 คน เพื่อหาค่าความเชื่อมั่น ด้วยวิธีการหาค่าสัมประสิทธิ์แอลฟาครอนบาค จากโปรแกรม RTAP พบว่ามีค่าความเชื่อมั่น .796 รายละเอียดดังภาคผนวก

3.3.6 จัดพิมพ์แบบประเมินความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อต่อการจัดการเรียนรู้โดยใช้การออกแบบ 6E ตามแนวคิด STEAM ร่วมกับปัญหาเป็นฐาน เรื่อง ปฏิกิริยาเคมี สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 จำนวน 16 ข้อ เพื่อใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลต่อไป

3.4 การวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยได้ดำเนินการดังนี้

3.4.1 นำแบบประเมินความพึงพอใจมาตรวจสอบความสมบูรณ์ว่านักเรียนตอบครบทุกหัวข้อที่ประเมินหรือไม่ จากนั้นทำการตรวจให้คะแนน (บุญใจ ศรีสถิตย์นรากูร, 2555, หน้า 93) ตามเกณฑ์ที่ตั้งไว้ ดังนี้

ระดับ 5 หมายถึง มีความพึงพอใจในระดับมากที่สุด
ระดับ 4 หมายถึง มีความพึงพอใจในระดับมาก
ระดับ 3 หมายถึง มีความพึงพอใจในระดับปานกลาง
ระดับ 2 หมายถึง มีความพึงพอใจในระดับน้อย
ระดับ 1 หมายถึง มีความพึงพอใจในระดับน้อยที่สุด

3.4.2 วิเคราะห์ข้อมูล โดยการคำนวณหาค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) โดยหาค่าเฉลี่ยและค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานในแต่ละด้าน แล้วใช้เกณฑ์การแปลความหมายค่าเฉลี่ยจากการคำนวณอันตรภาคชั้น (บุญใจ ศรีสถิตย์นรากูร, 2555, หน้า 94) ดังนี้

ค่าเฉลี่ย 4.50 - 5.00 หมายถึง มีความพึงพอใจในระดับดีมาก
ค่าเฉลี่ย 3.50 - 4.49 หมายถึง มีความพึงพอใจในระดับดี
ค่าเฉลี่ย 2.50 - 3.49 หมายถึง มีความพึงพอใจในระดับปานกลาง
ค่าเฉลี่ย 1.50 - 2.49 หมายถึง มีความพึงพอใจในระดับน้อย
ค่าเฉลี่ยต่ำกว่า 1.50 หมายถึง มีความพึงพอใจในระดับน้อยที่สุด

สถิติที่ใช้ในการวิจัย

1. สถิติพื้นฐาน

1.1 หาค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$) คำนวณได้จากสูตร (พิชิต ฤทธิ์จรูญ, 2564, หน้า 176)

$$\overline{X} = \frac{\sum X}{N}$$

เมื่อ $\overline{X}$ แทน ค่าเฉลี่ย

$\sum X$ แทน ผลรวมของข้อมูล

N แทน จำนวนข้อมูล

1.2 หาค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) คำนวณได้จากสูตร (พิชิต ฤทธิ์จรูญ, 2564, หน้า 186)

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

เมื่อ S.D. แทน ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

X แทน ข้อมูลหรือคะแนนแต่ละตัว

n แทน จำนวนข้อมูล

2. สถิติที่ใช้ในการหาคุณภาพของเครื่องมือ

2.1 ดัชนีความสอดคล้อง (Index of congruence: IOC) ของแบบวัดสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ด้านการประเมินและการออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ คำนวณได้จากสูตร (รัตนะ บัวสนธ์, 2565, หน้า 64)

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

เมื่อ IOC แทน ค่าดัชนีความสอดคล้องของข้อคำถามข้อนั้น ๆ

$\sum$ แทน ผลรวม

R แทน ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ โดยที่

ถ้าเห็นด้วย มีค่าเท่ากับ 1.00 คะแนน

ถ้าเห็นด้วย มีค่าเท่ากับ 0.00 คะแนน

ถ้าเห็นด้วย มีค่าเท่ากับ -1.00 คะแนน

N แทน จำนวนผู้เชี่ยวชาญ

2.2 การหาดัชนีประสิทธิผลของกิจกรรมการเรียนรู้ เป็นการพิจารณาผลการทดลองใช้นวัตกรรมการศึกษาระหว่างก่อนการทดลองและหลังการ คำนวณได้จากสูตร (ชวลิต ชูกำแพง, 2553, หน้า 133) ดังนี้

$$E.I. = \frac{\text{ผลรวมของคะแนนสอบหลังเรียน} - \text{ผลรวมของคะแนนสอบก่อนเรียน}}{(\text{จำนวนนักเรียน} \times \text{คะแนนเต็ม}) - \text{ผลรวมของคะแนนสอบก่อนเรียน}}$$

2.3 ค่าความยาก (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) โดยใช้โปรแกรมวิเคราะห์คุณภาพเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย (Research tools analysis program: RTAP) (ศูนย์บริการวิชาการและเผยแพร่นวัตกรรมทางการศึกษา และภาควิชาวิจัยและพัฒนาการศึกษา, 2565) อ้างอิงมาจาก (เอมอร จังศิริพรปกรณ์ (2550: 76)

$$P = \frac{\sum X_H + \sum X_L}{I(N_H + N_L)}$$

$$r = \frac{\sum X_H - \sum X_L}{I(N_H \text{ or } N_L)}$$

เมื่อ $\sum X_H$ แทน ผลรวมของคะแนนรายข้อแต่ละคนในกลุ่มสูง

$\sum X_L$ แทน ผลรวมของคะแนนรายข้อแต่ละคนในกลุ่มต่ำ

N_H และ N_L แทน ความแปรปรวนของคะแนนรวม

I แทน คะแนนเต็มของข้อนั้น ๆ

2.4 ค่าความเชื่อมั่น ด้วยวิธีการหาค่าสัมประสิทธิ์แอลฟาครอนบาค (Cronbach’s alpha coefficient) โดยใช้โปรแกรมวิเคราะห์คุณภาพเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย (Research tools analysis program: RTAP) (ศูนย์บริการวิชาการและเผยแพร่นวัตกรรมทางการศึกษา และภาควิชาวิจัยและพัฒนาการศึกษา, 2565)

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

เมื่อ $\propto$ แทน ค่าความเชื่อมั่นของแบบสอบถามหรือแบบวัด

$\sum S_i^2$ แทน ผลรวมของความแปรปรวนรายข้อ

S_t^2 แทน ความแปรปรวนของคะแนนรวม

k แทน จำนวนข้อ

2.5 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สัน ใช้ในการตรวจสอบความเที่ยงตรงภายในผู้ประเมินและความเที่ยงตรงระหว่างผู้ประเมิน โดยคำนวณได้จากสมการ (รัตนะ บัวสนธ์, 2565, หน้า 66)

$$r_{xy} = \frac{N\sum XY - (\sum X)(\sum Y)}{\sqrt{[N\sum X^2-(\sum X)^2][N\sum Y^2-(\sum Y)^2]}}$$

เมื่อ r_{xy} แทน สัมประสิทธิ์ความเที่ยงภายในผู้ประเมิน / ระหว่างผู้ประเมิน

$\sum$ แทน การรวมหรือผลรวม

N แทน จำนวนบุคคล

X แทน คะแนนจากการประเมินครั้ง 1 / คนที่ 1

Y แทน คะแนนจากการประเมินครั้ง 2 / คนที่ 2

X^2 แทน คะแนนยกกำลังสองของแต่ละตัวในครั้งที่1/คนที่ 1

Y^2 แทน คะแนนยกกำลังสองของแต่ละตัวในครั้งที่2/คนที่ 2

XY แทน คะแนนที่เป็นผลคูณของคะแนนการประเมินครั้ง 1/ คนที่ 1 และ ครั้ง 2 / คนที่ 2 แต่ละตัว

3. สถิติที่ใช้ทดสอบสมมติฐาน

3.1 สถิติที่ใช้ทดสอบสมติฐาน เพื่อเปรียบเทียบสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ด้านการประเมินและการออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้การออกแบบ 6E ตามแนวคิด STEAM ร่วมกับปัญหาเป็นฐาน เรื่อง ปฏิกิริยาเคมี สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ได้แก่ t-test Dependent (รัตนะ บัวสนธ์, 2565 : 94) ดังนี้

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

เมื่อ t หมายถึง ค่าสถิติที

D หมายถึง ผลต่างระหว่างข้อมูลแต่ละคู่

D^2 หมายถึง กำลังของผลต่างระหว่างข้อมูลแต่ละคู่

n หมายถึง จำนวนคู่ของข้อมูล (หรือจำนวนคน)

df หมายถึง องศาหรือชั้นความเป็นอิสระ

3.2 สถิติที่ใช้ทดสอบสมติฐาน เพื่อเปรียบเทียบสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ด้านการประเมินและการออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนเทียบกับเกณฑ์ร้อยละ 70 ด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้การออกแบบ 6E ตามแนวคิด STEAM ร่วมกับปัญหาเป็นฐานเรื่อง ปฏิกิริยาเคมี สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ได้แก่ t-test for One Sample (ชูศรี วงศ์รัตนะ, 2550 : 134) ดังนี้

$$t = \frac{\bar{x} - \mu_0}{\frac{S}{\sqrt{n}}}, \quad df=n-1$$

เมื่อ t หมายถึง ค่าสถิติที่ใช้พิจารณาใน t-Distribution

$\bar{x}$ หมายถึง คะแนนเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่าง

μ_0 หมายถึง ค่าเฉลี่ยมาตรฐานที่ใช้เป็นเกณฑ์

S หมายถึง ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของกลุ่มตัวอย่าง

n หมายถึง จำนวนกลุ่มตัวอย่าง

บทที่ 4

ผลการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาการจัดการเรียนรู้โดยใช้การออกแบบ 6E ตามแนวคิด STEAM ร่วมกับปัญหาเป็นฐานเพื่อส่งเสริมสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ด้านการประเมินและการออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ปฏิกิริยาเคมี สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ดำเนินตามกระบวนการของการวิจัยและพัฒนา (Research and Development) ซึ่งดำเนินการ 3 ขั้นตอน ผู้วิจัยขอนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล ดังนี้

ตอนที่ 1 ผลการสร้างและหาดัชนีประสิทธิผลของการจัดการเรียนรู้โดยใช้การออกแบบ 6E ตามแนวคิด STEAM ร่วมกับปัญหาเป็นฐานเพื่อส่งเสริมสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ด้านการประเมินและการออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ปฏิกิริยาเคมี สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

ตอนที่ 2 ผลการทดลองใช้การจัดการเรียนรู้โดยใช้การออกแบบ 6E ตามแนวคิด STEAM ร่วมกับปัญหาเป็นฐานเพื่อส่งเสริมสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ด้านการประเมินและการออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ปฏิกิริยาเคมี สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

ตอนที่ 3 ผลการศึกษาความพึงพอใจที่มีต่อการจัดการเรียนรู้โดยใช้การออกแบบ 6E ตามแนวคิด STEAM ร่วมกับปัญหาเป็นฐานเพื่อส่งเสริมสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ด้านการประเมินและการออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ปฏิกิริยาเคมี สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

โดยรายละเอียดของผลการวิจัยในแต่ละขั้นตอน เป็นดังนี้

ตอนที่ 1 ผลการสร้างและหาดัชนีประสิทธิผลของการจัดการเรียนรู้โดยใช้การออกแบบ 6E ตามแนวคิด STEAM ร่วมกับปัญหาเป็นฐานเพื่อส่งเสริมสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ด้านการประเมินและการออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ปฏิกิริยาเคมี สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

1. ผลการสร้างกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้การจัดการเรียนรู้โดยใช้การออกแบบ 6E ตามแนวคิด STEAM ร่วมกับปัญหาเป็นฐานเพื่อส่งเสริมสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ด้านการประเมินและการออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ปฏิกิริยาเคมี สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ผู้วิจัยได้ดำเนินการสังเคราะห์เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง โดยสังเคราะห์การใช้การออกแบบ 6E ตามแนวคิด STEAM ร่วมกับปัญหาเป็นฐาน ได้ 6 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นที่ 1 ขั้นกำหนดปัญหาเพื่อสร้างความสนใจ

ผู้สอนกระตุ้นความสนใจของนักเรียนโดยจัดสถานการณ์ต่าง ๆ เพื่อกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดความสนใจและมองเห็นปัญหาที่พบในการดำเนินชีวิตจริง เพื่อนำไปออกแบบและสร้างสรรค์นวัตกรรมเพื่อแก้ไขปัญหา

ขั้นที่ 2 ขั้นสำรวจตรวจสอบ

เป็นขั้นที่ผู้เรียนต้องทำความเข้าใจปัญหา มีการใช้กระบวนการสืบเสาะเพื่อค้นหาหลักการความรู้ คุณลักษณะต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบและสร้างสรรค์ชิ้นงาน

ขั้นที่ 3 ขั้นอธิบายและเข้าใจปัญหา

เป็นขั้นการนำเสนอข้อค้นพบที่ได้จากการสืบเสาะในขั้นสำรวจ ผู้เรียนต้องทำความเข้าใจปัญหา โดยนำมาอภิปรายร่วมกันกับเพื่อนในชั้นเรียน เพื่อกำหนดกรอบแนวคิดที่ชัดเจนก่อนนำไปออกแบบและสร้างสรรค์ชิ้นงาน โดยต้องสามารถอธิบายสิ่งที่เกี่ยวข้องกับปัญหาได้

ขั้นที่ 4 ขั้นดำเนินการออกแบบเชิงวิศวกรรม

ครูให้นักเรียนนำสิ่งที่ได้เรียนรู้ในขั้นก่อนหน้ามาใช้ในการออกแบบและสร้างชิ้นงาน โดยดำเนินการศึกษาค้นคว้าด้วยตนเองด้วยวิธีการที่หลากหลาย มีขั้นตอน ดังนี้

4.1 ระบุปัญหา

4.2 รวบรวมข้อมูล

4.3 ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา

4.4 วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา

4.5 ทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุงแก้ไข

4.6 นำเสนอวิธีการแก้ปัญหา

ขั้นที่ 5 ขั้นสังเคราะห์ความรู้ ปรับปรุงและลงข้อสรุป

ครูให้นักเรียนทดสอบประสิทธิภาพของชิ้นงาน ให้นักเรียนแลกเปลี่ยนเรียนรู้ร่วมกันอภิปรายผล และสังเคราะห์ความรู้ที่ได้มาว่ามีความเหมาะสมและสอดคล้องกับสถานการณ์ปัญหาเพื่อบ่งชี้ ข้อผิดพลาดและนำไปพัฒนางานให้ดีขึ้นหรือออกแบบใหม่

ขั้นที่ 6 ขั้นสรุปและประเมินผล

ครูและนักเรียนประเมินความเหมาะสมของข้อมูลที่ศึกษาค้นคว้ามา และประเมินชิ้นงานที่ปรับปรุงใหม่เพื่อให้ทราบว่าผู้เรียนได้เรียนรู้อะไร และมากน้อยเพียงใด โดยครูประเมินผลการเรียนรู้ของผู้เรียนตามสภาพจริงผ่านการนำเสนอปากเปล่า การเขียน คำอธิบาย เพื่อสะท้อนถึงความเข้าใจเกี่ยวกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์

ผู้วิจัยนำขั้นตอนการจัดกิจกรรมเรียนรู้ดังกล่าวมาออกแบบแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ จำนวน 4 แผน ใช้เวลาในการดำเนินกิจกรรมจำนวน 12 ชั่วโมง โดยมีการประเมินก่อนเรียน จำนวน 1 ชั่วโมง และหลังเรียน จำนวน 1 ชั่วโมง ใช้เวลาทั้งสิ้นจำนวน 14 ชั่วโมง การประเมินการทำกิจกรรมในแต่ละแผนการเรียนรู้ ดังนี้

ประเมินก่อนเรียน	จำนวน 1 ชั่วโมง
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง ปฏิกิริยาของกรดกับเบส	จำนวน 3 ชั่วโมง
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง ปฏิกิริยาการเกิดสนิมเหล็ก	จำนวน 3 ชั่วโมง
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 เรื่อง ปฏิกิริยาการสังเคราะห์ด้วยแสง	จำนวน 3 ชั่วโมง
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 เรื่อง ออกแบบวิธีการลดปริมาณแก๊สเรือนกระจก	จำนวน 3 ชั่วโมง
ประเมินหลังเรียน	จำนวน 1 ชั่วโมง

2. ผลการวิเคราะห์ความเหมาะสมของกิจกรรมการเรียนรู้ใช้การออกแบบ 6E ตามแนวคิด STEAM ร่วมกับปัญหาเป็นฐานเพื่อส่งเสริมสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ด้านการประเมินและการออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ปฏิกิริยาเคมี สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ตามความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน ซึ่งประกอบด้วย ผู้เชี่ยวชาญทางด้านการสอนวิทยาศาสตร์ จำนวน 1 ท่าน ผู้เชี่ยวชาญทางด้านการวัดและประเมินผล จำนวน 1 ท่าน ผู้เชี่ยวชาญทางด้านหลักสูตรและการสอน จำนวน 1 ท่าน และครูผู้สอนในเนื้อหาวิชาวิทยาศาสตร์ จำนวน 2 ท่าน ผลปรากฏดังตาราง 13

ตาราง 13 ผลการวิเคราะห์ความเหมาะสมของการออกแบบ 6E ตามแนวคิด STEAM ร่วมกับปัญหาเป็นฐานเรื่อง ปฏิกิริยาเคมี

รายการประเมิน	$\overline{X}$	S.D.	แปลผล
1. ด้านสาระและตัวชี้วัด			
1.1 สาระสอดคล้องตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง 2560)	4.75	0.44	ดีมาก
1.2 ตัวชี้วัดมีความถูกต้องตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง 2560)	4.55	0.60	ดีมาก
เฉลี่ย	**4.65**	**0.53**	**ดีมาก**
2. ด้านจุดประสงค์การเรียนรู้			
2.1 สอดคล้องกับสาระและตัวชี้วัด	4.35	0.59	ดี
2.2 ครอบคลุมด้านความรู้ ทักษะกระบวนการและคุณลักษณะอันพึงประสงค์	4.65	0.59	ดีมาก
2.3 ครอบคลุมสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ด้านการประเมินและออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์	4.50	0.83	ดีมาก
เฉลี่ย	**4.50**	**0.68**	**ดีมาก**
3. ด้านกิจกรรมการเรียนรู้			
3.1 กิจกรรมสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	4.65	0.67	ดีมาก
3.2 กิจกรรมเหมาะสมกับระดับและธรรมชาติของนักเรียน	4.55	0.69	ดีมาก
3.3 กิจกรรมสามารถนำไปใช้สอนได้จริงและเหมาะสมกับเวลา	4.70	0.57	ดีมาก
3.4 กระบวนการจัดการเรียนรู้เหมาะสมกับเนื้อหา	4.55	0.83	ดีมาก
3.5 การดำเนินกิจกรรมแต่ละขั้นตอนครอบคลุมสอดคล้องกับการจัดการเรียนรู้			

รายการประเมิน	$\overline{X}$	S.D.	แปลผล
3.5.1 ขั้นกำหนดปัญหาเพื่อสร้างความสนใจ ผู้สอนกระตุ้นความสนใจของนักเรียนโดยจัดสถานการณ์ต่าง ๆ เพื่อกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดความสนใจและมองเห็นปัญหาที่พบในการดำเนินชีวิตจริง เพื่อนำไปออกแบบและสร้างสรรค์นวัตกรรมเพื่อแก้ไขปัญหา	4.65	0.59	ดีมาก
3.5.2 ขั้นสำรวจตรวจสอบ เป็นขั้นที่ผู้เรียนต้องทำความเข้าใจปัญหา มีการใช้กระบวนการสืบเสาะเพื่อค้นหา หลักการ ความรู้ คุณลักษณะต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบและสร้างสรรค์ชิ้นงาน	4.50	0.69	ดีมาก
3.5.3 ขั้นอธิบายและเข้าใจปัญหา เป็นขั้นการนำเสนอข้อค้นพบที่ได้จากการสืบเสาะในขั้นสำรวจ ผู้เรียนต้องทำความเข้าใจปัญหา โดยนำมาอภิปรายร่วมกันกับเพื่อนในชั้นเรียน เพื่อกำหนดกรอบแนวคิดที่ชัดเจนก่อนนำไปออกแบบและสร้างสรรค์ชิ้นงาน โดยต้องสามารถอธิบายสิ่งที่เกี่ยวข้องกับปัญหาได้	4.50	0.69	ดีมาก
3.5.4 ขั้นดำเนินการออกแบบเชิงวิศวกรรม ครูให้นักเรียนนำสิ่งที่ได้เรียนรู้ในขั้นก่อนหน้ามาใช้ในการออกแบบและสร้างชิ้นงานโดยดำเนินการศึกษาค้นคว้าด้วยตนเองด้วยวิธีการที่หลากหลาย	4.40	0.82	ดี
3.5.5 ขั้นสังเคราะห์ความรู้ ปรับปรุงและลงข้อสรุป ครูให้นักเรียนทดสอบประสิทธิภาพของชิ้นงาน ให้นักเรียนแลกเปลี่ยนเรียนรู้ร่วมกัน อภิปรายผล และสังเคราะห์ความรู้ที่ได้มาว่ามีความเหมาะสมและสอดคล้องกับสถานการณ์	4.35	0.81	ดี

รายการประเมิน	$\overline{X}$	S.D.	แปลผล
ปัญหา เพื่อบ่งชี้ ข้อผิดพลาด และนำไปพัฒนางานให้ดีขึ้นหรือออกแบบใหม่			
3.5.6 ขั้นสรุปและประเมินผล ครูและนักเรียนประเมินความเหมาะสมของข้อมูลที่ศึกษาค้นคว้ามา และประเมินชิ้นงานที่ปรับปรุงใหม่เพื่อให้ทราบว่าผู้เรียนได้เรียนรู้อะไร และมากน้อยเพียงใด โดยครูประเมินผลการเรียนรู้ของผู้เรียนตามสภาพจริงผ่านการนำเสนอปากเปล่า การเขียน คำอธิบาย เพื่อสะท้อนถึงความเข้าใจเกี่ยวกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์	4.50	0.69	ดีมาก
3.6 กิจกรรมการรู้เรียนส่งเสริมให้เกิดสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ด้านการประเมินและการออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์	4.60	0.68	ดีมาก
3.7 กิจกรรมการเรียนรู้เปิดโอกาสให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติ	4.65	0.59	ดีมาก
เฉลี่ย	**4.55**	**0.69**	**ดีมาก**
4. ด้านสื่อและแหล่งเรียนรู้			
4.1 สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	4.75	0.55	ดีมาก
4.2 สอดคล้องกับกิจกรรมการเรียนรู้	4.70	0.57	ดีมาก
4.3 ช่วยให้ผู้เรียนเกิดสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ด้านการประเมินและการออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์	4.75	0.55	ดีมาก
เฉลี่ย	**4.73**	**0.55**	**ดีมาก**
5. การวัดผลและประเมินตัวชี้วัด			
5.1 การวัดผลและประเมินผลสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	4.60	0.50	ดีมาก
5.2 วิธีการวัดและเครื่องมือที่ใช้มีความครอบคลุม และเหมาะสมกับสมรรถนะทาง	4.50	0.61	ดีมาก

รายการประเมิน	$\overline{X}$	S.D.	แปลผล
วิทยาศาสตร์ด้านการประเมินและการออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์			
5.3 มีเกณฑ์การวัดที่ชัดเจน	4.45	0.60	ดี
เฉลี่ย	**4.52**	**0.57**	**ดีมาก**
รวมเฉลี่ย	**4.57**	**0.64**	**ดีมาก**

จากตาราง 13 พบว่าความเหมาะสมของการจัดการเรียนรู้โดยใช้การออกแบบ 6E ตามแนวคิด STEAM ร่วมกับปัญหาเป็นฐานเพื่อส่งเสริมสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ด้านการประเมินและการออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ปฏิกิริยาเคมี สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ตามความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน โดยภาพรวมของกิจกรรมการเรียนรู้มีความเหมาะสมอยู่ในระดับดีมาก ($\overline{X}$ = 4.57, S.D. = 0.64) เมื่อพิจารณารายด้านพบว่าด้านที่มีความเหมาะสมสูงสุด คือ ด้านสื่อและแหล่งเรียนรู้ ($\overline{X}$ = 4.73, S.D. = 0.55) รองลงมา คือ ด้านสาระและตัวชี้วัด ($\overline{X}$ = 4.65, S.D. = 0.53) ด้านกิจกรรมการเรียนรู้ ($\overline{X}$ = 4.55, S.D. = 0.69) ด้านการวัดและประเมินผลตัวชี้วัด ($\overline{X}$ = 4.52, S.D. = 0.57) และด้านจุดประสงค์การเรียนรู้ ($\overline{X}$ = 4.50, S.D. = 0.68) ตามลำดับ

จากการตรวจสอบความเหมาะสมของการเรียนรู้โดยใช้การออกแบบ 6E ตามแนวคิด STEAM ร่วมกับปัญหาเป็นฐานเพื่อส่งเสริมสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ด้านการประเมินและการออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ปฏิกิริยาเคมี สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ของผู้เชี่ยวชาญทั้ง 5 ท่าน มีข้อเสนอแนะและได้ปรับปรุงแล้ว ดังนี้

1) ขั้นอธิบายและเข้าใจปัญหาในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง ปฏิกิริยาการเกิดสนิมเหล็ก ผู้เชี่ยวชาญเสนอแนะว่า ขั้นที่ 3 อธิบายและเข้าใจปัญหา ให้ขยายความเกี่ยวกับ กิจกรรม หรือขั้นตอนที่นักเรียนและครูร่วมกันสรุปหรืออภิปรายองค์ความรู้จากศาสตร์ทุกศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์ ปัญหาสนิมเหล็ก ไม่ใช่แค่เพียงแค่เกี่ยวกับกลไกทางเคมีของการเกิดสนิม ไม่เช่นนั้นแล้วจะเป็นเพียงแค่กิจกรรมทางวิทยาศาสตร์เพียงอย่างเดียวเท่านั้นไม่สอดคล้องกับแนวทางของวิธีการสอนที่ผู้วิจัยเลือกใช้ ผู้วิจัยจึงปรับรูปแบบของกิจกรรมการสอน ขั้นที่ 3 ขั้นอธิบายและเข้าใจปัญหาให้มีความเหมาะสมกับการเรียนรู้โดยใช้การออกแบบ 6E ตามแนวคิด STEAM ร่วมกับปัญหาเป็นฐาน ดังตาราง 14

ตาราง 14 การปรับแก้แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 ขั้นที่ 3 อธิบายและเข้าใจปัญหา

กิจกรรมก่อนปรับแก้	กิจกรรมหลังปรับแก้ตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ
ขั้นที่ 3 ขั้นอธิบายและเข้าใจปัญหา	**ขั้นที่ 3 ขั้นอธิบายและเข้าใจปัญหา**
9) ครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มออกมาอธิบายนำเสนอข้อมูลที่ได้รวบรวมหามา เรื่อง สนิมเหล็ก ที่ก่อให้เกิดปัญหาการลดความแข็งแรงของโลหะ และวิธีการตรวจสอบการเกิดสนิมเหล็ก	9) ครูให้นักเรียนออกมาอธิบาย นำเสนอข้อมูลที่ได้รวบรวมหามาเกี่ยวกับสถานการณ์ปัญหาการเกิดสนิมเหล็กในปัจจุบัน พร้อมทั้งยกตัวอย่างสาเหตุปัจจัยที่ทำให้เกิดสนิมเหล็กขึ้นในสถานการณ์ที่นักเรียนนำมาอธิบาย
10) ครูนำอภิปรายความหมายของสนิมเหล็ก เพื่อให้นักเรียนสรุปสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง	10) ครูและนักเรียนทุกคนร่วมกันสะท้อนผลการนำเสนอของนักเรียนแต่ละกลุ่ม เพื่อนำปัญหาที่รวบรวมมาอธิบายถึงกลไกการเกิดสนิมเหล็ก การสรุปประเด็นปัญหาของการเกิดสนิมเหล็กแต่ละสถานการณ์ และรวบรวมการหาวิธีการเพื่อนำมาแก้ไขการเกิดสนิมเหล็กโดยบูรณาการความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรม คณิตศาสตร์ และศิลปะมาใช้ในการแก้ไขปัญหาสนิมเหล็กเหล็กที่เกิดขึ้น

2) ขั้นที่ 4 ขั้นดำเนินการออกแบบเชิงวิศวกรรม ผู้เชี่ยวชาญเสนอแนะว่าให้เน้นการสร้างวิธีการแก้ไขหรือป้องกันปัญหาการเกิดสนิม มากกว่าจะเป็นการสร้างวิธีการตรวจสอบ ซึ่งเป็นไปตามเป้าหมายของทางขั้นตอนของวิธีการปรับให้เน้นในการสร้างวิธีการแก้ไข หรือป้องกันปัญหาการเกิดสนิม มากกว่าจะเป็นการสร้างวิธีการตรวจสอบ ผู้วิจัยจึงได้ปรับรูปแบบของกิจกรรมให้มีความเหมาะสมกับการเรียนรู้โดยใช้การออกแบบ 6E ตามแนวคิด STEAM ร่วมกับปัญหาเป็นฐาน ดังตาราง 15

ตาราง 15 การปรับแก้แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 ขั้นที่ 4 ขั้นดำเนินการออกแบบเชิงวิศวกรรม

กิจกรรมก่อนปรับแก้	กิจกรรมหลังปรับแก้ตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ
ขั้นที่ 4 ขั้นดำเนินการออกแบบเชิงวิศวกรรม	**ขั้นที่ 4 ขั้นดำเนินการออกแบบเชิงวิศวกรรม**
11) ครูชี้แนะในการทำงานกลุ่มร่วมกัน พร้อมทั้งกำหนดเงื่อนไขการออกแบบกระบวนการตรวจสอบสนิมเหล็ก เช่น วัสดุอุปกรณ์ เวลา ความสำเร็จของชิ้นงาน	11) ครูชี้แนะในการทำงานกลุ่มร่วมกัน พร้อมทั้งกำหนดเงื่อนไขการออกแบบในการแก้ไขหรือป้องกันปัญหาการเกิดสนิมเหล็ก เช่น วัสดุอุปกรณ์ เวลา ความสำเร็จของชิ้นงาน
12) ครูให้นักเรียนบันทึกการทำกิจกรรมลงใบบันทึกการค้นคว้ากิจกรรม เรื่อง การตรวจสอบการเกิดสนิมเหล็ก เพื่อให้ได้ข้อสรุปจากกิจกรรมว่าปัญหาของสถานการณ์ ประเด็นปัญหาสามารถตรวจสอบได้ด้วยวิธีการศึกษาทางวิทยาศาสตร์ได้ด้วยวิธีการใด พร้อมทั้งออกแบบกระบวนการจากอุปกรณ์ที่มีให้ โดยนักเรียนสามารถศึกษาหาความรู้จากแหล่งเรียนรู้ต่าง ๆ เช่น สื่ออินเตอร์เน็ต สื่อสารสนเทศ หนังสือ ใบความรู้	12) ครูให้นักเรียนบันทึกการทำกิจกรรมลงใบบันทึกการค้นคว้ากิจกรรม เรื่อง วิธีการแก้ไขหรือป้องกันปัญหาการเกิดสนิมเหล็ก เพื่อให้ได้ข้อสรุปจากกิจกรรมว่าปัญหาของสถานการณ์ ประเด็นปัญหาสามารถตรวจสอบได้ด้วยวิธีการศึกษาทางวิทยาศาสตร์ได้ด้วยวิธีการใด พร้อมทั้งออกแบบกระบวนการแก้ไขหรือป้องกันปัญหาการเกิดสนิมจากอุปกรณ์ที่มีให้ โดยนักเรียนสามารถศึกษาหาความรู้จากแหล่งเรียนรู้ต่าง ๆ เช่น สื่ออินเตอร์เน็ต สื่อสารสนเทศ หนังสือ ใบความรู้
13) พร้อมทั้งครูใช้คำถามเพื่อชี้แนะให้นักเรียนอยากค้นหาคำตอบโดยการออกแบบและปฏิบัติด้วยตนเองที่จะนำไปสู่แนวทางการศึกษาข้อมูลในส่วนที่จำเป็นต่อการแก้ไขปัญหา การออกแบบ การสร้างสรรค์ และการทดลอง	13) พร้อมทั้งครูใช้คำถามเพื่อชี้แนะให้นักเรียนอยากค้นหาคำตอบโดยการออกแบบและปฏิบัติด้วยตนเองที่จะนำไปสู่แนวทางการศึกษาข้อมูลในส่วนที่จำเป็นต่อการแก้ไขปัญหา การออกแบบ การสร้างสรรค์ และการทดลอง
14) ครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอแนวทางออกแบบการตรวจสอบการเกิดสนิม	14) ครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอแนวทางออกแบบวิธีการแก้ไขหรือป้องกัน

กิจกรรมก่อนปรับแก้	กิจกรรมหลังปรับแก้ตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ
เหล็ก เพื่อแลกเปลี่ยนความรู้และประเมินผลการออกแบบกับเพื่อนต่างกลุ่ม 15) ครูให้นักเรียนสร้างชิ้นงานในการตรวจสอบการเกิดสนิมเหล็ก (สร้างและออกแบบการทดลองในการตรวจสอบสนิมเหล็ก) 16) ครูสำรวจการทำงานของนักเรียนแต่ละกลุ่มโดยการใช้คำถามเพื่อให้นักเรียนเกิดแนวคิดในการออกแบบและตรวจสอบคุณภาพของงาน	ปัญหาการเกิดสนิมเหล็ก เพื่อแลกเปลี่ยนความรู้และประเมินผลการออกแบบกับเพื่อนต่างกลุ่ม 15) ครูให้นักเรียนสร้างชิ้นงานในการตรวจสอบวิธีการแก้ไขหรือป้องกันปัญหาการเกิดสนิมเหล็ก (สร้างและออกแบบการทดลองในการตรวจสอบวิธีการแก้ไขหรือป้องกันปัญหาการเกิดสนิมเหล็ก) 16) ครูสำรวจการทำงานของนักเรียนแต่ละกลุ่มโดยการใช้คำถามเพื่อให้นักเรียนเกิดแนวคิดในการออกแบบและตรวจสอบคุณภาพของงาน

3) ขั้นที่ 5 ขั้นสังเคราะห์ความรู้ ปรับปรุงและลงข้อสรุป ผู้เชี่ยวชาญเสนอแนะว่าให้นักเรียนตรวจสอบสังเคราะห์ความรู้เกี่ยวกับวิธีการแก้ไขหรือป้องกันปัญหาการเกิดสนิม มากกว่าการสังเคราะห์ความรู้ในการตรวจสอบการเกิดสนิมเหล็ก ที่เกี่ยวกับหลักการทางวิทยาศาสตร์โดยทั่วไป ผู้วิจัยจึงได้ปรับรูปแบบของกิจกรรมให้มีความเหมาะสมกับการเรียนรู้โดยใช้การออกแบบ 6E ตามแนวคิด STEAM ร่วมกับปัญหาเป็นฐาน ดังตาราง 16

ตาราง 16 การปรับแก้แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 ขั้นที่ 5 ขั้นสังเคราะห์ความรู้ ปรับปรุงและลงข้อสรุป

กิจกรรมก่อนปรับแก้	กิจกรรมหลังปรับแก้ตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ
ขั้นที่ 5 ขั้นสังเคราะห์ความรู้ ปรับปรุงและลงข้อสรุป	**ขั้นที่ 5 ขั้นสังเคราะห์ความรู้ ปรับปรุงและลงข้อสรุป**
17) ครูให้นักเรียนทดลองแก้ปัญหาการเกิดสนิมเหล็กที่นักเรียนออกแบบในการ	17) ครูให้นักเรียนทดลองเกี่ยวกับวิธีการแก้ปัญหาการเกิดสนิมเหล็กที่นักเรียนออกแบบในการตรวจสอบวิธีการ

กิจกรรมก่อนปรับแก้	กิจกรรมหลังปรับแก้ตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ
ตรวจสอบการทดลองการเกิดสนิมเหล็กที่นักเรียนสร้างขึ้น	แก้ไขหรือป้องกันปัญหาการเกิดสนิมเหล็กที่นักเรียนสร้างขึ้น
18) ครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอแนวทางและผลการทดลองในการตรวจสอบการเกิดสนิมเหล็ก ภายในกลุ่ม	18) ครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอแนวทางและผลการทดลองในการตรวจสอบวิธีการแก้ไขหรือป้องกันปัญหาการเกิดสนิมเหล็กภายในกลุ่ม
19) ครูให้นักเรียนสรุปผลการทดลองตรวจสอบการเกิดสนิมเหล็ก และประเมินแนวทางในการตรวจสอบการเกิดสนิมเหล็ก ของกลุ่มตนเองและกลุ่มเพื่อนพร้อมทั้งอธิบายและให้เหตุผล	19) ครูให้นักเรียนสรุปผลการทดลองตรวจสอบวิธีการแก้ไขหรือป้องกันปัญหาการเกิดสนิมและประเมินแนวทางในการตรวจสอบวิธีการแก้ไขหรือป้องกันปัญหาการเกิดสนิมเหล็กของกลุ่มตนเองและกลุ่มเพื่อนพร้อมทั้งอธิบายและให้เหตุผล
20) ครูให้คำแนะนำผลการนำเสนอแนวทางในการตรวจสอบปัญหาการเกิดสนิมเหล็กของแต่ละกลุ่มพร้อมทั้งให้คำแนะนำ	20) ครูให้คำแนะนำผลการนำเสนอแนวทางในการตรวจสอบวิธีการแก้ไขหรือป้องกันปัญหาการเกิดสนิมเหล็กของแต่ละกลุ่มพร้อมทั้งให้คำแนะนำ
21) ครูให้นักเรียนปรับปรุงแนวทางในการตรวจสอบการเกิดสนิมเหล็ก	21) ครูให้นักเรียนปรับปรุงแนวทางในการวิธีการแก้ไขหรือป้องกันปัญหาการเกิดสนิมเหล็ก
22) ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายผลการทดลองร่วมกันและให้นักเรียนประเมินแนวทางในการตรวจสอบการเกิดสนิมเหล็กที่นักเรียนเลือกในการตรวจสอบ	22) ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายผลการทดลองร่วมกันและให้นักเรียนประเมินแนวทางในการตวิธีการแก้ไขหรือป้องกันปัญหาการเกิดสนิมเหล็กที่นักเรียนเลือกในการตรวจสอบ

4) ขั้นที่ 6 ขั้นสรุปและประเมินผล ปรับปรุงและลงข้อสรุป ผู้เชี่ยวชาญเสนอแนะว่าให้นักเรียนและครูร่วมกันสรุปและประเมินผล ความรู้เกี่ยวกับวิธีการแก้ไขหรือป้องกันปัญหาการเกิดสนิมที่ได้จากการตรวจสอบและออกแบบในการทำกิจกรรม เพื่อป้องกันการเกิดสนิมเหล็กที่จะเกิดขึ้น ส่งผลให้เกิดประโยชน์ในการมาปรับประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวัน ผู้วิจัยจึงได้ปรับรูปแบบของกิจกรรมให้มีความเหมาะสมกับการเรียนรู้โดยใช้การออกแบบ 6E ตามแนวคิด STEAM ร่วมกับปัญหาเป็นฐาน ดังตาราง 17

ตาราง 17 การปรับแก้แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 ขั้นที่ 6 ขั้นสรุปและประเมินผล

กิจกรรมก่อนปรับแก้	**กิจกรรมหลังปรับแก้ตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ**
ขั้นที่ 6 ขั้นสรุปและประเมินผล	**ขั้นที่ 6 ขั้นสรุปและประเมินผล**
23) ครูให้นักเรียนสรุปนำเสนอแนวทางในการตรวจสอบการเกิดสนิมเหล็ก ผลในการตรวจสอบการเกิดสนิมเหล็ก แนวทางในการแก้ไขปัญหาสนิมเหล็ก	23) ครูให้นักเรียนสรุปนำเสนอแนวทางในการตรวจสอบวิธีการแก้ไขหรือป้องกันปัญหาการเกิดสนิมเหล็ก ผลในการตรวจสอบวิธีการแก้ไขหรือป้องกันปัญหาการเกิดสนิมเหล็ก แนวทางในการแก้ไขปัญหาสนิมเหล็ก
24) ครูและนักเรียนร่วมกันสะท้อนผลการนำเสนอแนวทางในการตรวจสอบปัญหาการเกิดสนิมเหล็ก ผลในการตรวจสอบการเกิดสนิมเหล็ก แนวทางในการแก้ไขปัญหาสนิมเหล็ก พร้อมทั้งให้คำแนะนำ	24) ครูและนักเรียนร่วมกันสะท้อนผลการนำเสนอแนวทางในการตรวจสอบวิธีการแก้ไขหรือป้องกันปัญหาการเกิดสนิมเหล็ก ผลในการตรวจสอบวิธีการแก้ไขหรือป้องกันปัญหาการเกิดสนิมเหล็ก แนวทางในการแก้ไขปัญหาสนิมเหล็ก พร้อมทั้งให้คำแนะนำ
25) ครูและนักเรียนร่วมกันสรุปและอภิปรายผลการทำกิจกรรม เรื่อง การตรวจสอบการเกิดสนิมเหล็ก โดยใช้ความรู้เกี่ยวกับปฏิกิริยาเคมีการเกิดสนิมเหล็ก มาใช้ในการการเกิดสนิมเหล็ก และหาแนวทางในการแก้ไขปัญหาสนิมเหล็ก จะได้ข้อสรุปว่า เมื่อเหล็ก น้ำ และแก๊ส	25) ครูและนักเรียนร่วมกันสรุปและอภิปรายผลการทำกิจกรรม เรื่อง การตรวจสอบวิธีการแก้ไขหรือป้องกันปัญหาการเกิดสนิม โดยใช้ความรู้เกี่ยวกับปฏิกิริยาเคมีการเกิดสนิมเหล็ก มาใช้ในหาวิธีการ

กิจกรรมก่อนปรับแก้	กิจกรรมหลังปรับแก้ตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ
ออกซิเจนทำปฏิกิริยากัน จะได้ผลิตภัณฑ์เป็นสนิมเหล็ก ซึ่งเป็นของแข็ง สีน้ำตาลแดง ปฏิกิริยาเคมีนี้เรียกว่า การเกิดสนิมเหล็ก (rusting) ผลของการเปลี่ยนแปลงนี้ทำให้เหล็กผุกร่อน ปฏิกิริยาการเกิดสนิมเหล็กเขียนแทนได้ด้วยสมการข้อความ ดังนี้ เหล็ก + แก๊สออกซิเจน + น้ำ ⟶ สนิมเหล็ก 26) ครูตรวจสอบการส่งแบบบันทึกการค้นคว้าของนักเรียนและให้คะแนนประเมินตามเกณฑ์การประเมิน (Rubrics Score)	แก้ไขหรือป้องกันปัญหาการเกิดสนิมเหล็ก จะได้ข้อสรุปว่า เมื่อเหล็ก น้ำ และแก๊สออกซิเจนทำปฏิกิริยากัน จะได้ผลิตภัณฑ์เป็นสนิมเหล็ก ซึ่งเป็นของแข็ง สีน้ำตาลแดง ปฏิกิริยาเคมีนี้เรียกว่า การเกิดสนิมเหล็ก (rusting) ผลของการเปลี่ยนแปลงนี้ทำให้เหล็กผุกร่อน ปฏิกิริยาการเกิดสนิมเหล็กเขียนแทนได้ด้วยสมการข้อความ ดังนี้ เหล็ก + แก๊สออกซิเจน + น้ำ ⟶ สนิมเหล็กการแก้ไขปัญหาสนิมเหล็ก เกิดจากการทำปฏิกิริยากันระหว่าง ออกซิเจนและธาตุเหล็ก เกิดเป็นรอยของการเกิดการผุกร่อนเป็น Corrosion ประเภทหนึ่งซึ่งมักเกิดกับโลหะจำพวกเหล็ก หากจะป้องกันหรือแก้ไขไม่ให้เกิดสนิมเหล็ก มีวิธีการ เช่น 1) การป้องกันไม่ให้เหล็กโดนน้ำและแก๊สออกซิเจน 2) การใช้กรดในการกำจัดสคราบสนิม เช่น น้ำส้มสายชู เป็นต้น 3) การใช้เบสในการกำจัดคราบสนิม เช่น เบคกิ้งโซดา เป็นต้น 26) ครูตรวจสอบการส่งแบบบันทึกการค้นคว้าของนักเรียนและให้คะแนนประเมินตามเกณฑ์การประเมิน (Rubrics Score)

3. ผลการหาดัชนีประสิทธิผลของการเรียนรู้โดยใช้การออกแบบ 6E ตามแนวคิด STEAM ร่วมกับปัญหาเป็นฐานเพื่อส่งเสริมสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ด้านการประเมินและการออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์เรื่อง ปฏิกิริยาเคมี สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

ผู้วิจัยนำกิจกรรมการเรียนรู้ไปทดลองใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนอุทัยวิทยาคม จำนวน 39 คน ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2567 ซึ่งเป็นนักเรียนที่ไม่เคยได้รับการเรียนการสอน เรื่อง ปฏิกิริยาเคมี มาก่อน เพื่อหาดัชนีประสิทธิผลของกิจกรรมการเรียนรู้ ซึ่งได้ผลการวิเคราะห์ค่าดัชนีประสิทธิผล ดังตาราง 18 ดังนี้

ตาราง 18 ผลการคำนวณค่าดัชนีประสิทธิผล (Efficiency Index: E.I.) (N = 39)

การทดสอบ	คะแนนเต็ม	$\sum X_{pre}$	$\sum X_{post}$	E.I.
สมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ด้านการประเมินและการออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์	30	294	833	0.6153

จากตาราง 18 พบว่า หลังทำการทดลองใช้การเรียนรู้โดยใช้การออกแบบ 6E ตามแนวคิด STEAM ร่วมกับปัญหาเป็นฐานเพื่อส่งเสริมสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ด้านการประเมินและการออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์เรื่อง ปฏิกิริยาเคมี กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนอุทัยวิทยาคม จำนวน 39 คน ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2567 นักเรียนทำคะแนนสอบก่อนเรียนได้ 294 คะแนน และคะแนนสอบหลังเรียนได้ 833 คะแนน ซึ่งคะแนนเพิ่มขึ้นเท่ากับ 0.6153 คิดเป็นร้อยละ 61.53 ซึ่งมากกว่า 0.50 แสดงว่า ความก้าวหน้าทางการเรียนรู้ของนักเรียนที่ผ่านกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้การออกแบบ 6E ตามแนวคิด STEAM ร่วมกับปัญหาเป็นฐานเพื่อส่งเสริมสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ด้านการประเมินและการออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์เรื่อง ปฏิกิริยาเคมี สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ผ่านเกณฑ์ที่ยอมรับได้

ตอนที่ 2 ผลการทดลองใช้การจัดการเรียนรู้โดยใช้การออกแบบ 6E ตามแนวคิด STEAM ร่วมกับปัญหาเป็นฐานเพื่อส่งเสริมสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ด้านการประเมินและการออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ปฏิกิริยาเคมี สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

ผู้วิจัยนำกิจกรรมการเรียนรู้ไปใช้กับกลุ่มทดลองในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนอุทัยวิทยาคม อำเภอเมือง จังหวัดอุทัยธานี ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2567 จำนวน 37 คน โดยผู้วิจัยเป็นผู้ดำเนินการทดลองใช้และเก็บข้อมูลด้วยตนเอง ผลการทดลองใช้มีรายละเอียดต่อไปนี้

1. ผลการศึกษาพฤติกรรมการเรียนรู้และพัฒนาการทางสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ด้านการประเมินและการออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ปฏิกิริยาเคมี สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ได้รับการออกแบบ 6E ตามแนวคิด STEAM ร่วมกับปัญหาเป็นฐาน ดังนี้

1.1 ผลการวิเคราะห์พัฒนาการของสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ด้านการประเมินและการออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ปฏิกิริยาเคมี สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โดยคะแนนแบ่งออกเป็น 4 กิจกรรม ได้แก่ กิจกรรมที่ 1 การปรับปรุงคุณภาพน้ำเน่าเสีย กิจกรรมที่ 2 การป้องกันการเกิดสนิมเหล็ก กิจกรรมที่ 3 การสังเคราะห์แสงของพืชช่วยแก้ปัญหาแก๊สเสียจากไฟป่า และกิจกรรมที่ 4 ปรากฏการณ์เรือนกระจก ดังตาราง 19

ตาราง 19 คะแนนพัฒนาการของสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ด้านการประเมินและการออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ระหว่างได้รับการจัดกิจกรรมเรียนรู้

สมรรถนะย่อย	กิจกรรมที่ 1					กิจกรรมที่ 2					กิจกรรมที่ 3					กิจกรรมที่ 4				
	กลุ่มที่ 1	กลุ่มที่ 2	กลุ่มที่ 3	กลุ่มที่ 4	กลุ่มที่ 5	กลุ่มที่ 1	กลุ่มที่ 2	กลุ่มที่ 3	กลุ่มที่ 4	กลุ่มที่ 5	กลุ่มที่ 1	กลุ่มที่ 2	กลุ่มที่ 3	กลุ่มที่ 4	กลุ่มที่ 5	กลุ่มที่ 1	กลุ่มที่ 2	กลุ่มที่ 3	กลุ่มที่ 4	กลุ่มที่ 5
1. สามารถระบุประเด็นปัญหาที่ต้องการสำรวจตรวจสอบจากการศึกษาทางวิทยาศาสตร์ที่กำหนดให้	1	2	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	3	2	2	3	3	3	3	2
2. แยกแยะได้ว่าประเด็นปัญหาหรือคำถามใดสามารถตรวจสอบได้ด้วยวิธีการทางวิทยาศาสตร์	2	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	2	3	3	3
3. เสนอวิธีสำรวจตรวจสอบปัญหาทางวิทยาศาสตร์ที่กำหนดให้	2	2	3	2	3	3	4	5	4	5	6	7	7	7	6	8	8	7	9	9

สมรรถนะย่อย	กิจกรรมที่ 1					กิจกรรมที่ 2					กิจกรรมที่ 3					กิจกรรมที่ 4				
	กลุ่มที่ 1	กลุ่มที่ 2	กลุ่มที่ 3	กลุ่มที่ 4	กลุ่มที่ 5	กลุ่มที่ 1	กลุ่มที่ 2	กลุ่มที่ 3	กลุ่มที่ 4	กลุ่มที่ 5	กลุ่มที่ 1	กลุ่มที่ 2	กลุ่มที่ 3	กลุ่มที่ 4	กลุ่มที่ 5	กลุ่มที่ 1	กลุ่มที่ 2	กลุ่มที่ 3	กลุ่มที่ 4	กลุ่มที่ 5
4. ประเมินวิธีสำรวจตรวจสอบปัญหาทางวิทยาศาสตร์ที่กำหนดให้	2	1	1	1	1	2	1	2	1	2	2	2	2	3	2	3	3	3	2	2
5. บรรยายและประเมินวิธีการต่าง ๆ ที่นักวิทยาศาสตร์ใช้ในการยืนยันถึงความน่าเชื่อถือของข้อมูลและความเป็นกลางและการสรุปอ้างอิงจากคำอธิบาย	1	1	2	1	1	2	2	1	2	2	2	3	2	2	2	2	3	3	3	2
รวมคะแนนสมรรถนะ	8	7	8	6	7	10	11	12	11	13	14	16	16	16	14	19	19	19	20	18

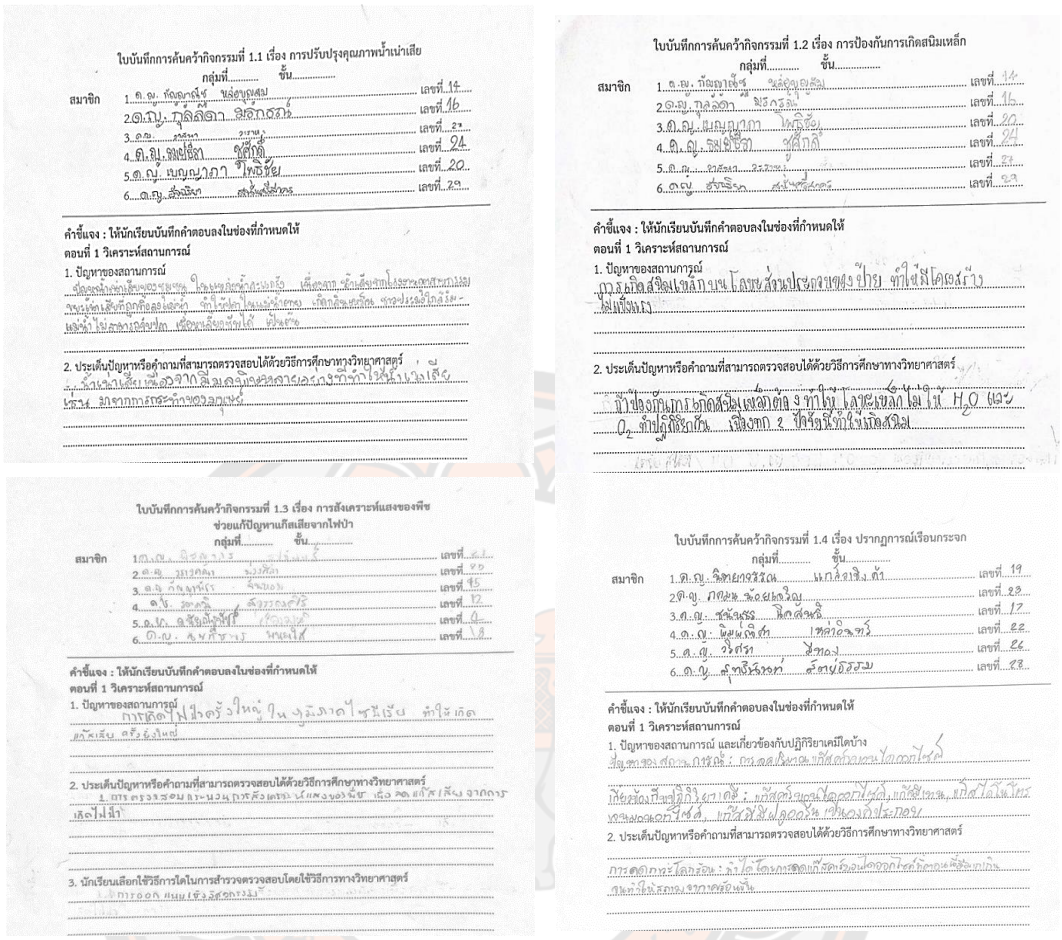
จากตาราง 19 พบว่า คะแนนพัฒนาการของสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ด้านการประเมินและการออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ในภาพรวมการปฏิบัติกิจกรรมที่ 1 ถึงกิจกรรมที่ 4 ของนักเรียนทุกกลุ่มมีคะแนนเพิ่มขึ้น แสดงว่านักเรียนมีพัฒนาการขึ้น โดยคะแนนกลุ่มที่ 1 มีคะแนนสมรรถนะที่พัฒนาขึ้นคือ 8 , 10, 14 และ 19 ตามลำดับ คะแนนกลุ่มที่ 2 มีคะแนนสมรรถนะที่พัฒนาขึ้น คือ 7, 11, 16 และ 19 ตามลำดับ คะแนนกลุ่มที่ 3 มีคะแนนสมรรถนะที่พัฒนาขึ้นคือ 8, 12, 16 และ 19 ตามลำดับ คะแนนกลุ่มที่ 4 มีคะแนนสมรรถนะที่พัฒนาขึ้นคือ 6, 11, 16 และ 20 และคะแนนกลุ่มที่ 5 มีคะแนนสมรรถนะที่พัฒนาขึ้นคือ 7, 13, 14 และ 18 ตามลำดับ

1.2 ผลการศึกษาพฤติกรรมการเรียนรู้ระหว่างเรียนเมื่อผ่านกิจกรรมการเรียนรู้ทั้ง 6 ขั้นตอน ทั้ง 4 กิจกรรม อันเป็นกระบวนการเกิดสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ด้านการประเมินและการออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ปฏิกิริยาเคมี สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โดยมีผลการศึกษา ดังนี้

ขั้นที่ 1 ขั้นกำหนดปัญหาเพื่อสร้างความสนใจ

เมื่อครูกำหนดปัญหาเพื่อสร้างความสนใจโดยยกประเด็นปัญหาที่ใกล้ตัวนักเรียนมาเป็นประเด็นปัญหาเพื่อนักเรียนจะได้มองเห็นภาพของปัญหาที่ตั้งขึ้นได้อย่างชัดเจน มีการใช้คำถามเพื่อกระตุ้นให้นักเรียนร่วมกันพิจารณา และให้นักเรียนภายในกลุ่มได้ร่วมมือกันวางแผนแก้ปัญหาที่กำหนดให้ และตอบคำถามในแบบบันทึกการค้นคว้ากิจกรรม

ตัวอย่าง วิเคราะห์สถานการณ์ปัญหาของนักเรียน



ภาพ 10 การวิเคราะห์สถานการณ์ปัญหาของนักเรียนตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1-4

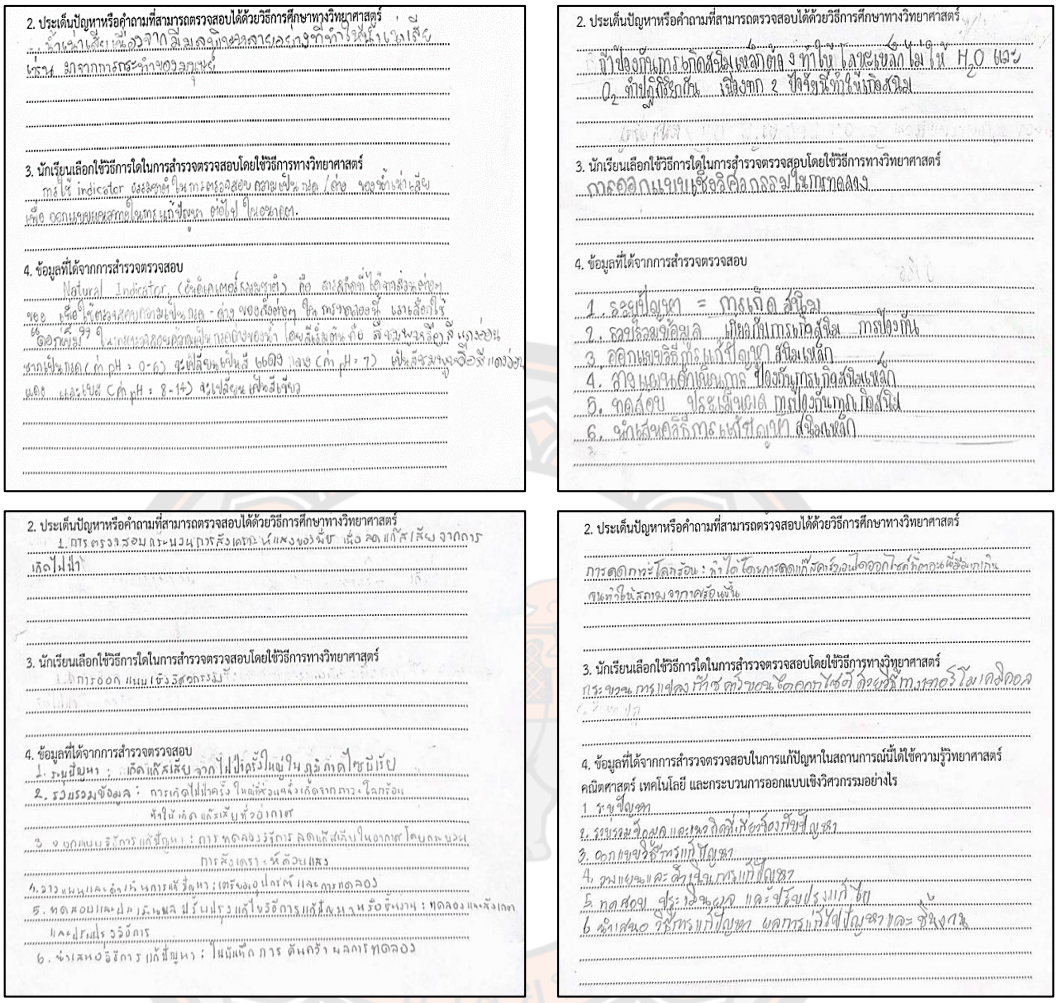
จากการสังเกตพฤติกรรมนักเรียนขณะปฏิบัติกิจกรรมที่ 1 การปรับปรุงคุณภาพน้ำเน่าเสีย พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่ให้ความร่วมมือเป็นอย่างดี มีการแลกเปลี่ยนแสดงความคิดเห็นตอบโต้กับครูและร่วมกันคิดกับเพื่อนในชั้นเรียน นักเรียนส่วนใหญ่ร่วมกันคิดหาคำตอบแต่ยังไม่สามารถคิดหาคำตอบได้ ไม่สามารถวิเคราะห์ปัญหาของสถานการณ์ ประเด็นปัญหาที่ต้องการสำรวจตรวจสอบจากการศึกษาทางวิทยาศาสตร์ที่กำหนดให้ได้ มีความสับสนกับสถานการณ์ปัญหา เนื่องจากปัญหาน้ำเสียมีหลายสาเหตุในการทำให้เกิดน้ำเสีย นักเรียนไม่สามารถวิเคราะห์สถานการณ์ที่ครูให้ได้ จึงทำให้เกิดประเด็นความคลาดเคลื่อนในการระบุประเด็นปัญหาที่ต้องการสำรวจตรวจสอบ อีกทั้งการทำงานร่วมกับผู้อื่นในกลุ่มยังไม่มีการระดมความคิดปรึกษาหารือในสถานการณ์ที่ครูให้ทำกิจกรรม นักเรียนต่างคนต่างคิด และไม่ยอมรับฟังสมาชิกในกลุ่มในการเสนอปัญหาที่ต้องการสำรวจ ผู้วิจัยจึงใช้คำถามกระตุ้นความคิด เพื่อให้นักเรียนสามารถวิเคราะห์สถานการณ์ปัญหาพร้อมทั้งเน้นให้นักเรียนฝึกทำงานร่วมกับเพื่อนในกลุ่มให้เกิดการระดมความคิด

จากการสังเกตพฤติกรรมนักเรียนขณะปฏิบัติกิจกรรมที่ 2 การป้องกันการเกิดสนิมเหล็ก พบว่า นักเรียนเริ่มมีการระดมความคิดกับสมาชิกในกลุ่มมากขึ้น สามารถวิเคราะห์ประเด็นปัญหาที่ต้องการสำรวจตรวจสอบจากการศึกษาทางวิทยาศาสตร์ที่กำหนดให้ได้ เนื่องจากปัญหาการป้องกันการเกิดสนิมเหล็ก เป็นปัญหาที่นักเรียนพบเห็นได้ในชีวิตประจำวันและเป็นประเด็นปัญหาที่นักเรียนให้ความสนใจในการคิดเพื่อระบุประเด็นปัญหาที่ต้องการสำรวจตรวจสอบ

จากการสังเกตพฤติกรรมนักเรียนขณะปฏิบัติกิจกรรมที่ 3 การสังเคราะห์แสงของพืชช่วยแก้ปัญหาแก๊สเสียจากไฟป่า พบว่า นักเรียนมีความกระตือรือร้นในการค้นหาปัญหา ระดมความคิดกับสมาชิกในกลุ่มมากขึ้น มีการสอบถามความคิดเห็นกับสมาชิกในกลุ่มว่ามีประสบการณ์หรือมีความรู้พื้นฐานจากการเรียนหรือจากการได้ฟัง ได้อ่านจากสื่ออินเทอร์เน็ตเกี่ยวกับสถานการณ์ที่ครูกำหนดมาให้ในการระบุปัญหา และร่วมกันสรุปวิเคราะห์ประเด็นปัญหาที่ต้องการสำรวจตรวจสอบจากการศึกษาทางวิทยาศาสตร์ที่กำหนดให้ได้

จากการสังเกตพฤติกรรมนักเรียนขณะปฏิบัติกิจกรรมที่ 4 ออกแบบวิธีการลดปริมาณแก๊สเรือนกระจก พบว่า นักเรียนปรับตัวและมีประสบการณ์ตรงในการทำกิจกรรมมากขึ้น มีการวางแผนแบ่งหน้าที่ในการทำงานก่อนเป็นลำดับแรก มีการสำรวจตอบสอบความคิดของสมาชิกในกลุ่มในประเด็นปัญหาที่เกิดขึ้นในสถานการณ์ที่กำหนดมา และมีการสอบถามรายละเอียดเพิ่มเติมพร้อมทั้งมีการจดบันทึกระบุประเด็นปัญหาอย่างเป็นระบบแล้วนำประเด็นปัญหาที่ได้มาจากแต่ละคนมาวิเคราะห์ วิพากษ์กันกับสมาชิกในกลุ่ม สามารถสรุปวิเคราะห์ประเด็นปัญหาที่ต้องการสำรวจตรวจสอบจากการศึกษาทางวิทยาศาสตร์ที่กำหนดให้ได้สอดคล้องกับสถานการณ์ที่ครูได้กำหนดไว้ โดยใช้เวลาไม่นานและมีกระบวนการทางการคิดที่มีแบบแผน ส่งผลให้สามารถระบุประเด็นปัญหาที่ต้องการสำรวจตรวจสอบได้อย่างหลายประเด็นปัญหาและมีความถูกต้อง

ขั้นที่ 2 ขั้นสำรวจตรวจสอบ



ภาพ 11 การสำรวจตรวจสอบแยกแยะประเด็นปัญหาหรือคำถามใดสามารถตรวจสอบได้ด้วยวิธีการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1-4

จากการสังเกตพฤติกรรมนักเรียนขณะปฏิบัติกิจกรรมที่ 1 การปรับปรุงคุณภาพน้ำเน่าเสีย พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่ในกลุ่มจะไม่มีส่วนร่วมกับสมาชิกในกลุ่มในการแยกแยะประเด็นปัญหาหรือคำถามใดสามารถตรวจสอบได้ด้วยวิธีการทางวิทยาศาสตร์ ไม่สามารถเชื่อมโยงประเด็นปัญหาได้ อีกทั้งมีนักเรียนบางคนที่เป็นผู้ดำเนินการทำกิจกรรมในการแยกแยะประเด็นปัญหาหรือคำถามเพียงคนเดียว หรือร่วมกันแยกแยะประเด็นปัญหาจำนวน 1-2 คน

จากการสังเกตพฤติกรรมนักเรียนขณะปฏิบัติกิจกรรมที่ 2 การป้องกันการเกิดสนิมเหล็ก พบว่า นักเรียนในกลุ่มเริ่มมีความกระตือรือร้นกับสมาชิกในกลุ่มในการแบ่งหน้าที่กันในการช่วยกันแยกแยะประเด็นปัญหาหรือคำถามใดสามารถตรวจสอบได้ด้วยวิธีการทางวิทยาศาสตร์โดยประเด็น

ปัญหาที่คล้ายคลึงกันจะจับไปเขียนอยู่หมวดหมู่เดียวกัน เริ่มแยกแยะได้ว่าประเด็นปัญหาหรือคำถามใดสามารถตรวจสอบได้ด้วยวิธีการทางวิทยาศาสตร์ได้

จากการสังเกตพฤติกรรมนักเรียนขณะปฏิบัติกิจกรรมที่ 3 การสังเคราะห์แสงของพืชช่วยแก้ปัญหาแก๊สเสียจากไฟป่า พบว่า นักเรียนแต่ละกลุ่มเริ่มมีการวางแผนการทำงานร่วมกัน มีการระดมความคิดเพื่อนำปัญหาที่ได้มาแยกแยะได้ว่าประเด็นปัญหาหรือคำถามใดสามารถตรวจสอบได้ด้วยวิธีการทางวิทยาศาสตร์ได้ ซึ่งพบว่านักเรียนสามารถแยกแยะได้ทั้งถูกต้องและไม่ถูกต้องบางส่วนที่ยังไม่ครอบคลุมประเด็นปัญหา

จากการสังเกตพฤติกรรมนักเรียนขณะปฏิบัติกิจกรรมที่ 4 ออกแบบวิธีการลดปริมาณแก๊สเรือนกระจก พบว่า นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันระดมความคิดแยกแยะได้ว่าประเด็นปัญหาหรือคำถามใดสามารถตรวจสอบได้ด้วยวิธีการทางวิทยาศาสตร์ได้เริ่มมีการวางแผนและ แยกแยะว่าประเด็นปัญหาหรือคำถามใดสามารถ ตรวจสอบได้ด้วยวิธีการทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งพบว่านักเรียนสามารถแยกแยะได้อย่างถูกต้อง เนื่องมาจากนักเรียนได้มีประสบการณ์ในการแยกแยะปัญหาจากกิจกรรมก่อนหน้าแล้ว จึงทำให้นักเรียนมีความรู้ ความเข้าใจและสามารถแยกแยะปัญหาที่นักเรียนต้องการสำรวจ ในการศึกษาทางวิทยาศาสตร์ได้อย่างถูกต้อง ครอบคลุม

ขั้นที่ 3 ขั้นอธิบายและเข้าใจปัญหา

ภาพ 12 การอธิบายและเข้าใจปัญหาที่นักเรียนสำรวจตรวจสอบตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1-4

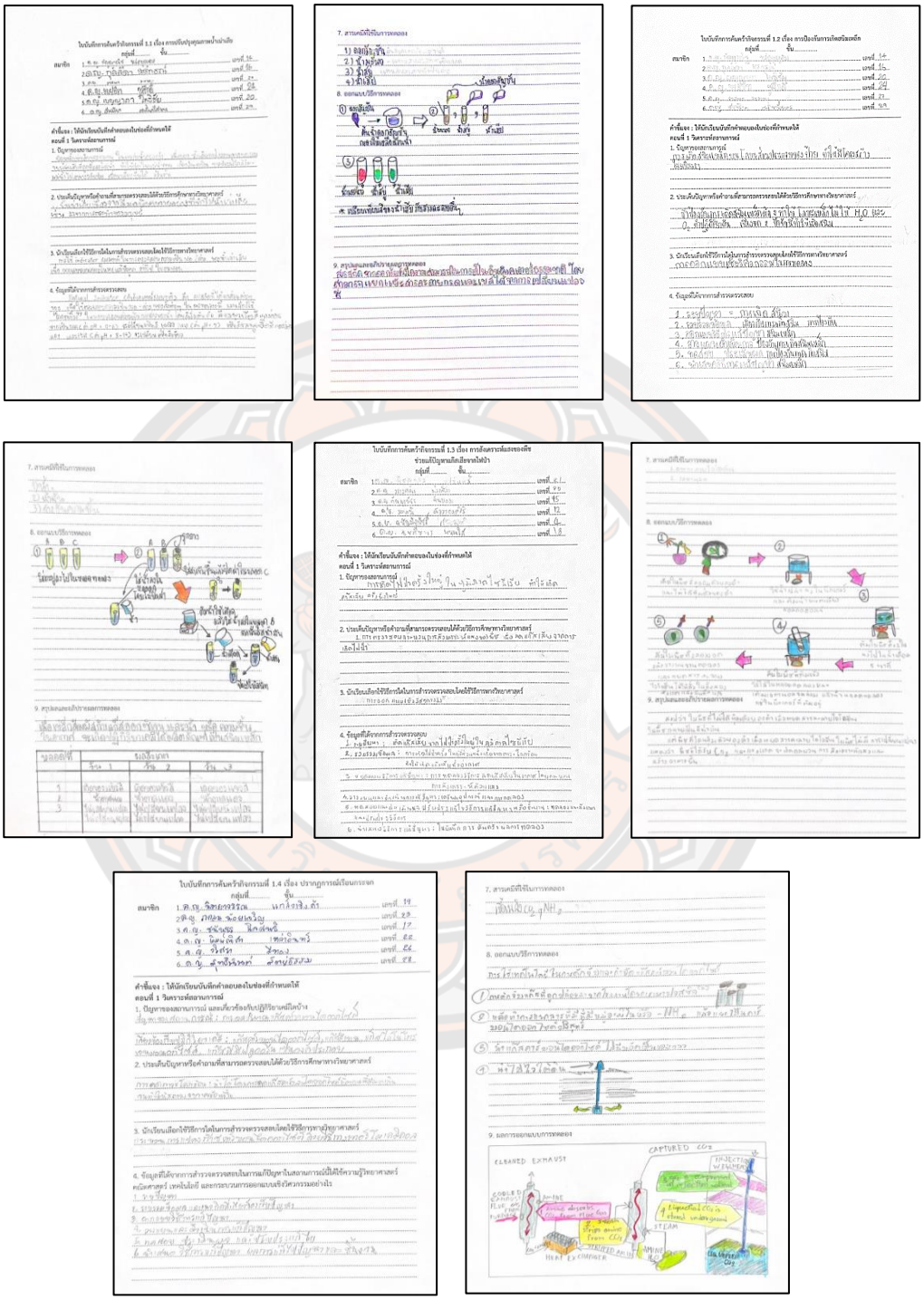
จากการสังเกตพฤติกรรมนักเรียนขณะปฏิบัติกิจกรรมที่ 1 การปรับปรุงคุณภาพน้ำเน่าเสีย พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่แต่ละกลุ่มไม่กล้าแสดงออกในการอธิบายปัญหาที่ในสิ่งที่ตนเองคิดวิเคราะห์ กลัวว่าคำตอบที่อธิบายให้เพื่อนร่วมกลุ่มฟังจะเป็นคำตอบที่ไม่ถูกต้อง ในภาพรวมนักเรียนทุกคนไม่ค่อยมีความร่วมมือกันในการทำงานกลุ่มเป็นส่วนใหญ่ ครูจึงชี้แนะแนวทางการนำเสนอว่าไม่มีใครว่ากล่าวหากนักเรียนอธิบายได้ไม่ถูกต้อง การแสดงออกทางความคิดเป็นการอธิบายตามความเข้าใจของตัวนักเรียนเอง ซึ่งการร่วมกันอธิบายถึงปัญหาสถานการณ์ของแต่ละคนเป็นการระดมความคิดจากสมาชิกในกลุ่มเพื่อที่จะได้นำความคิดที่ได้จากหลาย ๆ คนในกลุ่มมาทำร่วมกันอธิบายถึงปัญหาของสถานการณ์

จากการสังเกตพฤติกรรมนักเรียนขณะปฏิบัติกิจกรรมที่ 2 การป้องกันการเกิดสนิมเหล็ก พบว่า นักเรียนเริ่มมีประสบการณ์จากการทำกิจกรรมที่ 1 นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันแสดงออกความคิดเห็นมากขึ้น เริ่มมีนักเรียนที่เป็นผู้นำ สอบถามความคิดเห็นของสมาชิกภายในกลุ่ม และมีผู้จดบันทึกในสิ่งที่เพื่อนอธิบาย เพื่อนำความคิดเห็นของแต่ละคนในกลุ่ม มาร่วมกันอภิปรายและอธิบายถึงปัญหาที่เกิดขึ้นในสถานการณ์ที่ได้รับมา

จากการสังเกตพฤติกรรมนักเรียนขณะปฏิบัติกิจกรรมที่ 3 การสังเคราะห์แสงของพืชช่วยแก้ปัญหาแก๊สเสียจากไฟป่า พบว่า นักเรียนเริ่มมีประสบการณ์จากการทำกิจกรรมที่ 1 ถึงกิจกรรมที่ 2 ในภาพรวมส่วนใหญ่นักเรียนทุกกลุ่มมีความกล้าแสดงออกในการอธิบายและร่วมกันออกความคิดเห็นเกี่ยวกับปัญหาของสถานการณ์ที่กำหนดให้อย่างตั้งใจ ทุกคนมีการจดบันทึกปัญหาที่เพื่อนสมาชิกในกลุ่มนำเสนอ จากนั้นมีการนำแนวคิดของสมาชิกในกลุ่มมาร่วมกันสรุปและอธิบายถึงปัญหาของสถานการณ์

จากการสังเกตพฤติกรรมนักเรียนขณะปฏิบัติกิจกรรมที่ 4 ออกแบบวิธีการลดปริมาณแก๊สเรือนกระจก พบว่า นักเรียนเริ่มมีประสบการณ์จากการทำกิจกรรมที่ 1 ถึงกิจกรรมที่ 3 นักเรียนมีความกระตือรือร้นในการแสดงออกทางความคิด ร่วมกันเสนอปัญหาของสถานการณ์ที่เกิดขึ้น มีกระบวนการกลุ่มที่แบ่งหน้าที่กันชัดเจน ทุกคนมีการจดบันทึกปัญหาที่เพื่อนสมาชิกในกลุ่มนำเสนอ มีการร่วมกันอธิบายและวาดภาพประกอบในกระดาษเพื่ออธิบายและชี้แจงให้สมาชิกในกลุ่มเข้าใจถึงปัญหาที่ตนเองนำเสนอ พร้อมทั้งมีการเสนอแนะถึงแนวทางที่หลากหลายของการเกิดปัญหาของสถานการณ์

ขั้นที่ 4 ขั้นดำเนินการออกแบบเชิงวิศวกรรม



ภาพ 13 ตัวอย่างการดำเนินการออกแบบเชิงวิศวกรรมที่นักเรียนลงมือปฏิบัติ แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1-4

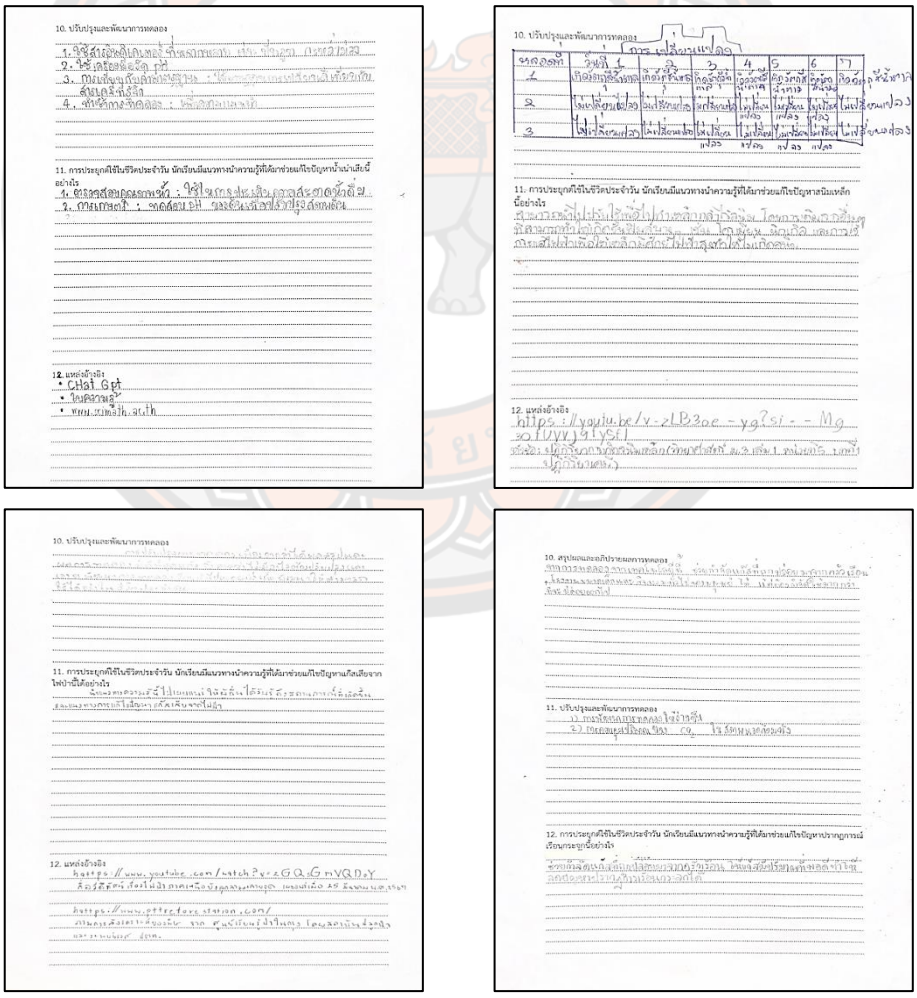
จากการสังเกตพฤติกรรมนักเรียนขณะปฏิบัติกิจกรรมที่ 1 การปรับปรุงคุณภาพน้ำเน่าเสีย พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่แต่ละกลุ่มมีความสับสนในการทำกิจกรรมเนื่องจากเป็นการเรียนรู้ในรูปแบบใหม่ในการเรียน ยังไม่สามารถดำเนินการออกแบบเชิงวิศวกรรม การค้นหาคำตอบในการเสนอวิธีการตรวจสอบปัญหาทางวิทยาศาสตร์ที่กำหนดมาได้ ไม่สามารถระบุตัวแปรต่าง ๆ ได้ ขาดความเข้าใจในการเลือกใช้อุปกรณ์สารเคมีในการ ตรวจสอบและขั้นตอนและกระบวนการตรวจสอบตามกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ครูจึงได้ชี้แนะเพิ่มเติมและกำหนดขอบเขตของการออกแบบกระบวนการทดลองให้กับนักเรียน เช่น ในการเลือกใช้อุปกรณ์การทดลอง พืชที่ใช้ในการทำเป็นอินดิเคเตอร์ เป็นต้น

จากการสังเกตพฤติกรรมนักเรียนขณะปฏิบัติกิจกรรมที่ 2 การป้องกันการเกิดสนิมเหล็ก พบว่า นักเรียนเริ่มมีประสบการณ์จากการทำกิจกรรมที่ 1 นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันดำเนินการออกแบบกระบวนการทดลองทางวิทยาศาสตร์ นักเรียนทุกคนช่วยเหลือในการทำงานกลุ่มได้เป็นอย่างดีและยอมรับความคิดเห็นซึ่งกันและกัน มีการเริ่มปรับตัวในการหาข้อมูลเนื้อหาส่วนที่ไม่รู้โดยมีการหาข้อมูลจากสื่ออินเทอร์เน็ต แต่นักเรียนต่างคนต่างหายังไม่มีการแบ่งประเด็นปัญหาในการหาข้อมูลทำให้ใช้เวลานานในการหาวิธีสำรวจตรวจสอบปัญหาทางวิทยาศาสตร์สามารถระบุตัวแปรต่าง ๆ ได้แต่ยังไม่สอดคล้องและไม่ถูกต้อง สามารถเลือกใช้อุปกรณ์ สารเคมีในการตรวจสอบได้แต่ยังไม่ถูกต้องทั้งหมด การหาข้อมูลขั้นตอนและกระบวนการตรวจสอบตามกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ได้ไม่ถูกต้องครบถ้วน ครูแนะนำว่าปัจจัยการเกิดสนิมเหล็ก มี 2 ปัจจัย คือน้ำ และ แก๊สออกซิเจน แนะนำว่าต้องออกแบบการทดลองที่สามารถกำจัดปัจจัยทั้ง 2 ปัจจัยนี้ออกไป จะสามารถป้องกันการเกิดสนิมเหล็กได้ เป็นต้น

จากการสังเกตพฤติกรรมนักเรียนขณะปฏิบัติกิจกรรมที่ 3 การสังเคราะห์แสงของพืชช่วยแก้ปัญหาแก๊สเสียจากไฟป่า พบว่า นักเรียนเริ่มมีประสบการณ์จากการทำกิจกรรมที่ 1 ถึงกิจกรรมที่ 2 นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันดำเนินการออกแบบกระบวนการทดลองทางวิทยาศาสตร์ นักเรียนทุกคนช่วยเหลือในการทำงานกลุ่มได้เป็นอย่างดีและยอมรับความคิดเห็นซึ่งกันและกัน มีการแบ่งหน้าที่ในการหาข้อมูลจากสื่ออินเทอร์เน็ต มีการแบ่งประเด็นปัญหาในการหาข้อมูล ใช้เวลากระชับขึ้นในการหาข้อมูล สามารถระบุตัวแปรต่าง ๆ ได้อย่างสอดคล้องและถูกต้องบางส่วน สามารถเลือกใช้อุปกรณ์สารเคมีในการตรวจสอบได้อย่างถูกต้องบางส่วน สมาชิกร่วมกันระดมความคิดและสรุปขั้นตอนและกระบวนการตรวจสอบตามกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ได้อย่างถูกต้องเป็นส่วนใหญ่อาจมีขั้นตอนบางส่วนที่ยังไม่ถูกต้อง ครูให้คำแนะนำนักเรียน เช่น การมีพื้นที่สีเขียว ต้นไม้ เนื่องจากผลิตภัณฑ์จากการสังเคราะห์แสงของพืชสร้างแก๊สออกซิเจนออกมา และการที่ต้นไม้มีความชุ่มชื้นจะไม่ทำให้ต้นไม้แห้ง ลดการเสียดสีของต้นไม้ ช่วยลดการเกิดไฟป่าได้ เป็นต้น

จากการสังเกตพฤติกรรมนักเรียนขณะปฏิบัติกิจกรรมที่ 4 ออกแบบวิธีการลดปริมาณแก๊สเรือนกระจก พบว่า นักเรียนเริ่มมีประสบการณ์จากการทำกิจกรรมที่ 1 ถึงกิจกรรมที่ 3 นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันดำเนินการออกแบบกระบวนการทดลองทางวิทยาศาสตร์ นักเรียนทุกคนช่วยเหลือในการทำงานกลุ่มได้เป็นอย่างดีและยอมรับความคิดเห็นซึ่งกันและกัน มีการแบ่งหน้าที่ได้อย่างชัดเจนในการหาข้อมูลจากสื่ออินเทอร์เน็ต มีการแบ่งประเด็นปัญหาในการหาข้อมูล ใช้เวลาน้อยในการหาข้อมูล สามารถระบุตัวแปรต่าง ๆ ได้อย่างสอดคล้องและถูกต้อง สามารถเลือกใช้อุปกรณ์สารเคมีใน การตรวจสอบได้อย่างถูกต้อง สมาชิกร่วมกันระดมความคิดและสรุปขั้นตอนและกระบวนการตรวจสอบตามกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ได้อย่างถูกต้อง ครูชี้แนะแนวทางการออกแบบ เช่น การออกแบบการลดปริมาณการปล่อยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ ที่เป็นหนึ่งในแก๊สหลายตัวที่เป็นแก๊สที่ก่อให้เกิดภาวะเรือนกระจก เป็นต้น

ขั้นที่ 5 ขั้นสังเคราะห์ความรู้ ปรับปรุงและลงข้อสรุป



ภาพ 14 ตัวอย่างสังเคราะห์ความรู้ ปรับปรุงและลงข้อสรุปของนักเรียนใน แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1-4

จากการสังเกตพฤติกรรมนักเรียนขณะปฏิบัติกิจกรรมที่ 1 การปรับปรุงคุณภาพน้ำเน่าเสีย พบว่า หลังจากการออกแบบเชิงวิศวกรรมแล้วจะนำมาใช้ในการทดสอบและประเมินการใช้งานของนวัตกรรมในการตรวจสอบคุณภาพของน้ำ ขั้นตอนนี้ครูได้จัดเตรียมตัวอย่างน้ำเสียที่มีลักษณะใกล้เคียงกับน้ำเสียเพื่อให้ทำการตรวจสอบคุณภาพของน้ำ จากนั้นนักเรียนแต่ละกลุ่มทำการทดสอบนวัตกรรมในมาทดสอบน้ำเสียและเปรียบเทียบกับกระดาษยูนิเวอร์แซลอินดิเคเตอร์ ซึ่งทำการทดสอบโดยนำนวัตกรรมในการตรวจสอบคุณภาพน้ำ นวัตกรรมการตรวจสอบคุณภาพน้ำเสียให้มีประสิทธิภาพบรรลุตามเงื่อนไขที่ครูกำหนด ถือว่า ในการตรวจสอบคุณภาพน้ำเสียครั้งนี้ให้เวลาแก่นักเรียนทำการทดลสอบเป็นเวลา 30 นาที ในการศึกษาสถานการณ์และนวัตกรรมในการตรวจสอบคุณภาพน้ำเสียนั้นสามารถนำไปใช้ได้จริงและถือว่าแต่ละกลุ่มประสบความสำเร็จ การตอบคำถามลงในใบแบบบันทึกการค้นคว้ากิจกรรม จากการสังเกต พบว่า นักเรียนแต่ละกลุ่มให้ความสนใจการตรวจสอบคุณภาพน้ำเสีย และนวัตกรรมการตรวจสอบคุณภาพน้ำเสียของนักเรียนสามารถนำมาใช้ตรวจสอบคุณภาพน้ำเสียได้ดี นั่นคือค่าพีเอช ที่ได้จากนวัตกรรมที่นักเรียนสร้างขึ้นมีค่าใกล้เคียงกับกระดาษยูนิเวอร์แซลอินดิเคเตอร์ เมื่อทุกกลุ่มทำการทดสอบเสร็จแล้ว ครูได้ให้แต่ละกลุ่มนำชิ้นงานของตัวเองกลับไปปรับปรุงแก้ไขแล้วนำมาทดสอบอีกครั้ง ในขั้นตอนนี้ยังสังเกตเห็นว่า นักเรียนบางกลุ่มใช้วัสดุอุปกรณ์จากการคาดเดา ไม่ได้อ้างอิงหลักการหรือทฤษฎี จึงทำให้ผลการทดสอบไม่เป็นไปตามที่คาดหวัง บรรยากาศในห้องเรียนเต็มไปด้วยความสนุกสนาน เป็นเพราะส่วนใหญ่แล้วนักเรียนจะลงมือปฏิบัติด้วยตนเอง ไม่ได้ฟังคำบรรยายจากครูฝ่ายเดียว ได้ทำการทดลองประกอบกับได้เห็นสิ่งที่เกิดขึ้นแล้วอาจจะรู้สึกว่าเป็นสิ่งที่จับต้องได้ สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้จริง จึงมีความสนุกสนานที่ได้สังเคราะห์ข้อมูลความรู้และนำไปปรับปรุงแก้ไขงานของนักเรียน

จากการสังเกตพฤติกรรมนักเรียนขณะปฏิบัติกิจกรรมที่ 2 การป้องกันการเกิดสนิมเหล็ก พบว่า หลังจากการออกแบบเชิงวิศวกรรมแล้วจะนำมาใช้ในการทดสอบและประเมินการใช้งานของนวัตกรรมในการป้องกันการเกิดสนิมเหล็ก ขั้นตอนนี้ครูได้จัดเตรียมสารเคมีที่นักเรียนต้องการใช้ในการทดลองเตรียมไว้ให้นักเรียน แต่ละกลุ่มจะมีการออกแบบการทดลองที่แตกต่างกันออกไป แต่ในภาพรวมนักเรียนทดสอบ เช่น หลอดที่ 1 ใช้ตะปูเหล็กใส่ในน้ำ เปิดฝาหลอดทดลองไว้ หลอดที่ 2 ใช้ตะปูเหล็กใส่ในน้ำและใส่น้ำมันพืชปิดผิวน้ำ ปิดฝาหลอดทดลอง หลอดที่ 3 ใส่ตะปูเหล็กและสารแคลเซียมคลอไรด์ ปิดฝาหลอดทดลอง หลอดที่ 4 ใส่ตะปูเหล็กลงไปในน้ำที่ต้มจนเดือดเพื่อไล่แก๊สออกซิเจนออกจากน้ำ และปิดฝาหลอดทดลอง เป็นต้น ซึ่งทำการทดสอบโดยนำนวัตกรรมที่นักเรียนออกแบบการทดลองเชิงวิศวกรรมมาทำการการตรวจสอบการหาแนวทางการป้องกันการเกิดสนิมเหล็กให้มีประสิทธิภาพบรรลุตามเงื่อนไขที่ครูกำหนด ถือว่า ในการตรวจสอบหาแนวทางการป้องกันการเกิดสนิมเหล็กครั้งนี้ให้เวลาแก่นักเรียนทำการทดลสอบเป็นเวลา 30 นาที ในการศึกษาสถานการณ์และนวัตกรรมในการตรวจสอบทางการป้องกันการเกิดสนิมเหล็กนั้นสามารถนำไปใช้ได้

จริงในการดำเนินชีวิตประจำวัน การตอบคำถามลงในใบแบบบันทึกการค้นคว้ากิจกรรม จากการสังเกต พบว่า นักเรียนแต่ละกลุ่มให้ความสนใจการตรวจสอบหาแนวทางการป้องกันการเกิดสนิมเหล็กวิเคราะห์ความรู้ที่จะสามารถป้องกันการเกิดสนิมและสังเคราะห์วิธีการป้องกันการเกิดสนิมขึ้นมาได้ อีกทั้งนวัตกรรมการทดลองที่นักเรียนสร้างขึ้นในการป้องกันการเกิดสนิมเหล็กของนักเรียนสามารถนำมาใช้ป้องกันการเกิดสนิมได้ นั่นคือ การกำจัดแก๊สออกซิเจน และน้ำออกจากเหล็ก ถ้าขาดปัจจัยใดปัจจัยหนึ่งไปจะทำให้ไม่สามารถเกิดสนิมเหล็กได้ เป็นต้น เมื่อทุกกลุ่มทำการทดลองเสร็จแล้วในขั้นตอนนี้ครูให้นักเรียนทำการปรับปรุงตารางบันทึกผลการทดลองให้สอดคล้องกับการทดลองมากขึ้น ในภาพรวมบรรยากาศในห้องเรียนเต็มไปด้วยความสนุกสนาน นักเรียนสนุกที่ได้ลงมือปฏิบัติด้วยตนเอง ได้ทำการทดลองประกอบกับได้เห็นสิ่งที่เกิดขึ้นแล้วอาจจะรู้สึกว่าเป็นสิ่งที่จับต้องได้ สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้จริง

จากการสังเกตพฤติกรรมนักเรียนขณะปฏิบัติกิจกรรมที่ 3 การสังเคราะห์แสงของพืชช่วยแก้ปัญหาแก๊สเสียจากไฟป่า พบว่า นักเรียนเริ่มมีประสบการณ์จากการทำกิจกรรมที่ 1 ถึงกิจกรรมที่ 2 ขั้นตอนนี้ครูได้จัดเตรียมสารเคมีที่นักเรียนต้องการใช้ในการทดลองเตรียมไว้ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มจะมีการออกแบบการทดลองที่แตกต่างกันออกไป ในภาพรวมนักเรียนส่วนใหญ่ทำการทดลอง เช่น การนำสาหร่ายหางกระรอกบรรจุในกรวยแก้วคว่ำกรวยแก้วลงในบีกเกอร์ เติมน้ำลงในบีกเกอร์จนมิดปลายก้านกรวยแก้ว จากนั้นเติมน้ำในหลอดทดลองที่มีขนาดใหญ่กว่าก้านกรวยแก้วจนเต็ม แล้วคว่ำหลอดทดลองครอบก้านกรวยแก้วโดยไม่ให้อากาศเหลือบริเวณก้นหลอดทดลองใส่ผงฟู 2 ช้อนเบอร์ 1 ลงในบีกเกอร์และนำชุดการทดลองไปวางกลางแดดจัด ระหว่างนี้นักเรียนจะเห็นว่าเกิดการเปลี่ยนแปลง โดยสามารถสังเกตเห็นฟองแก๊สจากหลอดทดลอง และมีแก๊สเกิดขึ้นที่ก้นหลอดทดลองตั้งทิ้งไว้สัก 30 นาที จากนั้นยกหลอดทดลองออกจากก้านกรวยแก้ว โดยใช้นิ้วหัวแม่มือปิดปากหลอดทดลองให้สนิท ขณะที่ปลายหลอดทดลองยังจมอยู่ในน้ำแล้วยกหลอดทดลองขึ้น แหย่ธูปที่ติดไฟแต่ไม่มีเปลวไฟลงในหลอดทดลองอย่างรวดเร็ว สังเกตปลายธูปที่ติดไฟ ปลายธูปสว่างวาบขึ้นที่เป็นเช่นนั้นเพราะแก๊สออกซิเจน ช่วยให้ไฟติด จากการทำการทดลอง ครูทำการตรวจสอบว่านักเรียนสามารถสังเคราะห์ความรู้ที่ได้ทดลองมาแล้วนำมาใช้ประโยชน์ได้หรือไม่ โดยใช้คำถามว่า ไม้ยืนต้นจะช่วยให้อากาศมีความชุ่มชื้น สามารถป้องกันการเกิดไฟป่าจากธรรมชาติได้หรือไม่ โดยภาพรวมนักเรียนสามารถสังเคราะห์ความรู้ได้ว่า ไม้ยืนต้นมีส่วนช่วยให้อากาศมีความชุ่มชื้นซึ่งเป็นขั้นตอนหนึ่งของระบบการให้ฝนแบบธรรมชาติจึงสามารถป้องกันการเกิดไฟป่าได้ เป็นต้น ในภาพรวมบรรยากาศในห้องเรียนนักเรียนสนุกที่ได้ลงมือปฏิบัติการทดลองด้วยตนเอง สามารถนำความรู้ที่ได้รับไปปรับประยุกต์เพื่อนำไปใช้ประโยชน์ได้ในชีวิตจริง

จากการสังเกตพฤติกรรมนักเรียนขณะปฏิบัติกิจกรรมที่ 4 ออกแบบวิธีการลดปริมาณแก๊สเรือนกระจก พบว่า นักเรียนเริ่มมีประสบการณ์จากการทำกิจกรรมที่ 1 ถึงกิจกรรมที่ 3 นักเรียนแต่ละกลุ่มมีการออกแบบการลดด้วยวิธีการดักจับแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ที่ปล่อยออกมาด้วยสารละลายโมโนทาโนเอมีน เนื่องจากเป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพสูง โดยนักเรียนสามารถสืบค้นหาข้อมูลและสังเคราะห์ความรู้ได้ว่าสารใดบ้างที่สามารถทำปฏิกิริยากับแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ และสามารถเลือกสารที่มีประสิทธิภาพสูงสุดภายใต้ข้อจำกัดของสถานการณ์มาทำปฏิกิริยาเพื่อลดแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ในบรรยากาศ โดยนักเรียนได้ใช้ความรู้ด้านวิทยาศาสตร์ในการหาสารเคมีที่เหมาะสมและมีประสิทธิภาพในการทำปฏิกิริยากับแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ ด้านคณิตศาสตร์ในการคำนวณปริมาณแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ที่ลดลงด้วยวิธีต่าง ๆ ความรู้ด้านเทคโนโลยีในการสืบค้นและออกแบบ ด้านวิศวกรรมใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมในการดำเนินงานอย่างเป็นระบบและด้านศิลปะในการออกแบบเป็นการสร้างสรรค์ทางศิลปะอย่างหนึ่ง การนำเอาทรัพยากรต่าง ๆ ในธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมมาดัดแปลงขึ้นเป็นสิ่งที่จะเอื้ออำนวยความสะดวกสบายและเกิดคุณประโยชน์เกิดคุณค่าต่อการดำรงชีวิตของมนุษย์ เป็นต้น

ขั้นที่ 6 ขั้นสรุปและประเมินผล

ภาพ 15 ตัวอย่างการนำเสนอสรุปหน้าชั้นเรียนของนักเรียนในการทำกิจกรรม

ขั้นตอนนี้ครูให้แต่ละกลุ่มนำเสนอทีละกลุ่มหน้าชั้นเรียน โดยให้นำเสนอ 3 หัวข้อคือ จุดเด่นของนวัตกรรมที่กลุ่มตัวเองได้สร้างขึ้น ผลการทดสอบประสิทธิภาพของนวัตกรรมที่สร้างขึ้นและเมื่อพบว่านวัตกรรมของตัวเองมีข้อบกพร่องหรือให้ผลคลาดเคลื่อนจากตัวอย่างควบคุม นักเรียนได้นำเสนอแนวทางการปรับปรุงแก้ไขนวัตกรรมของตัวเองอย่างไร ซึ่งครูกำหนดให้นักเรียนแต่ละกลุ่มใช้เวลาในการนำเสนอกลุ่มละ 10 นาที นอกจากนั้นมีครูร่วมสะท้อนผลและสรุปความรู้ที่เกี่ยวข้องกับการทดลองทั้งในด้านข้อมูลพื้นฐาน ตามการปฏิบัติกิจกรรมที่ 1 – 4 ดังนี้

การปฏิบัติกิจกรรมที่ 1 การปรับปรุงคุณภาพน้ำเน่าเสีย ครูร่วมสะท้อนผลและสรุปความรู้ที่เกี่ยวข้องกับการทดลองทั้งในด้านข้อมูลพื้นฐานเกี่ยวกับการเกิดปฏิกิริยาที่ทำให้ค่าพีเอชเปลี่ยนแปลงว่ามีความสอดคล้องกับสีที่เกิดขึ้น

การปฏิบัติกิจกรรมที่ 2 การป้องกันการเกิดสนิมเหล็ก ครูร่วมสะท้อนผลและสรุปความรู้ที่เกี่ยวข้องกับการทดลอง ปัจจัยส่งผลต่อการเกิดสนิมเหล็กมี 2 ปัจจัย ได้แก่ น้ำและแก๊สออกซิเจน ดังนั้น ต้องทำการกำจัดปัจจัยทั้ง 2 ข้างต้น เพื่อไม่ให้เกิดสนิมเหล็ก

การปฏิบัติกิจกรรมที่ 3 การสังเคราะห์แสงของพืชช่วยแก้ปัญหาแก๊สเสียจากไฟป่า ครูร่วมสะท้อนผลและสรุปความรู้ที่เกี่ยวข้องกับการเพิ่มพื้นที่สีเขียวในการปลูกต้นไม้โตเร็วคลุมแนวร่องน้ำ เพื่อให้ความชุ่มชื้นค่อย ๆ เพิ่มขึ้นและแผ่ขยายออกไปทั้งสองข้างของร่องน้ำ ซึ่งจะทำให้ต้นไม้งอกงามและมีส่วนช่วยป้องกันไฟป่าเพราะไฟป่าจะเกิดขึ้นง่ายหากป่าขาดความชุ่มชื้น

การปฏิบัติกิจกรรมที่ 4 ออกแบบวิธีการลดปริมาณแก๊สเรือนกระจก ครูร่วมสะท้อนผลและสรุปความรู้ที่เกี่ยวข้องกับ การออกแบบเพื่อลดปริมาณแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ เช่น การเลือกลดปริมาณแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ที่ปล่อยออกมาด้วยสารเคมี เช่น สารละลายโมโนเอทาโนเอมีน มีข้อดีคือเป็นวิธีการที่มีประสิทธิภาพสูงในการลดปริมาณแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ แต่มีข้อเสียคือต้องใช้ต้นทุนสูง อาจมีการปรับปรุงได้โดยการใช้สารเคมีชนิดอื่นที่มีราคาต่ำกว่าแต่ยังคงมีคุณสมบัติในการดักจับแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ได้ดีเช่นเดิม

จากนั้นครูสรุปการทำกิจกรรมในภาพรวมเกี่ยวกับการออกแบบการทดลองตามกระบวนการวิทยาศาสตร์ตามลำดับขั้นตอนให้นักเรียนมีความเข้าใจมากขึ้น และให้นักเรียนคัดเลือกผลงานที่ดีของแต่กลุ่ม ด้วยการให้นักเรียนทุกคนลงคะแนนให้กับกลุ่มที่ตัวเองคิดว่ามีวิธีในการแก้ปัญหาที่เหมาะสมในการสร้างนวัตกรรมได้อย่างสร้างสรรค์ คุ้มค่า ประหยัด และนำไปใช้ได้จริงในชีวิตประจำวันได้หลังจากได้รับฟังการนำเสนอของเพื่อนทุกกลุ่มแล้ว

จากผลการศึกษาพฤติกรรมการเรียนรู้ระหว่างเรียนเมื่อผ่านกิจกรรมการเรียนรู้ทั้ง 6 ขั้นตอน ทั้ง 4 กิจกรรม ผลการวิเคราะห์พฤติกรรมการเรียนรู้อันเป็นกระบวนการเกิดสมรรถนะทางทางวิทยาศาสตร์ด้านการประเมินและการออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ พบว่า ในภาพรวมการทำกิจกรรมที่ 1 นักเรียนมีพฤติกรรมทางการเรียนในด้านสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ด้านการประเมินและการออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่ต่ำมาก ขาดทักษะการคิดวิเคราะห์ในการแก้ไขปัญหาที่ได้ ขาดการจัดระบบความคิดในการทำการทดลอง ไม่สามารถระบุประเด็นปัญหาที่ต้องการสำรวจตรวจสอบจากการศึกษาทางวิทยาศาสตร์ที่กำหนดให้ ไม่สามารถแยกแยะได้ว่าประเด็นปัญหาหรือคำถามใดสามารถตรวจสอบได้ด้วยวิธีการทางวิทยาศาสตร์ ไม่สามารถเสนอวิธีสำรวจตรวจสอบปัญหาทางวิทยาศาสตร์ที่กำหนดให้ ไม่สามารถประเมินวิธีสำรวจตรวจสอบปัญหาทางวิทยาศาสตร์ที่กำหนดให้ ไม่สามารถบรรยายและประเมินวิธีการต่าง ๆ ที่นักวิทยาศาสตร์ใช้ในการยืนยันถึงความน่าเชื่อถือของข้อมูลและความเป็นกลางและการสรุปอ้างอิงจากคำอธิบายได้ แต่เมื่อได้รับการเรียนรู้โดยใช้การออกแบบ 6E ตามแนวคิด STEAM ร่วมกับปัญหาเป็นฐานเพื่อส่งเสริมสมรรถนะทางทางวิทยาศาสตร์ด้านการประเมินและการออกแบบ

กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ นักเรียนมีประสบการณ์ในการจัดการเรียนรู้ ทำให้เกิดกระบวนการคิดวิเคราะห์ แยกแยะ สังเคราะห์ สามารถระบุประเด็นปัญหาที่ต้องการสำรวจตรวจสอบจากการศึกษาทางวิทยาศาสตร์ที่กำหนดให้ สามารถแยกแยะได้ว่าประเด็นปัญหาหรือคำถามใดสามารถตรวจสอบได้ด้วยวิธีการทางวิทยาศาสตร์ สามารถเสนอวิธีสำรวจตรวจสอบปัญหาทางวิทยาศาสตร์ที่กำหนดให้ สามารถประเมินวิธีสำรวจตรวจสอบปัญหาทางวิทยาศาสตร์ที่กำหนดให้ สามารถบรรยายและประเมินวิธีการต่าง ๆ ที่นักวิทยาศาสตร์ใช้ในการยืนยันถึงความน่าเชื่อถือของข้อมูลและความเป็นกลางและการสรุปอ้างอิงจากคำอธิบายได้ อีกทั้งในการทำกิจกรรมยังมีการบูรณาการวิชาต่าง ๆ เข้าด้วยกันในการทำกิจกรรมทั้งวิชาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมคณิตศาสตร์และศิลปะศาสตร์ เพื่อทำงานได้รับมอบหมายให้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี เช่น สามารถนำความรู้ด้านวิทยาศาสตร์ในการหาสารเคมีที่เหมาะสมและมีประสิทธิภาพในการทำปฏิกิริยาเคมี ด้านคณิตศาสตร์ในการคำนวณปริมาณของสารเคมีด้วยวิธีการต่าง ๆ ความรู้ด้านเทคโนโลยีในการสืบค้นและออกแบบด้านวิศวกรรมใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมในการดำเนินงานอย่างเป็นระบบ และด้านศิลปะในการออกแบบเป็นการสร้างสรรค์ทางศิลปะอย่างหนึ่ง การนำเอาทรัพยากรต่าง ๆ ในธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมมาดัดแปลงขึ้นเป็นสิ่งที่จะเอื้ออำนวยความสะดวกสบายและเกิดคุณประโยชน์เกิดคุณค่าต่อการดำรงชีวิตของมนุษย์ เป็นต้น

2. ผลการเปรียบเทียบสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ด้านการประเมินและการออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ปฏิกิริยาเคมี สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

ผลการวิเคราะห์การเปรียบเทียบสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ด้านการประเมินและการออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้การออกแบบ 6E ตามแนวคิด STEAM ร่วมกับปัญหาเป็นฐาน ดังตาราง 20

ตาราง 20 ผลการวิเคราะห์การเปรียบเทียบสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ด้านการประเมินและการออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้การออกแบบ 6E ตามแนวคิด STEAM ร่วมกับปัญหาเป็นฐาน (N = 37)

	คะแนนเต็ม	ก่อนเรียน		หลังเรียน		t	Sig
		$\bar{x}$	S.D.	$\bar{X}$	S.D.		
สมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ด้านการประเมินและการออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์	30	10.54	3.19	24.32	1.58	27.68*	.000

หมายเหตุ * มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากตาราง 20 ผลการวิเคราะห์การเปรียบเทียบสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ด้านการประเมินและการออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้การออกแบบ 6E ตามแนวคิด STEAM ร่วมกับปัญหาเป็นฐาน เรื่อง ปฏิกิริยาเคมี พบว่านักเรียนมีสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ด้านการประเมินและการออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ หลังเรียน ($\bar{X}$ = 24.32, S.D. = 1.58) สูงกว่าก่อนเรียน ($\bar{X}$ = 10.54, S.D. = 3.19) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

3. ผลการวิเคราะห์การเปรียบเทียบสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ด้านการประเมินและการออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ปฏิกิริยาเคมี กับเกณฑ์ร้อยละ 70 ด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้การออกแบบ 6E ตามแนวคิด STEAM ร่วมกับปัญหาเป็นฐาน ดังตาราง 21

ตาราง 21 ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ด้านการประเมินและการออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ หลังเรียนกับเกณฑ์ร้อยละ 70 ด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้การออกแบบ 6E ตามแนวคิด STEAM ร่วมกับปัญหาเป็นฐาน (N = 37)

การทดสอบ	คะแนนเต็ม	คะแนนเกณฑ์	$\overline{X}$	S.D.	% of mean	t	Sig (1-tailed)
หลังเรียน	30	21	24.32	1.58	81.07	12.78*	.000

หมายเหตุ * มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากตาราง 21 ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ด้านการประเมินและการออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ หลังเรียนกับเกณฑ์ร้อยละ 70 ด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้การออกแบบ 6E ตามแนวคิด STEAM ร่วมกับปัญหาเป็นฐาน พบว่า การทดสอบหลังเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 24.32 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 81.07 และเมื่อเปรียบเทียบระหว่างเกณฑ์ร้อยละ 70 กับคะแนนสอบหลังเรียนของนักเรียน พบว่า คะแนนสอบหลังเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ตอนที่ 3 ผลการศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่มีต่อการจัดการเรียนรู้โดยใช้การออกแบบ 6E ตามแนวคิด STEAM ร่วมกับปัญหาเป็นฐานเพื่อส่งเสริมสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ด้านการประเมินและการออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ปฏิกิริยาเคมี

ผลการศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่มีต่อการจัดการเรียนรู้โดยใช้การออกแบบ 6E ตามแนวคิด STEAM ร่วมกับปัญหาเป็นฐานเพื่อส่งเสริมสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ด้านการประเมินและการออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ปฏิกิริยาเคมี ดังตาราง 22

ตาราง 22 ผลการวิเคราะห์ความพึงพอใจของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่มีต่อการจัดการเรียนรู้โดยใช้การออกแบบ 6E ตามแนวคิด STEAM ร่วมกับปัญหาเป็นฐานเพื่อส่งเสริมสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ด้านการประเมินและการออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ปฏิกิริยาเคมี

รายการประเมิน	$\overline{X}$	S.D.	ระดับความพึงพอใจ
1. ด้านปัจจัยนำเข้า			
1.1 สื่อ วัสดุ และอุปกรณ์ที่ใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้มีความเหมาะสม	4.62	0.55	มากที่สุด
1.2 กิจกรรมที่ใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้มีความเหมาะสม	4.81	0.57	มากที่สุด
1.3 สถานที่ที่ใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้มีความเหมาะสม	4.54	0.51	มากที่สุด
1.4 เวลาที่ใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้มีความเหมาะสม	4.19	0.66	มาก
เฉลี่ย	**4.54**	**0.61**	**มากที่สุด**
2. ด้านกระบวนการ			
2.1 ครูมีการแจ้งจุดประสงค์การเรียนรู้ก่อนเรียนในแต่ละกิจกรรม	4.78	0.42	มากที่สุด

รายการประเมิน	$\overline{X}$	S.D.	ระดับความพึงพอใจ
2.2 ครูจัดกิจกรรมการเรียนรู้สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	4.92	0.28	มากที่สุด
2.3 ครูจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ส่งเสริมให้นักเรียนเกิดสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ด้านการประเมินและการออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์	4.84	0.37	มากที่สุด
2.4 ครูจัดกิจกรรมที่ทำให้นักเรียนแลกเปลี่ยนเรียนรู้กับสมาชิกในกลุ่ม	4.62	0.49	มากที่สุด
2.5 ครูจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยเริ่มจากเนื้อที่ง่ายไปหายาก	4.89	0.31	มากที่สุด
2.6 ครูใช้เทคนิคและวิธีการสอนที่หลากหลายและน่าสนใจ	4.57	0.50	มากที่สุด
2.7 ครูอธิบายเนื้อหาและแนวทางในการแก้ปัญหาได้อย่างชัดเจน	4.68	0.47	มากที่สุด
เฉลี่ย	4.76	0.43	มากที่สุด
3. ด้านผลผลิต			
3.1 นักเรียนมีความพึงพอใจในการจัดการเรียนรู้ของครู	4.54	0.51	มากที่สุด
3.2 นักเรียนเข้าใจ เนื้อหาความรู้ ที่เกี่ยวกับสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ด้านการประเมินและการออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์	4.59	0.55	มากที่สุด
3.3 นักเรียนได้รับการสะท้อนจากครูหลังจากทำกิจกรรม	4.70	0.52	มากที่สุด

รายการประเมิน	$\overline{X}$	S.D.	ระดับความพึงพอใจ
3.4 นักเรียนรู้สึกมีความสุขและมีเจตคติที่ดีต่อการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์	4.62	0.59	มากที่สุด
3.5 นักเรียนสามารถนำความรู้ที่ได้จากการเรียนเรื่อง ปฏิกิริยาเคมี ไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันได้	4.65	0.54	มากที่สุด
เฉลี่ย	4.62	0.52	มากที่สุด
รวมเฉลี่ย	**4.66**	**0.52**	**มากที่สุด**

จากตาราง 22 แสดงผลการวิเคราะห์ความพึงพอใจที่มีต่อการจัดการเรียนรู้โดยใช้การออกแบบ 6E ตามแนวคิด STEAM ร่วมกับปัญหาเป็นฐานเพื่อส่งเสริมสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ด้านการประเมินและการออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ปฏิกิริยาเคมี มีความพึงพอใจต่อการเรียนรู้โดยใช้การออกแบบ 6E ตามแนวคิด STEAM ร่วมกับปัญหาเป็นฐาน ในภาพรวมนักเรียนมีความพึงพอใจในระดับมากที่สุด ($\overline{X}$ = 4.66, S.D. = 0.52)

เมื่อพิจารณารายด้าน พบว่า ด้านที่นักเรียนมีความพึงพอใจมากที่สุด คือ ด้านกระบวนการ ($\overline{X}$ = 4.76, S.D. = 0.43) รองลงมา คือ ด้านผลผลิต ($\overline{X}$ = 4.62, S.D. = 0.52) และด้านปัจจัยนำเข้า ($\overline{X}$ = 4.54, S.D. = 0.61) ตามลำดับ

เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อ พบว่า นักเรียนมีความพึงพอใจมากที่สุด 3 ลำดับแรก คือ ครูจัดกิจกรรมการเรียนรู้สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้ ($\overline{X}$ = 4.92, S.D. = 0.28) รองลงมา คือ ครูจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยเริ่มจากเนื้อที่ง่ายไปหายาก ($\overline{X}$ = 4.89, S.D. = 0.31) และ ครูจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ส่งเสริมให้นักเรียนเกิดสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ด้านการประเมินและการออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ($\overline{X}$ = 4.84, S.D. = 0.37) ตามลำดับ

บทที่ 5

บทสรุป

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาการจัดการเรียนรู้โดยใช้การออกแบบ 6E ตามแนวคิด STEAM ร่วมกับปัญหาเป็นฐานเพื่อส่งเสริมสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ด้านการประเมินและการออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ปฏิกิริยาเคมี สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ดำเนินตามกระบวนการของการวิจัยและพัฒนา (Research and Development) ซึ่งดำเนินการ 3 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 การสร้างและหาดัชนีประสิทธิผลของกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้การออกแบบ 6E ตามแนวคิด STEAM ร่วมกับปัญหาเป็นฐานเพื่อส่งเสริมสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ด้านการประเมินและการออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์เรื่อง ปฏิกิริยาเคมี สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 แหล่งข้อมูล ได้แก่ ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน เพื่อตรวจสอบความเหมาะสมของกิจกรรมการเรียนรู้ และนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนอุทัยวิทยาคม อำเภอเมือง จังหวัดอุทัยธานี สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาอุทัยธานี ชัยนาท ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2567 จำนวน 39 คน เพื่อหาค่าดัชนีประสิทธิผล (Effectiveness Index: E.I.) เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ แบบประเมินความเหมาะสมของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้การออกแบบ 6E ตามแนวคิด STEAM ร่วมกับปัญหาเป็นฐานเพื่อส่งเสริมสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ด้านการประเมินและการออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์เรื่อง ปฏิกิริยาเคมี สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และดัชนีประสิทธิผล (Effectiveness Index: E.I.)

ขั้นตอนที่ 2 การทดลองใช้การจัดการเรียนรู้โดยใช้การออกแบบ 6E ตามแนวคิด STEAM ร่วมกับปัญหาเป็นฐานเพื่อส่งเสริมสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ด้านการประเมินและการออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์เรื่อง ปฏิกิริยาเคมี สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 แหล่งข้อมูล คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนอุทัยวิทยาคม อำเภอเมือง จังหวัดอุทัยธานี สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาอุทัยธานี ชัยนาท ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2567 จำนวน 37 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ใช้การออกแบบ 6E ตามแนวคิด STEAM ร่วมกับปัญหาเป็นฐาน เกณฑ์การให้คะแนนรูบริกสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ และแบบวัดสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ เรื่อง ปฏิกิริยาเคมี สำหรับนักเรียนชั้น

มัธยมศึกษาปีที่ 3 สถิติที่ใช้วิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน t-test Dependent และ t-test for one sample

ขั้นตอนที่ 3 การศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่มีต่อการจัดการเรียนรู้โดยใช้การออกแบบ 6E ตามแนวคิด STEAM ร่วมกับปัญหาเป็นฐานเพื่อส่งเสริมสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ด้านการประเมินและการออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ปฏิกิริยาเคมี สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 แหล่งข้อมูล คือ คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนอุทัยวิทยาคม อำเภอเมือง จังหวัดอุทัยธานี สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาอุทัยธานี ชัยนาท ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2567 จำนวน 37 คน ซึ่งเป็นกลุ่มเดียวกับกลุ่มทดลองใช้ในขั้นตอนที่ 2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ แบบประเมินความพึงพอใจของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่มีต่อกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้การออกแบบ 6E ตามแนวคิด STEAM ร่วมกับปัญหาเป็นฐานเรื่อง ปฏิกิริยาเคมี สถิติที่ใช้วิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

สรุปผลการวิจัย

1. ผลการสร้างและหาดัชนีประสิทธิผลของการจัดการเรียนรู้โดยใช้การออกแบบ 6E ตามแนวคิด STEAM ร่วมกับปัญหาเป็นฐานเพื่อส่งเสริมสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ด้านการประเมินและการออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์เรื่อง ปฏิกิริยาเคมี กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

1.1 ผลการสร้างกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้การออกแบบ 6E ตามแนวคิด STEAM ร่วมกับปัญหาเป็นฐานเพื่อส่งเสริมสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ด้านการประเมินและการออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์เรื่อง ปฏิกิริยาเคมี กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 พบว่า กิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้การออกแบบ 6E ตามแนวคิด STEAM ร่วมกับปัญหาเป็นฐาน ประกอบด้วย 6 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นที่ 1 ขั้นกำหนดปัญหาเพื่อสร้างความสนใจ ขั้นที่ 2 ขั้นสำรวจตรวจสอบ ขั้นที่ 3 ขั้นอธิบายและเข้าใจปัญหาขั้นที่ 4 ขั้นดำเนินการออกแบบเชิงวิศวกรรม ขั้นที่ 5 ขั้นสังเคราะห์ความรู้ ปรับปรุงและลงข้อสรุป ขั้นที่ 6 ขั้นสรุปและประเมินผล โดยภาพรวมของกิจกรรมการเรียนรู้มีความเหมาะสมอยู่ในระดับดีมาก ($\overline{X}$ = 4.57, S.D. = 0.64) เมื่อพิจารณารายด้านพบว่าด้านที่มีความเหมาะสมสูงสุด คือ ด้านสื่อและแหล่งเรียนรู้ ($\overline{X}$ = 4.73, S.D. = 0.55) รองลงมา คือ ด้านสาระและตัวชี้วัด ($\overline{X}$ = 4.65, S.D. = 0.53) ด้านกิจกรรมการเรียนรู้ ($\overline{X}$ = 4.55, S.D. = 0.69) ด้านการวัดและประเมินผลตัวชี้วัด ($\overline{X}$ = 4.52, S.D. = 0.57) และด้านจุดประสงค์การเรียนรู้ ($\overline{X}$ = 4.50, S.D. = 0.68) ตามลำดับ

1.2 ผลการหาดัชนีประสิทธิผลของการจัดการเรียนรู้โดยใช้การออกแบบ 6E ตามแนวคิด STEAM ร่วมกับปัญหาเป็นฐานเพื่อส่งเสริมสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ด้านการประเมินและการออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์เรื่อง ปฏิกิริยาเคมี สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 พบว่า สมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ด้านการประเมินและการออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์เรื่อง ปฏิกิริยาเคมี ของนักเรียนเพิ่มขึ้นเท่ากับ 0.6153 คิดเป็นร้อยละ 61.53 ซึ่งมากกว่า 0.50 แสดงว่า ความก้าวหน้าทางการเรียนรู้ของนักเรียนที่ผ่านกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้การออกแบบ 6E ตามแนวคิด STEAM ร่วมกับปัญหาเป็นฐานเพื่อส่งเสริมสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ด้านการประเมินและการออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์เรื่อง ปฏิกิริยาเคมี สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ผ่านเกณฑ์ที่ยอมรับได้

2. ผลการทดลองใช้การจัดการเรียนรู้โดยใช้การออกแบบ 6E ตามแนวคิด STEAM ร่วมกับปัญหาเป็นฐานเพื่อส่งเสริมสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ด้านการประเมินและการออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ปฏิกิริยาเคมี สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

2.1 ผลการศึกษาพฤติกรรมการเรียนรู้ระหว่างเรียนเมื่อผ่านกิจกรรมการเรียนรู้ทั้ง 6 ขั้นตอน 4 กิจกรรม จากการวิเคราะห์พฤติกรรมการเรียนรู้อันเป็นกระบวนการเกิดสมรรถนะทางทางวิทยาศาสตร์ด้านการประเมินและการออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ พบว่า นักเรียนที่ได้รับการเรียนรู้โดยใช้การออกแบบ 6E ตามแนวคิด STEAM ร่วมกับปัญหาเป็นฐานเพื่อส่งเสริมสมรรถนะทางทางวิทยาศาสตร์ด้านการประเมินและการออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ นักเรียนมีคะแนนของสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ด้านการประเมินและการออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ในภาพรวมการปฏิบัติกิจกรรมที่ 1 ถึงกิจกรรมที่ 4 ของนักเรียนทุกกลุ่มมีคะแนนเพิ่มขึ้น แสดงว่านักเรียนมีพัฒนาการขึ้น โดยคะแนนกลุ่มที่ 1 มีคะแนนสมรรถนะที่พัฒนาขึ้นคือ 8 , 10, 14 และ 19 ตามลำดับ คะแนนกลุ่มที่ 2 มีคะแนนสมรรถนะที่พัฒนาขึ้น คือ 7, 11, 16 และ 19 ตามลำดับ คะแนนกลุ่มที่ 3 มีคะแนนสมรรถนะที่พัฒนาขึ้นคือ 8, 12, 16 และ 19 ตามลำดับ คะแนนกลุ่มที่ 4 มีคะแนนสมรรถนะที่พัฒนาขึ้น คือ 6, 11, 16 และ 20 คะแนนกลุ่มที่ 5 มีคะแนนสมรรถนะที่พัฒนาขึ้นคือ 7, 13, 14 และ 18 ตามลำดับ รวมถึงผลพฤติกรรมของนักเรียนที่ได้ลงมือปฏิบัติกิจกรรมด้วยตนเอง พบว่า นักเรียนเกิดการเรียนรู้จากประสบการณ์ที่ได้ลงมือทำด้วยตนเอง ทำให้เกิดกระบวนการคิดวิเคราะห์ แยกแยะ สังเคราะห์ สามารถระบุประเด็นปัญหาที่ต้องการสำรวจตรวจสอบจากการศึกษาทางวิทยาศาสตร์ที่กำหนดให้ สามารถแยกแยะได้ว่าประเด็นปัญหาหรือคำถามใดสามารถตรวจสอบได้ด้วยวิธีการทางวิทยาศาสตร์ สามารถเสนอวิธีสำรวจตรวจสอบปัญหาทางวิทยาศาสตร์ที่กำหนดให้ สามารถประเมินวิธีสำรวจ

ตรวจสอบปัญหาทางวิทยาศาสตร์ที่กำหนดให้ สามารถบรรยายและประเมินวิธีการต่าง ๆ ที่นักวิทยาศาสตร์ใช้ในการยืนยันถึงความน่าเชื่อถือของข้อมูลและความเป็นกลางและการสรุปอ้างอิงจากคำอธิบายได้ อีกทั้งในการทำกิจกรรมยังมีการบูรณาการวิชาต่าง ๆ เข้าด้วยกันในการทำกิจกรรมทั้งวิชาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมคณิตศาสตร์ และศิลปะศาสตร์ เพื่อทำงานได้รับมอบหมายให้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

2.2 ผลการเปรียบเทียบสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ด้านการประเมินและการออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ปฏิกิริยาเคมี สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 พบว่า นักเรียนมีสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ด้านการประเมินและการออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ หลังเรียน ($\overline{X}$ = 24.32, S.D. = 1.58) สูงกว่าก่อนเรียน ($\overline{X}$ = 10.54, S.D. = 3.19) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

2.3 ผลการวิเคราะห์การเปรียบเทียบสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ด้านการประเมินและการออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ปฏิกิริยาเคมี กับเกณฑ์ร้อยละ 70 พบว่า การทดสอบหลังเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 24.32 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 81.07 และเมื่อเปรียบเทียบระหว่างเกณฑ์กับคะแนนสอบหลังเรียนของนักเรียน พบว่า คะแนนสอบหลังเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

3. ผลการศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่มีต่อการจัดการเรียนรู้โดยใช้การออกแบบ 6E ตามแนวคิด STEAM ร่วมกับปัญหาเป็นฐานเพื่อส่งเสริมสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ด้านการประเมินและการออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ปฏิกิริยาเคมี สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

การศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการจัดการเรียนรู้โดยใช้การออกแบบ 6E ตามแนวคิด STEAM ร่วมกับปัญหาเป็นฐาน พบว่า นักเรียนมีความพึงพอใจต่อการเรียนรู้โดยใช้การออกแบบ 6E ตามแนวคิด STEAM ร่วมกับปัญหาเป็นฐานในภาพรวมนักเรียนมีความพึงพอใจในระดับดีมาก ($\overline{X}$ = 4.66, S.D. = 0.52) เมื่อพิจารณารายด้าน พบว่า ด้านที่นักเรียนมีความพึงพอใจมากที่สุด คือ ด้านกระบวนการ ($\overline{X}$ = 4.76, S.D. = 0.43) รองลงมา คือ ด้านผลผลิต ($\overline{X}$ = 4.62, S.D. = 0.52) และด้านปัจจัยนำเข้า ($\overline{X}$ = 4.54, S.D. = 0.61) ตามลำดับ เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อ พบว่า นักเรียนมีความพึงพอใจมากที่สุด คือ ครูจัดกิจกรรมการเรียนรู้สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้ ($\overline{X}$ = 4.92, S.D. = 0.28) รองลงมา คือ ครูจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยเริ่มจากเนื้อที่ง่ายไปหายาก ($\overline{X}$ = 4.89, S.D. = 0.31) และ ครูจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ส่งเสริมให้นักเรียนเกิดสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ด้านการประเมินและการออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ($\overline{X}$ = 4.84, S.D. = 0.37) ตามลำดับ

อภิปรายผล

จากผลการวิจัยเพื่อพัฒนาการจัดการเรียนรู้โดยใช้การออกแบบ 6E ตามแนวคิด STEAM ร่วมกับปัญหาเป็นฐานเพื่อส่งเสริมสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ด้านการประเมินและการออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ปฏิกิริยาเคมี สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ผู้วิจัยได้นำผลการวิจัยมาอภิปรายประเด็นต่าง ๆ ได้ ดังนี้

1. ผลการสร้างและหาดัชนีประสิทธิผลของการจัดการเรียนรู้โดยใช้การออกแบบ 6E ตามแนวคิด STEAM ร่วมกับปัญหาเป็นฐานเพื่อส่งเสริมสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ด้านการประเมินและการออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์เรื่อง ปฏิกิริยาเคมี สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

1.1 ผลการสร้างการจัดการเรียนรู้โดยใช้การออกแบบ 6E ตามแนว STEAM ร่วมกับปัญหาเป็นฐานได้ สามารถสังเคราะห์การจัดการเรียนรู้ได้ 6 ขั้นตอน ดังนี้ ขั้นที่ 1 ขั้นกำหนดปัญหาเพื่อสร้างความสนใจ ผู้สอนกระตุ้นความสนใจของนักเรียนโดยจัดสถานการณ์ต่าง ๆ เพื่อกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดความสนใจและมองเห็นปัญหาที่พบในการดำเนินชีวิตจริง เพื่อนำไปออกแบบและสร้างสรรค์นวัตกรรมเพื่อแก้ไขปัญหา ขั้นที่ 2 ขั้นสำรวจตรวจสอบ เป็นขั้นที่ผู้เรียนต้องทำความเข้าใจปัญหา มีการใช้กระบวนการสืบเสาะเพื่อค้นหา หลักการ ความรู้ คุณลักษณะต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบและสร้างสรรค์ชิ้นงาน ขั้นที่ 3 ขั้นอธิบายและเข้าใจปัญหา เป็นขั้นการนำเสนอข้อค้นพบที่ได้จากการสืบเสาะในขั้นสำรวจ ผู้เรียนต้องทำความเข้าใจปัญหา โดยนำมาอภิปรายร่วมกันกับเพื่อนในชั้นเรียน เพื่อกำหนดกรอบแนวคิดที่ชัดเจนก่อนนำไปออกแบบและสร้างสรรค์ชิ้นงาน โดยต้องสามารถอธิบายสิ่งที่เกี่ยวข้องกับปัญหาได้ขั้นที่ 4 ขั้นดำเนินการออกแบบเชิงวิศวกรรม ครูให้นักเรียนนำสิ่งที่ได้เรียนรู้ในขั้นก่อนหน้ามาใช้ในการออกแบบและสร้างชิ้นงาน โดยดำเนินการศึกษาค้นคว้าด้วยตนเองด้วยวิธีการที่หลากหลาย มีขั้นตอน ดังนี้ 1) ระบุปัญหา 2) รวบรวมข้อมูล 3) ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา 4) วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา 5) ทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุงแก้ไข 6) นำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ขั้นที่ 5 ขั้นสังเคราะห์ความรู้ ปรับปรุงและลงข้อสรุป ครูให้นักเรียนทดสอบประสิทธิภาพของชิ้นงาน ให้นักเรียนแลกเปลี่ยนเรียนรู้ร่วมกัน อภิปรายผล และสังเคราะห์ความรู้ที่ได้มาว่ามีความเหมาะสมและสอดคล้องกับสถานการณ์ปัญหา เพื่อบ่งชี้ ข้อผิดพลาด และนำไปพัฒนางานให้ดีขึ้นหรือออกแบบใหม่ ขั้นที่ 6 ขั้นสรุปและประเมินผล ครูและนักเรียนประเมินความเหมาะสมของข้อมูลที่ศึกษาค้นคว้ามา และประเมินชิ้นงานที่ปรับปรุงใหม่เพื่อให้ทราบว่าผู้เรียนได้เรียนรู้อะไรและมากน้อยเพียงใด โดยครูประเมินผลการเรียนรู้ของผู้เรียนตามสภาพจริงผ่านการนำเสนอปากเปล่า การเขียน คำอธิบาย เพื่อสะท้อนถึงความเข้าใจเกี่ยวกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ สอดคล้องกับ

งานวิจัยของ พิมพลอย ตามตระกูล (2563) ได้ศึกษางานวิจัย เรื่อง การพัฒนาความฉลาดรู้ด้านวิทยาศาสตร์ เรื่อง กรด - เบส ด้วยการจัดการเรียนรู้แบบใช้บริบทเป็นฐานร่วมกับการใช้เทคโนโลยีสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาแนวทางการจัดการเรียนรู้แบบใช้บริบทเป็นฐานร่วมกับการใช้เทคโนโลยีที่พัฒนาความฉลาดรู้ด้านวิทยาศาสตร์ และศึกษาพัฒนาการความฉลาดรู้ด้านวิทยาศาสตร์ เรื่อง กรด-เบส กลุ่มเป้าหมายในการวิจัย ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 22 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วย แผนการจัดการเรียนรู้แบบใช้บริบทเป็นฐานร่วมกับการใช้เทคโนโลยีแบบสะท้อนการจัดการเรียนรู้ใบกิจกรรมของนักเรียนและแบบวัดความฉลาดรู้ด้านวิทยาศาสตร์โดยวิเคราะห์ข้อมูลจากแบบสะท้อนการจัดการเรียนรู้ด้วยการวิเคราะห์เชิงเนื้อหา วิเคราะห์การพัฒนาระดับความฉลาดรู้ด้านวิทยาศาสตร์ด้วยการให้คะแนนและจัดระดับตามกรอบการประเมิน PISA 2015 และใช้วิธีการตรวจสอบแบบสามเส้าเพื่อยืนยันความน่าเชื่อถือของงานวิจัย ผลการวิจัยพบว่า แนวทางการจัดการเรียนรู้แบบใช้บริบทเป็นฐานร่วมกับการใช้เทคโนโลยีประกอบด้วย 4 ขั้น ได้แก่ ขั้นที่ 1 ขั้นกำหนดสถานการณ์ ครูกำหนดสถานการณ์เกี่ยวกับสิ่งแวดล้อมรอบตัวนักเรียนที่สามารถพบเห็นได้ในชีวิตประจำวันและใช้คำถามกระตุ้นให้นักเรียนระบุปัญหาและ เลือกประเด็นที่สามารถตรวจสอบได้ด้วยวิธีการทางวิทยาศาสตร์ ขั้นที่ 2 ขั้นลงมือปฏิบัติงาน ครูให้นักเรียนออกแบบวิธีการ ตรวจสอบปัญหาโดยบูรณาการร่วมกับการใช้แอพพลิเคชันหรือโปรแกรมห้องปฏิบัติการเสมือนและเครือข่ายสังคมออนไลน์ เพื่อให้นักเรียนได้ใช้เป็นเครื่องมือในการลงมือปฏิบัติหรือสืบค้นหาข้อมูลเพิ่มเติมหรือใช้เพื่อแลกเปลี่ยนความคิดเห็นและประเมินความเหมาะสมของวิธีการที่ได้ออกแบบไว้ขณะลงสำรวจพื้นที่จริง ขั้นที่ 3 ขั้นเรียนรู้แนวคิดสำคัญ นักเรียนวิเคราะห์ ผลการตรวจสอบ อภิปรายและออกแบบผ่านเว็บไซต์สำหรับงานกราฟิกพร้อมนำเสนอผลการตรวจสอบและขั้นที่ 4 ขั้นนำไปใช้ ในสถานการณ์ใหม่ ครูนำเสนอสถานการณ์ใหม่ที่คล้ายคลึงสถานการณ์เดิมผ่านเครือข่ายสังคมออนไลน์ สำหรับผลการพัฒนาความฉลาดรู้ด้านวิทยาศาสตร์ของนักเรียนพบว่า นักเรียนสามารถพัฒนาระดับความฉลาดรู้ด้านวิทยาศาสตร์หลังเรียนอยู่ที่ ระดับ 2 สูงกว่าก่อนเรียนที่ระดับ 1b โดยสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ที่นักเรียนมีการพัฒนามากที่สุดไปน้อยที่สุด ได้แก่ สมรรถนะการแปลความหมายข้อมูลและการใช้ประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์ สมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิง วิทยาศาสตร์และสมรรถนะการประเมินและออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ทั้งยังสอดคล้องกับงานวิจัยของ ธีระสิทธิ์ ดิสกุล (2565) ได้ศึกษางานวิจัย เรื่อง การวิจัยปฏิบัติการเพื่อพัฒนาสมรรถนะการประเมินและการออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่องกรด

เบส โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา ผลการวิจัย พบว่า 1) แนวทางที่เหมาะสมในการจัดการเรียนรู้ ประกอบด้วย 1.1) ขั้นสร้างความสนใจ ครูนำเสนอสถานการณ์ให้นักเรียนร่วมกันอภิปราย วิเคราะห์ปัญหาจากสถานการณ์ รวมทั้งระบุปัญหาและแยกแยะประเด็นปัญหา หรือคำถามใดสามารถตรวจสอบได้ด้วยกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และเลือกปัญหาที่ต้องการสำรวจตรวจสอบด้วยวิธีการทางวิทยาศาสตร์และนำเสนอประเด็นปัญหา 1.2) ขั้นการออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ นักเรียนออกแบบและนำเสนอวิธีการตรวจสอบปัญหาทางวิทยาศาสตร์และลงมือปฏิบัติการทดลองตามที่ออกแบบไว้ 1.3) ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป นักเรียนร่วมกันประเมินวิธีสำรวจตรวจสอบประเด็นปัญหาทางวิทยาศาสตร์เพื่อเรียนรู้แนวคิดสำคัญจากการทำกิจการเรียนรู้ โดยเปิดโอกาสให้นักเรียนได้นำเสนอวิธีการทดลองและผลการทดลองและร่วมกันอภิปรายผลการทดลองรวมทั้งสรุปความรู้หรือแนวคิดที่ได้จากกิจกรรมการเรียนรู้ 1.4) ขั้นปรับปรุงนวัตกรรมและขยายความรู้ นักเรียนปรับปรุงการทดลองและลงมือปฏิบัติการทดลองและร่วมกันอภิปรายผลการทดลองรวมทั้งสรุปความรู้หรือแนวคิดที่ได้จากปรับปรุงการทดทดลองและร่วมกันประเมินวิธีการสำรวจตรวจสอบปัญหาทางวิทยาศาสตร์ 1.5) ขั้นการวัดและประเมินผล นักเรียนนำเสนอแนวคิดและขั้นตอนการสืบเสาะหาความรู้ของการสร้างชิ้นงานหรือการพัฒนาวิธีการเพื่อการพัฒนาต่อไปหรือเป็นเป็นการประเมินการเรียนรู้ด้วยกระบวนการต่าง ๆ ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการจัดการเรียนรู้แบบ 6E ตามแนวคิด STEAM ร่วมกับปัญหาเป็นฐานเป็นรูปแบบการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตรยุคใหม่ที่ถือว่าเป็นรูปแบบการจัดการเรียนการสอนที่สามารถยกระดับการจัดการศึกษาให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้นจึงสามารถนำรูปแบบการจัดการเรียนการสอนโดยการออกแบบ 6E ตามแนวคิด STEAM ร่วมกับปัญหาเป็นฐาน มาใช้ในการจัดการเรียนการสอนเพื่อให้ผู้เรียนเกิดการพัฒนาศักยภาพของผู้เรียนได้

1.2 ผลการหาดัชนีประสิทธิผลของการเรียนรู้โดยใช้การออกแบบ 6E ตามแนวคิด STEAM ร่วมกับปัญหาเป็นฐานเพื่อส่งเสริมสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ด้านการประเมินและการออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์เรื่อง ปฏิกิริยาเคมี สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 พบว่า สมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ด้านการประเมินและการออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์เรื่อง ปฏิกิริยาเคมี ของนักเรียนเพิ่มขึ้นเท่ากับ 0.6153 คิดเป็นร้อยละ 61.53 ซึ่งมากกว่า 0.50 แสดงว่า ความก้าวหน้าทางการเรียนรู้ของนักเรียนที่ผ่านกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้การออกแบบ 6E ตามแนวคิด STEAM ร่วมกับปัญหาเป็นฐานเพื่อส่งเสริมสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ด้านการประเมินและการออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์เรื่อง ปฏิกิริยาเคมี สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ผ่านเกณฑ์ที่ยอมรับได้

สอดคล้องกับดัชนีประสิทธิผลที่กรมวิชาการ (2545, หน้า 64) กล่าวไว้ว่า เกณฑ์ที่ยอมรับได้ว่ากิจกรรมการเรียนรู้ประสิทธิผล สามารถช่วยนักเรียนเกิดประสบการณ์เรียนรู้ได้จริง คือ มีค่าตั้งแต่ 0.50 ขึ้นไป ดังนั้น เพื่อเป็นการยืนยันให้มีความชัดเจนว่าเป็นผลดีต่อการจัดการเรียนรู้ดังนั้นจึงต้องมีการดำเนินการก่อนนำไปทดลองกับกลุ่มทดลองใช้จริงว่า การออกแบบ 6E ตามแนวคิด STEAM ร่วมกับปัญหาเป็นฐานสามารถส่งเสริมสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ด้านการประเมินและการออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ปฏิกิริยาเคมี ให้เกิดขึ้นแก่นักเรียนได้

2. ผลการทดลองใช้การออกแบบ 6E ตามแนวคิด STEAM ร่วมกับปัญหาเป็นฐานเพื่อส่งเสริมสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ด้านการประเมินและการออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ปฏิกิริยาเคมี สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

2.1 ผลการศึกษาพฤติกรรมการเรียนรู้และพัฒนาการของคะแนนพฤติกรรมการเรียนรู้ระหว่างเรียนเมื่อผ่านกิจกรรมการเรียนรู้ทั้ง 6 ขั้นตอน ทั้ง 4 กิจกรรม ผลการวิเคราะห์พฤติกรรมการเรียนรู้อันเป็นกระบวนการเกิดสมรรถนะทางทางวิทยาศาสตร์ด้านการประเมินและการออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ได้เป็น พบว่า นักเรียนได้รับการเรียนรู้โดยใช้การออกแบบ 6E ตามแนวคิด STEAM ร่วมกับปัญหาเป็นฐานเพื่อส่งเสริมสมรรถนะทางทางวิทยาศาสตร์ด้านการประเมินและการออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ นักเรียนมีคะแนนของสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ด้านการประเมินและการออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ในภาพรวมการปฏิบัติกิจกรรมที่ 1 ถึงกิจกรรมที่ 4 ของนักเรียนทุกกลุ่มมีคะแนนเพิ่มขึ้นแสดงว่านักเรียนมีพัฒนาการขึ้น โดยคะแนนกลุ่มที่ 1 มีคะแนนสมรรถนะที่พัฒนาขึ้นคือ 8 , 10, 14 และ 19 ตามลำดับ คะแนนกลุ่มที่ 2 มีคะแนนสมรรถนะที่พัฒนาขึ้น คือ 7, 11, 16 และ 19 ตามลำดับ คะแนนกลุ่มที่ 3 มีคะแนนสมรรถนะที่พัฒนาขึ้นคือ 8, 12, 16 และ 19 ตามลำดับ คะแนนกลุ่มที่ 4 มีคะแนนสมรรถนะที่พัฒนาขึ้น คือ 6, 11, 16 และ 20 และคะแนนกลุ่มที่ 5 มีคะแนนสมรรถนะที่พัฒนาขึ้นคือ 7, 13, 14 และ 18 ตามลำดับ รวมถึงผลการศึกษาพฤติกรรมการเรียนรู้ระหว่างเรียนเมื่อผ่านกิจกรรมการเรียนรู้ทั้ง 6 ขั้นตอน ทั้ง 4 กิจกรรม ผลการวิเคราะห์พฤติกรรมการเรียนรู้อันเป็นกระบวนการเกิดสมรรถนะทางทางวิทยาศาสตร์ด้านการประเมินและการออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ได้เป็น พบว่า นักเรียนได้รับการเรียนรู้โดยใช้การออกแบบ 6E ตามแนวคิด STEAM ร่วมกับปัญหาเป็นฐานเพื่อส่งเสริมสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ด้านการประเมินและการออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ นักเรียนมีประสบการณ์ในการจัดการเรียนรู้ ทำให้เกิดกระบวนการคิดวิเคราะห์ แยกแยะ สังเคราะห์ สามารถระบุประเด็นปัญหาที่ต้องการสำรวจตรวจสอบจากการศึกษาทางวิทยาศาสตร์ที่กำหนดให้ สามารถแยกแยะได้ว่าประเด็นปัญหาหรือคำถามใดสามารถตรวจสอบได้ด้วยวิธีการทางวิทยาศาสตร์ สามารถเสนอวิธีสำรวจตรวจสอบปัญหาทางวิทยาศาสตร์ที่กำหนดให้ สามารถประเมินวิธีสำรวจตรวจสอบ

ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ที่กำหนดให้ สามารถบรรยายและประเมินวิธีการต่าง ๆ ที่นักวิทยาศาสตร์ใช้ในการยืนยันถึงความน่าเชื่อถือของข้อมูลและความเป็นกลางและการสรุปอ้างอิงจากคำอธิบายได้ อีกทั้งในการทำกิจกรรมยังมีการบูรณาการวิชาต่าง ๆ เข้าด้วยกันในการทำกิจกรรม ทั้งวิชาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมคณิตศาสตร์ และศิลปะศาสตร์ เพื่อทำงานได้รับมอบหมายให้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี สอดคล้องกับงานวิจัยของ มนตรี จันตะมะ (2562) ได้ศึกษางานวิจัยเรื่อง การจัดการเรียนรู้โดยใช้วิจัยเป็นฐานที่ส่งเสริมสมรรถนะการประเมินและการออกแบบการะบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์และทักษะการทำงานร่วมกันเป็นทีมเรื่อง การสืบพันธุ์และการเจริญเติบโตของพืชดอกสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ผลการวิจัยพบว่า การจัดการเรียนรู้ควรใช้บทความวิจัย กระบวนการวิจัย และการสัมมนาผลการวิจัยเป็นฐานในการจัดการเรียนรู้ อันประกอบไปด้วย 6 ขั้นตอน ได้แก่ (1) กำหนด หัวข้อวิจัย (2) การออกแบบการวิจัย/วิธีการหาข้อมูล (3) รวบรวมข้อมูล (4) วิเคราะห์ข้อมูล และ สรุปผลการวิจัย (5) นำเสนอผลการวิจัย และ (6) ประเมินผลซึ่งจะช่วยส่งเสริมให้นักเรียนส่วนใหญ่ (ร้อยละ 64.52) มีการพัฒนาสมรรถนะได้ในระดับสูง เพราะการจัดการเรียนรู้นี้ เปิดโอกาสให้นักเรียนได้มีส่วนร่วมในประเมินผลการเรียนรู้ของตนเองและผู้อื่น อีกทั้งยังสอดคล้องกับงานวิจัยของ พิมพลอย ตามตระกูล (2563) ได้ศึกษางานวิจัยเรื่อง การพัฒนาความฉลาดรู้ด้านวิทยาศาสตร์ เรื่อง กรด - เบส ด้วยการจัดการเรียนรู้แบบใช้บริบทเป็นฐานร่วมกับการใช้เทคโนโลยี สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ผลการวิจัยพบว่า ผลการพัฒนาความฉลาดรู้ด้านวิทยาศาสตร์ของนักเรียนพบว่า นักเรียนสามารถพัฒนาระดับความฉลาดรู้ด้านวิทยาศาสตร์หลังเรียนอยู่ที่ ระดับ 2 สูงกว่าก่อนเรียนที่ระดับ 1b โดยสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ที่นักเรียนมีการพัฒนามากที่สุดไปน้อยที่สุด ได้แก่ สมรรถนะการแปลความหมายข้อมูลและการใช้ประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์ สมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์และสมรรถนะการประเมินและออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการจัดการเรียนรู้แบบ 6E ตามแนวคิด STEAM ร่วมกับปัญหาเป็นฐานเป็นรูปแบบการจัดการเรียนการสอนที่สามารถช่วยพัฒนาสมรรถนะการประเมินและออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนจึงส่งผลให้นักเรียนมีคะแนนที่พัฒนาการขึ้นหลังจากได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้

2.2 ผลการวิเคราะห์การเปรียบเทียบสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ด้านการประเมินและการออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้การออกแบบ 6E ตามแนวคิด STEAM ร่วมกับปัญหาเป็นฐาน เรื่อง ปฏิกิริยาเคมี พบว่านักเรียนมีสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ด้านการประเมินและการออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ หลังเรียน ($\overline{X}$ = 24.32, S.D. = 1.58) สูงกว่าก่อนเรียน ($\overline{X}$ = 10.04, S.D. = 3.19) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 สอดคล้องกับงานวิจัยของ พิมพกานต์

ลาบุตรดี (2562) ได้ศึกษางานวิจัยเรื่อง การพัฒนาการรู้เรื่องวิทยาศาสตร์ โดยการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาร่วมกับประเด็นปัญหาทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ เรื่อง ปรากฏการณ์เรือนกระจก ของนักเรียนในระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนมีสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 สอดคล้องกับงานวิจัยของ ธีระสิทธิ์ ดิสกุล (2565) ได้ศึกษางานวิจัย เรื่อง การวิจัยปฏิบัติการเพื่อพัฒนาสมรรถนะการประเมินและการออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่องกรด เบส โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา ผลการวิจัย พบว่า การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา นักเรียนมีคะแนนสมรรถนะการประเมินและออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์สูงกว่าก่อนเรียนและนักเรียนมีการพัฒนาการที่ดีขึ้นอย่างเป็นลำดับในแต่ละวงจรปฏิบัติการ แสดงให้เห็นว่าจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาช่วยพัฒนาสมรรถนะการประเมินและออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนได้ อีกทั้งยังสอดคล้องกับงานวิจัยของ สุภาพร บุตรสัย (2565) ได้ศึกษางานวิจัย เรื่อง ผลของการจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการคิดเชิงออกแบบที่มีต่อสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ผลการวิจัย พบว่า 1) นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการคิดเชิงออกแบบมีสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 2) นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการคิดเชิงออกแบบมีสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และสอดคล้องกับงานวิจัยของ จิตสุภา ฤกษ์อำนวยชัย (2566) ได้ศึกษางานวิจัย เรื่อง ผลการจัดการเรียนรู้ที่เน้นสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ปฏิกิริยาเคมี ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์และสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนเศรษฐบุตรบำเพ็ญ กรุงเทพมหานคร ผลการวิจัยปรากฏว่า 1) สมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่ได้รับการจัดเรียนรู้ที่เน้นสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์สูงกว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 2) นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ที่เน้นสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์มีคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และ 4) นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ที่เน้นสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ มีคะแนนสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการจัดการเรียนรู้แบบ 6E ตามแนวคิด STEAM ร่วมกับปัญหาเป็นฐานสามารถช่วยพัฒนาสมรรถนะการประเมินและออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน เนื่องจากมีกระบวนการที่ให้นักเรียนคิดวิเคราะห์ ลงมือปฏิบัติด้วยตนเอง เกิดการสร้างองค์ความรู้ได้ด้วยตนเอง จึงส่งผลให้คะแนนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน

2.3 ผลการวิเคราะห์การเปรียบเทียบสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ด้านการประเมินและการออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ปฏิกิริยาเคมี กับเกณฑ์ร้อยละ 70 พบว่า การทดสอบหลังเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 24.32 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 81.07 และเมื่อเปรียบเทียบระหว่างเกณฑ์กับคะแนนสอบหลังเรียนของนักเรียน พบว่า คะแนนสอบหลังเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 สูงกว่าเกณฑ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 สอดคล้องกับงานวิจัยของ น้ำฝน คูเจริญไพศาล และคณะ (2562) ได้พัฒนาชุดกิจ กรรมวิทยาศาสตร์ตามแนวทางสะเต็มศึกษาเรื่อง การปรับปรุงคุณภาพน้ำสำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น พบว่า ผลการเรียนรู้ของนักเรียนที่เรียนโดยใช้ชุดกิจกรรมวิทยาศาสตร์มีคะแนนเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละ 74.49 สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 ที่กำหนดไว้ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ทั้งนี้อาจเนื่องมาจาก การที่นักเรียนได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้การออกแบบ 6E ตามแนวคิด STEAM ร่วมกับปัญหาเป็นฐานซึ่งเป็นการจัดการเรียนรู้ที่เน้นให้นักเรียนฝึกกระบวนการคิด วิเคราะห์และสังเคราะห์ความรู้ที่ได้รับไปปรับประยุกต์ใช้ในชีวิตจริงทำให้ผู้เรียนได้รับประสบการณ์ในการเรียนรู้ที่ช่วยส่งเสริมให้จำข้อมูลเนื้อหาต่าง ๆ ที่เรียนรู้ไปได้อย่างมีประสิทธิภาพ จึงส่งผลให้คะแนนหลังเรียนสูงกว่าเกณฑ์ที่ตั้งไว้

3. ผลการประเมินความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการจัดการเรียนรู้โดยใช้การออกแบบ 6E ตามแนวคิด STEAM ร่วมกับปัญหาเป็นฐานเพื่อส่งเสริมสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ด้านการประเมินและการออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ปฏิกิริยาเคมี พบว่า นักเรียนมีความพึงพอใจต่อการเรียนรู้โดยใช้การออกแบบ 6E ตามแนวคิด STEAM ร่วมกับปัญหาเป็นฐานในภาพรวมนักเรียนมีความพึงพอใจในระดับดีมาก ($\overline{X}$ = 4.66, S.D. = 0.52) เมื่อพิจารณารายด้าน พบว่า ด้านที่นักเรียนมีความพึงพอใจมากที่สุด คือ ด้านกระบวนการ ($\overline{X}$ = 4.76, S.D. = 0.43) รองลงมา คือ ด้านผลผลิต ($\overline{X}$ = 4.62, S.D. = 0.52) และด้านปัจจัยนำเข้า ($\overline{X}$ = 4.54, S.D. = 0.61) ตามลำดับ เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อ พบว่า นักเรียนมีความพึงพอใจมากที่สุด คือ ครูจัดกิจกรรมการเรียนรู้สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้ ($\overline{X}$ = 4.92, S.D. = 0.28) รองลงมา คือ ครูจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยเริ่มจากเนื้อที่ง่ายไปหายาก ($\overline{X}$ = 4.89, S.D. = 0.31) และ ครูจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ส่งเสริมให้นักเรียนเกิดสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ด้านการประเมินและการออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ($\overline{X}$ = 4.84, S.D. = 0.37) ตามลำดับ สอดคล้องกับงานวิจัยของน้ำฝน คูเจริญไพศาล และคณะ (2562) ได้ศึกษางานวิจัย เรื่อง การพัฒนาชุดกิจกรรมวิทยาศาสตร์ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เรื่อง การปรับปรุงคุณภาพน้ำสำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น ซึ่งมีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างชุดกิจกรรมวิทยาศาสตร์ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เรื่อง การปรับปรุงคุณภาพน้ำสำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น และประเมินคุณภาพชุดกิจกรรมโดยผู้เชี่ยวชาญ ทดลองใช้ชุดกิจกรรมเพื่อศึกษาผลการเรียนรู้ของนักเรียนที่เรียนโดยใช้ชุดกิจกรรมดังกล่าว และศึกษา

ความพอใจของนักเรียนที่มีต่อการเรียนโดยใช้ชุดกิจกรรมวิทยาศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นมา ผลการวิจัยพบว่า ผลการประเมินคุณภาพชุดกิจกรรมวิทยาศาสตร์ เรื่อง การปรับปรุงคุณภาพน้ำโดยผู้เชี่ยวชาญมีคุณภาพอยู่ในระดับมาก ผลการเรียนรู้ของนักเรียนที่เรียน โดยใช้ชุดกิจกรรมวิทยาศาสตร์มีคะแนนเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละ 74.49 สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 ที่กำหนดไว้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และนักเรียนมีความพึงพอใจต่อการเรียนด้วยชุดกิจกรรมวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับพึงพอใจมาก อีกทั้งยังสอดคล้องกับงานวิจัยของ An และ Yang (2019) ได้ศึกษาการประยุกต์ใช้สตีมศึกษาร่วมกับการจัดการเรียนรู้ 6E Learning ในการสอนฟิสิกส์ที่โรงเรียนมัธยมศึกษาตอนต้นในประเทศจีนจากการศึกษารายกรณี Case Study และการทดลอง ในเรื่องเสียงอันตราย โดยใช้แบบสอบถาม STEAM Literacy ที่สำรวจความคิดเห็นเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้ STEAM + 6E พบว่าในการสอนฟิสิกส์ระดับมัธยมศึกษาตอนต้น STEAM-based ประสบความสำเร็จและมีประสิทธิภาพนักเรียนมีความเข้าใจความสัมพันธ์ระหว่างวิทยาศาสตร์เทคโนโลยี คณิตศาสตร์ ศิลปะ และวิศวกรรม สามารถเรียนรู้ได้วิทยาศาสตร์ (ฟิสิกส์) ความรู้จากกิจกรรมในเวลาเดียวกันทำและผู้เรียนมีความพึงพอใจในการเรียนด้วยรูปแบบ STEAM อยู่ในระดับสูง ทั้งนี้อาจเนื่องมาจาก นักเรียนมีความสุขจากการลงมือปฏิบัติกิจกรรมด้วยตนเอง เกิดความสนุกสนานจากการได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้การออกแบบ 6E ตามแนวคิด STEAM ร่วมกับปัญหาเป็นฐาน จึงส่งผลให้เกิดความพึงพอใจในการเรียนอยู่ในระดับมากขึ้นไป

ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้

1. การจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้การออกแบบ 6E ตามแนวคิด STEAM ร่วมกับปัญหาเป็นฐานเป็นรูปแบบการจัดการเรียนการสอนที่ใหม่ นักเรียนยังไม่คุ้นเคยกับการทำกิจกรรมและประกอบด้วยหลายขั้นตอน เช่น การใช้สถานการณ์ ให้นักเรียนร่วมกันระบุปัญหา ออกแบบการทดลอง เป็นต้น ในช่วงแรกครูอาจจะต้องชี้แจงให้นักเรียนทราบก่อนถึงลำดับการทำกิจกรรมต่าง ๆ เพื่อให้นักเรียนเข้าใจตรงกัน

2. การจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้การออกแบบ 6E ตามแนวคิด STEAM ร่วมกับปัญหาเป็นฐาน ครูผู้สอนสามารถเปลี่ยนแปลงสถานการณ์ได้ตามความเหมาะสม แต่สถานการณ์ดังกล่าวจะต้องมีความสอดคล้องกับเนื้อหาที่ผู้สอนต้องการสอน และเนื้อหาดังกล่าวจะต้องเกี่ยวกับการทดลองทางวิทยาศาสตร์ เพื่อให้นักเรียนได้ออกแบบการทดลอง และควรเป็นสถานการณ์ที่อยู่รอบตัวของนักเรียนและเกิดขึ้นในชีวิตประจำวันของนักเรียน

ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยในครั้งถัดไป

1. จากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้การออกแบบ 6E ตามแนวคิด STEAM ร่วมกับปัญหาเป็นฐาน ในครั้งนี้ปัญหาที่พบ คือ การจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้การออกแบบ 6E ตามแนวคิดสตีมศึกษา เป็นการฝึกให้นักเรียนได้ใช้การคิด การวิเคราะห์ การออกแบบกิจกรรม ซึ่งนักเรียนอาจจะใช้เวลาในการทำความเข้าใจที่แตกต่างกัน ครูผู้สอนต้องเข้าใจในความแตกต่างของนักเรียน อาจมีการสร้างสื่อการสอนที่น่าสนใจหรือเกมมาใช้ในการจัดการเรียนการสอนเพื่อช่วยให้นักเรียนเกิดการผ่อนคลายในการจัดการเรียนรู้

2. การจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้การออกแบบ 6E ตามแนวคิด STEAM ร่วมกับปัญหาเป็นฐาน สามารถส่งเสริมให้นักเรียนพัฒนาสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ด้านการประเมินและการออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับเนื้อหาส่วนอื่นของรายวิชาวิทยาศาสตร์ หรือรายวิชาที่เกี่ยวกับ STEAM

บรรณานุกรม

กรมวิชาการ. (2545). *หลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน* (พิมพ์ครั้งที่ 2). กรุงเทพฯ : องค์การรับส่งสินค้าและพัสดุภัณฑ์.

กระทรวงศึกษาธิการ. (2551). *หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551. สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน*. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทยจำกัด.

กระทรวงศึกษาธิการ. (2559). *สรุปโครงการวิจัย Timss 2015*. กรุงเทพฯ

กระทรวงศึกษาธิการ. (2560). *ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลางกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551* (พิมพ์ครั้งที่ 1). กรุงเทพ ฯ : โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย.

จิตสุภา ฤกษ์อำนวยชัย. (2566). ผลการจัดการเรียนรู้ที่เน้นสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ปฏิกิริยาเคมีที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์และสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนเศรษฐบุตรบำเพ็ญ กรุงเทพมหานคร. *วารสารวิชาการสถาบันพัฒนาพระวิทยากร, 6* (2), 1-12. https://so06.tci-thaijo.org/index.php/tmd/article/view/262448/177339

จุฬาลักษณ์ วงษ์วัฒนะ. (2566). *ผลของการจัดการเรียนรู้แบบตกผลึกโดยประยุกต์ใช้การประเมินสภาพจริง ที่มีต่อสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1* (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ). DSpace JSPUI. http://ir-ithesis.swu.ac.th/dspace/handle/123456789/1295

ชวลิต ชูกำแพง. (2553). *การวิจัยหลักสูตรและการสอน* (พิมพ์ครั้งที่ 2). มหาสารคาม : สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.

ชูศรี วงศ์รัตนะ. (2560). *เทคนิคการใช้สถิติเพื่อการวิจัย* (พิมพ์ครั้งที่ 13). กรุงเทพฯ : อมรการพิมพ์.

ทิศนา แขมมณี. (2551). *ศาสตร์การสอน: องค์ความรู้เพื่อจัดกระบวนการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพ*. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ทิศนา แขมมณี. (2559). *ศาสตร์การสอน*. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ธีระสิทธิ์ ดิสกุล. (2565). *การวิจัยปฏิบัติการเพื่อพัฒนาสมรรถนะการประเมินและการออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่องกรดเบสโดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา.* (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). พิษณุโลก: มหาวิทยาลัยนเรศวร.

น้ำฝน คูเจริญไพศาล. (2562). *การพัฒนาชุดกิจกรรม วิทยาศาสตร์ตามแนวทางสะเต็มศึกษา (STEM EDUCATION) เรื่องการปรับปรุง คุณภาพน้ำสำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น. วารสารศรีนครินทรวิโรฒวิจัยและพัฒนา (สาขามนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์) 10* (21), 1-16. https://ejournals.swu.ac.th/index.php/swurd/article/view/11387/9580

บุญชม ศรีสะอาด. (2545). *การพัฒนาการสอน*. กรุงเทพฯ: สุวีริยาสาส์น.

บุญเรียง ขจรศิลป์. (2546). *วิธีวิจัยทางการศึกษา*. กรุงเทพมหานคร: คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ปัทมา จงลือชา (2565). *การพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 โดยใช้การจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยการออกแบบ 6E (The 6E Learning by Design) ตามแนวคิดสตีม (STEAM EDUCATION)* (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยมหาสารคาม). DSpace JSPUI. http://202.28.34.124/dspace/handle/123456789/1763

พงศธร มหาวิจิตร (2560). นวัตกรรมการเรียนรู้จากฟินแลนด์. *นิตยสารสถาบันส่งเสริมการสอน*

พิชิต ฤทธิ์จรูญ. (2564). *เทคนิคการวัดและประเมินผลการศึกษา*. นครปฐม : เพชรเกษมการพิมพ์.

พิมพกานต์ ลาบุตรดี. (2562). การพัฒนาการรู้เรื่องวิทยาศาสตร์ โดยการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาร่วมกับประเด็นปัญหาทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ เรื่อง ปรากฏการณ์เรือนกระจก ของนักเรียนในระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 6. *วารสารวิจัยมหาวิทยาลัยเวสเทิร์น มนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์, 10* (1), 1-14. https://so04.tci-thaijo.org/ index. php/ WTURJ/article/view/271608/183525

พิมพลอย ตามตระกูล. (2563). *การพัฒนาความฉลาดรู้ด้านวิทยาศาสตร์ เรื่อง กรด - เบส ด้วยการจัดการเรียนรู้แบบใช้บริบทเป็นฐานร่วมกับการใช้เทคโนโลยี สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5*. (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). พิษณุโลก: มหาวิทยาลัยนเรศวร.

พิมพันธ์ เดชะคุปต์ และพเยาว์ ยินดีสุข. (2557). *การจัดการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21*. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

พิสณุ ฟองศรี. (2550). *วิจัยทางการศึกษา*. (พิมพ์ครั้งที่ 3). กรุงเทพมหานคร : เทียมฝ่าการพิมพ์.

ภนิดา ชัยปัญญา. (2546). *การวัดความพึงพอใจ*. กรุงเทพมหานคร: แสงอักษร.

มนตรี จันตะมะ. (2562). *การจัดการเรียนรู้โดยใช้วิจัยเป็นฐานที่ส่งเสริมสมรรถนะการประเมินและการออกแบบการะบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์และทักษะการทำงานร่วมกันเป็นทีมเรื่อง การสืบพันธ์และการเจริญเติบโตของพืชดอกสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5.* (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). พิษณุโลก: มหาวิทยาลัยนเรศวร.

มุสตากีม อาแว. (2562). การจัดการเรียนรู้ธรรมชาติของเทคโนโลยีในห้องเรียนวิทยาศาสตร์ยุคใหม่โดยใช้กระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม. *วารสารครุศาสตร จุฬาลงกรณมหาวิทยาลัย, 47 (3), 309-327.* https://doi:10.58837/CHULA.EDUCU.47.3.17

ระพินทร์ โพธิ์ศรี. (2549). *การสร้างและวิเคราะห์คุณภาพเครื่องมือสำหรับการวิจัย*. คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์, อุตรดิตถ์.

รัตนะ บัวสนธ์. (2552). *การวิจัยและพัฒนานวัตกรรมการศึกษา*. กรุงเทพฯ: คำสมัย.

ราชบัณฑิตยสถาน. (2546). *พจนานุกรมฉบับราชบัณฑิตยสถาน พ.ศ. 2542*. กรุงเทพฯ : นานมีบุ๊คส์ พับลิเคชั่นส์.

ล้วน สายยศและอังคณา สายยศ. (2543). *เทคนิคการวิจัยทางการศึกษา*. (พิมพ์ครั้งที่ 3). กรุงเทพฯ: สุวีริยาสาส์น. *วิทยาศาสตร์,* 46(209), 40-45

ศูนย์ดำเนินงาน PISA แห่งชาติ สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2560). *กรอบโครงสร้างการประเมินผลนักเรียนโครงการ PISA 2022*. https://pisathailand.ipst.ac.th/news-21/

ศูนย์ดำเนินงาน PISA แห่งชาติ สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2563). *PISA 2022 สมรรถนะการประเมินและการออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์*. https://drive.google.com/file/d/1lBqZ4Q-HYheduigVOjGg3E80TduBYnxs/view

ศูนย์บริการวิชาการและเผยแพร่นวัตกรรมทางการศึกษา และภาควิชาวิจัยและพัฒนาการศึกษา. (2565). *โปรแกรมวิเคราะห์คุณภาพเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย (RESEARCH TOOLS ANALYSIS PROGRAM : RTAP)*. มหาสารคาม: คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม. http://EDURTAP.MSU.AC.TH/RTAPAPP/

สถาบันส่งเสริมการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2557). *วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี เล่ม 2* (พิมพ์ครั้งที่ 5). กรุงเทพฯ:

สถาบันส่งเสริมการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2558). *มุมมองการจัดการเรียนตามแนวทางสะเต็มศึกษา*. สืบค้นเมื่อ 23 ตุลาคม 2558. สถาบันส่งเสริมการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

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

สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน. (2560). *ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551*. กรุงเทพฯ โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย.

สิรินภา กิจเกื้อกุล. (2557). *การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ทิศทางสำหรับครูศตวรรษที่ 21*. เพชรบูรณ์: จุลดิสการพิมพ์

สุพรรณี ชาญประเสริฐ. (2558). *การออกแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษากับการพัฒนาทักษะในศตวรรษที่ 21*. นิตยสาร สสวท, 43 (192)

อุบลลักษณ์ ไชยชนะ. (2543). *การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความพึงพอใจในการเรียนกับความสอดคล้องในการเลือกคณะของนักศึกษามหาวิทยาลัยเชียงใหม่*. ปริญญานิพนธ์ กศ.ม., มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, กรุงเทพฯ.

An, L., และ Yang, J.-W. (2019). Research on the Teaching Design and Experiment in Physics Education at a Junior High School Based on STEAM Education and 6E Learning Process. *Paper presented at the 2019 3rd International Conference on Education*, Economics and Management Research (ICEEMR 2019).

Gao, X., Li, P., Shen, J., & Sun, H. (2020). Reviewing assessment of student learning in interdisciplinary STEM education. International *Journal of STEM Education*, *7*(24), 1-14.

Han, S., Capraro, R. & Capraro, M. M. (2014). How science, technology, engineering and mathematics (STEM) project-based learning (PBL) affects high, middle, and low achievers differently: The Impact of Student Factors on Achievement. *Journal of Science and Mathematics Education, 13*(5), 1089-1113

OECD. (2013). *PISA 2015 draft collaborative problem-solving framework*. Paris: OECD.

Scott, C. (2012). An Investigation of Science, Technology, Engineering and Mathematics (STEM) Focused High School in the U.S.. *Journal of STEM Education*, *13*(5), 30 – 39.

Kim, H., และ Chae, D.-H. (2016). The development and application of a STEAM program based on traditional Korean culture Eurasia. *Journal of Mathematics*, *Science and Technology Education*, *12*(7), 1925-1936.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก รายนามผู้เชี่ยวชาญ

สำเนาหนังสือขอความอนุเคราะห์ตรวจแก้ไขเครื่องมือที่ใช้ในการค้นคว้าอิสระ

สำเนาหนังสือขออนุญาตเก็บข้อมูลเพื่อการศึกษาค้นคว้าอิสระ

ผู้เชี่ยวชาญทางด้านการสอนวิทยาศาสตร์

1. ผศ.ดร.สกนธ์ชัย ชะนูนันท์ ตำแหน่ง อาจารย์
ภาควิชาการศึกษา สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา
คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

ผู้เชี่ยวชาญทางด้านการวัดและประเมินผล

2. ผศ.ดร. ณัฐกานต์ ประจัญบาน ตำแหน่ง อาจารย์
ภาควิชาบริหาร วิจัย และพัฒนานวัตกรรมทาง
การศึกษา คณะศึกษาศาสตร์

ผู้เชี่ยวชาญทางด้านหลักสูตรและการสอน

3. ผศ.ดร.รุ่งทิวา กองสอน ตำแหน่ง อาจารย์
ภาควิชาการศึกษา สาขาหลักสูตรและการสอน
วิทยาลัยการศึกษา มหาวิทยาลัยพะเยา

ครูผู้สอนในเนื้อหาวิชาวิทยาศาสตร์

4. นางสุภรรณี ดีเจริญ ตำแหน่ง ครู วิทยฐานะ ชำนาญการพิเศษ
โรงเรียนอุทัยวิทยาคม

5. นายอนุชา ตู้แก้ว ตำแหน่ง ครู วิทยฐานะ ชำนาญการพิเศษ
โรงเรียนอุทัยวิทยาคม

บันทึกข้อความ

ส่วนราชการ บัณฑิตวิทยาลัย งานวิชาการ โทร. ๘๘๒๗

ที่ อว ๐๖๐๓.๐๒/ว ๓๗๗ **วันที่** ๒ กุมภาพันธ์ ๒๕๖๗

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์ตรวจแก้ไขเครื่องมือที่ใช้ในการค้นคว้าอิสระ

เรียน ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สกนธ์ชัย ชะนูนันท์

ด้วย **นางสาวภัทราภรณ์ เจริญศิลป์** รหัสประจำตัว **๖๕๐๙๐๗๘๕** นิสิตปริญญาโท สาขาวิชาวิจัยและประเมินทางการศึกษา สังกัดบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยนเรศวร ได้ทำการค้นคว้าอิสระ เรื่อง **"การพัฒนาการจัดการเรียนรู้โดยใช้การออกแบบ 6E ตามแนวคิด STEAM ร่วมกับปัญหาเป็นฐาน เพื่อส่งเสริมสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ด้านการประเมินและการออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ปฏิกิริยาเคมี สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๓"** เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต โดยมี ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชำนาญ ปาณาวงษ์ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาการค้นคว้าอิสระ

ในการค้นคว้าอิสระเกี่ยวกับเรื่องนี้ บัณฑิตวิทยาลัย พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้ที่มีความรู้ความเชี่ยวชาญในเรื่องนี้เป็นอย่างดียิ่ง จึงใคร่ขอเรียนเชิญท่านเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจแก้ไขเครื่องมือที่ใช้ในการค้นคว้าอิสระ ดังแนบมาพร้อมนี้ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยนเรศวร หวังเป็นอย่างยิ่งว่าคงจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดี และขอขอบคุณอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาให้ความอนุเคราะห์

(รองศาสตราจารย์ ดร.พงศ์พันธ์ กิจสนาโยธิน)
รองคณบดีฝ่ายบริหาร ปฏิบัติราชการแทน
คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

บันทึกข้อความ

ส่วนราชการ บัณฑิตวิทยาลัย งานวิชาการ โทร. ๘๘๒๗

ที่ อว ๐๖๐๓.๐๒/ว ๓๗๗ **วันที่** ๒ กุมภาพันธ์ ๒๕๖๗

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์ตรวจแก้ไขเครื่องมือที่ใช้ในการค้นคว้าอิสระ

เรียน ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ณัฐกานต์ ประจันบาน

ด้วย **นางสาวภัทราภรณ์ เจริญศิลป์** รหัสประจำตัว **๖๕๐๙๐๗๘๕** นิสิตปริญญาโท สาขาวิชาวิจัยและประเมินทางการศึกษา สังกัดบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยนเรศวร ได้ทำการค้นคว้าอิสระ เรื่อง **"การพัฒนาการจัดการเรียนรู้โดยใช้การออกแบบ 6E ตามแนวคิด STEAM ร่วมกับปัญหาเป็นฐาน เพื่อส่งเสริมสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ด้านการประเมินและการออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ปฏิกิริยาเคมี สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๓"** เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต โดยมี ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชำนาญ ปาณาวงษ์ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาการค้นคว้าอิสระ

ในการค้นคว้าอิสระเกี่ยวกับเรื่องนี้ บัณฑิตวิทยาลัย พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้ที่มีความรู้ความเชี่ยวชาญในเรื่องนี้เป็นอย่างดียิ่ง จึงใคร่ขอเรียนเชิญท่านเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจแก้ไขเครื่องมือที่ใช้ในการค้นคว้าอิสระ ดังแนบมาพร้อมนี้ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยนเรศวร หวังเป็นอย่างยิ่งว่าคงจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดี และขอขอบคุณอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาให้ความอนุเคราะห์

(รองศาสตราจารย์ ดร.พงศ์พันธ์ กิจสนาโยธิน)
รองคณบดีฝ่ายบริหาร ปฏิบัติราชการแทน
คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

ที่ อว ๐๖๐๓.๐๒/ว ๓๗๗ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยนเรศวร
อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก ๖๕๐๐๐

๒ กุมภาพันธ์ ๒๕๖๗

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์ตรวจแก้ไขเครื่องมือที่ใช้ในการค้นคว้าอิสระ

เรียน ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.รุ่งทิวา กองสอน

สิ่งที่ส่งมาด้วย ๑. โครงร่างการค้นคว้าอิสระ จำนวน ๑ ฉบับ
๒. เครื่องมือที่ใช้ในการค้นคว้าอิสระ จำนวน ๑ ฉบับ

ด้วย **นางสาวภัทราภรณ์ เจริญศิลป์** รหัสประจำตัว **๖๕๐๙๐๗๘๕** นิสิตปริญญาโท สาขาวิชาวิจัยและประเมินทางการศึกษา สังกัดบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยนเรศวร ได้ทำการค้นคว้าอิสระ เรื่อง **"การพัฒนาการจัดการเรียนรู้โดยใช้การออกแบบ 6E ตามแนวคิด STEAM ร่วมกับปัญหาเป็นฐาน เพื่อส่งเสริมสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ด้านการประเมินและการออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ปฏิกิริยาเคมี สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๓"** เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต โดยมี ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชำนาญ ปาณาวงษ์ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาการค้นคว้าอิสระ

ในการค้นคว้าอิสระเกี่ยวกับเรื่องนี้ บัณฑิตวิทยาลัย พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้ที่มีความรู้ความเชี่ยวชาญในเรื่องนี้เป็นอย่างดียิ่ง จึงใคร่ขอเรียนเชิญท่านเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจแก้ไขเครื่องมือที่ใช้ในการค้นคว้าอิสระ ดังแนบมาพร้อมนี้ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยนเรศวร หวังเป็นอย่างยิ่งว่าคงจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดี และขอขอบคุณอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาให้ความอนุเคราะห์

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์ ดร.พงศ์พันธ์ กิจสนาโยธิน)
รองคณบดีฝ่ายบริหาร ปฏิบัติราชการแทน
คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยนเรศวร

๑. งานวิชาการ บัณฑิตวิทยาลัย
โทร. ๐-๕๕๙๖-๘๘๒๗
โทรสาร ๐-๕๕๙๖-๘๘๒๖
๒. นางสาวภัทราภรณ์ เจริญศิลป์
โทร. ๐๘-๘๘๔๖-๒๙๙๙

ที่ อว ๐๖๐๓.๐๒/ว ๓๗๗ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยนเรศวร
อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก ๖๕๐๐๐

๒ กุมภาพันธ์ ๒๕๖๗

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์ตรวจแก้ไขเครื่องมือที่ใช้ในการค้นคว้าอิสระ

เรียน คุณสุภรรณี ดีเจริญ

สิ่งที่ส่งมาด้วย ๑. โครงร่างการค้นคว้าอิสระ จำนวน ๑ ฉบับ

๒. เครื่องมือที่ใช้ในการค้นคว้าอิสระ จำนวน ๑ ฉบับ

ด้วย **นางสาวภัทราภรณ์ เจริญศิลป์** รหัสประจำตัว **๖๕๐๙๐๗๘๕** นิสิตปริญญาโท สาขาวิชาวิจัยและประเมินทางการศึกษา สังกัดบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยนเรศวร ได้ทำการค้นคว้าอิสระ เรื่อง **"การพัฒนาการจัดการเรียนรู้โดยใช้การออกแบบ 6E ตามแนวคิด STEAM ร่วมกับปัญหาเป็นฐาน เพื่อส่งเสริมสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ด้านการประเมินและการออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ปฏิกิริยาเคมี สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๓"** เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต โดยมี ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชำนาญ ปาณาวงษ์ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาการค้นคว้าอิสระ

ในการค้นคว้าอิสระเกี่ยวกับเรื่องนี้ บัณฑิตวิทยาลัย พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้ที่มีความรู้ความเชี่ยวชาญในเรื่องนี้เป็นอย่างดียิ่ง จึงใคร่ขอเรียนเชิญท่านเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจแก้ไขเครื่องมือที่ใช้ในการค้นคว้าอิสระ ดังแนบมาพร้อมนี้ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยนเรศวร หวังเป็นอย่างยิ่งว่าคงจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดี และขอขอบคุณอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาให้ความอนุเคราะห์

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์ ดร.พงศ์พันธ์ กิจสนาโยธิน)
รองคณบดีฝ่ายบริหาร ปฏิบัติราชการแทน
คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยนเรศวร

๑. งานวิชาการ บัณฑิตวิทยาลัย
โทร. ๐-๕๕๙๖-๘๘๒๗
โทรสาร ๐-๕๕๙๖-๘๘๒๖
๒. นางสาวภัทราภรณ์ เจริญศิลป์
โทร. ๐๘-๘๘๔๖-๒๙๙๙

ที่ อว ๐๖๐๓.๐๒/ว ๓๗๗ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยนเรศวร
อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก ๖๕๐๐๐

๒ กุมภาพันธ์ ๒๕๖๗

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์ตรวจแก้ไขเครื่องมือที่ใช้ในการค้นคว้าอิสระ

เรียน คุณอนุชา ตู้แก้ว

สิ่งที่ส่งมาด้วย ๑. โครงร่างการค้นคว้าอิสระ จำนวน ๑ ฉบับ
๒. เครื่องมือที่ใช้ในการค้นคว้าอิสระ จำนวน ๑ ฉบับ

ด้วย **นางสาวภัทราภรณ์ เจริญศิลป์** รหัสประจำตัว **๖๕๐๙๐๗๘๕** นิสิตปริญญาโท สาขาวิชาวิจัยและประเมินทางการศึกษา สังกัดบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยนเรศวร ได้ทำการค้นคว้าอิสระ เรื่อง **"การพัฒนาการจัดการเรียนรู้โดยใช้การออกแบบ 6E ตามแนวคิด STEAM ร่วมกับปัญหาเป็นฐาน เพื่อส่งเสริมสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ด้านการประเมินและการออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ปฏิกิริยาเคมี สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๓"** เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต โดยมี ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชำนาญ ปาณาวงษ์ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาการค้นคว้าอิสระ

ในการค้นคว้าอิสระเกี่ยวกับเรื่องนี้ บัณฑิตวิทยาลัย พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้ที่มีความรู้ความเชี่ยวชาญในเรื่องนี้เป็นอย่างดียิ่ง จึงใคร่ขอเรียนเชิญท่านเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจแก้ไขเครื่องมือที่ใช้ในการค้นคว้าอิสระ ดังแนบมาพร้อมนี้ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยนเรศวร หวังเป็นอย่างยิ่งว่าคงจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดี และขอขอบคุณอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาให้ความอนุเคราะห์

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์ ดร.พงศ์พันธ์ กิจสนาโยธิน)
รองคณบดีฝ่ายบริหาร ปฏิบัติราชการแทน
คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยนเรศวร

๑. งานวิชาการ บัณฑิตวิทยาลัย
โทร. ๐-๕๕๙๖-๘๘๒๗
โทรสาร ๐-๕๕๙๖-๘๘๒๖
๒. นางสาวภัทราภรณ์ เจริญศิลป์
โทร. ๐๘-๘๘๔๖-๒๙๙๙

ที่ อว ๐๖๐๓.๐๒/๓๗๘ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยนเรศวร
อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก ๖๕๐๐๐

๒ กุมภาพันธ์ ๒๕๖๗

เรื่อง ขออนุญาตเก็บข้อมูลเพื่อการศึกษาค้นคว้าอิสระ

เรียน ผู้อำนวยการโรงเรียนอุทัยวิทยาคม

สิ่งที่ส่งมาด้วย เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บข้อมูล จำนวน.....ฉบับ

ด้วย **นางสาวภัทราภรณ์ เจริญศิลป์** รหัสประจำตัว **๖๕๐๙๐๗๘๕** นิสิตปริญญาโท สาขาวิชาวิจัยและประเมินทางการศึกษา สังกัดบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยนเรศวร ได้ทำการค้นคว้าอิสระ เรื่อง **"การพัฒนาการจัดการเรียนรู้โดยใช้การออกแบบ 6E ตามแนวคิด STEAM ร่วมกับปัญหาเป็นฐาน เพื่อส่งเสริมสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ด้านการประเมินและการออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ปฏิกิริยาเคมี สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๓"** เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต โดยมี ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชำนาญ ปาณาวงษ์ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาการค้นคว้าอิสระ

ในการศึกษาค้นคว้าอิสระเรื่องนี้ จำเป็นต้องเก็บข้อมูลจากหน่วยงานของท่าน บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยนเรศวร จึงใคร่ขอความอนุเคราะห์จากท่าน โปรดอนุญาตให้นิสิตดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลในการศึกษาค้นคว้าอิสระซึ่งจะเป็นประโยชน์ทางวิชาการต่อไป บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยนเรศวร หวังเป็นอย่างยิ่งว่าจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดี และขอขอบคุณอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาให้ความอนุเคราะห์

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์ ดร.พงศ์พันธ์ กิจสนาโยธิน)
รองคณบดีฝ่ายบริหาร ปฏิบัติราชการแทน
คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยนเรศวร

๑. งานวิชาการ บัณฑิตวิทยาลัย
โทร. ๐-๕๕๙๖-๘๘๒๗
โทรสาร ๐-๕๕๙๖-๘๘๒๖
๒. นางสาวภัทราภรณ์ เจริญศิลป์
โทร. ๐๘-๘๘๔๖-๒๙๙๙

ภาคผนวก ข ผลการตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือ

1. ผลการประเมินความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้การพัฒนาการจัดการเรียนรู้โดยใช้การออกแบบ 6E ตามแนวคิด STEAM ร่วมกับปัญหาเป็นฐานเพื่อส่งเสริมสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ด้านการประเมินและการออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ปฏิกิริยาเคมี สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

2. ผลการประเมินความสอดคล้องของแบบวัดสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ด้านการประเมินและการออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

3. ผลการวิเคราะห์หาค่าความยากและอำนาจจำแนกของแบบทดสอบวัดสมรรถนะการประเมินและออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ปฏิกิริยาเคมี หลังจากนำไปทดลองใช้กับนักเรียนที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง

4. ผลการคัดเลือกแบบวัดสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ด้านการประเมินและการออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 จำนวน 13 ข้อ

5. ผลการวิเคราะห์ค่าความเชื่อมั่นทั้งฉบับ (Cronbach's alpha coefficient) ของแบบวัดสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ด้านการประเมินและการออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 จำนวน 13 ข้อ

6. ผลคะแนนการหาดัชนีประสิทธิผล คะแนนสอบก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้โดยใช้การออกแบบ 6E ตามแนวคิด STEAM ร่วมกับปัญหาเป็นฐานเพื่อส่งเสริมสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ด้านการประเมินและการออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ปฏิกิริยาเคมี สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 จำนวน 39 คน

7. ผลการประเมินความสอดคล้องของข้อคำถามที่ใช้วัดความพึงพอใจที่มีต่อการจัดการเรียนรู้โดยใช้การออกแบบ 6E ตามแนวคิด STEAM ร่วมกับปัญหาเป็นฐานเพื่อส่งเสริมสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ด้านการประเมินและการออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ปฏิกิริยาเคมี สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 จากการประเมินของผู้เชี่ยวชาญ

8. ผลการหาค่าความเชื่อมั่นแบบสอบถามความพึงพอใจที่มีต่อการจัดการเรียนรู้โดยใช้การออกแบบ 6E ตามแนวคิด STEAM ร่วมกับปัญหาเป็นฐานเพื่อส่งเสริมสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ด้านการประเมินและการออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ปฏิกิริยาเคมี สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

ตาราง 23 ผลการประเมินความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้การพัฒนาการจัดการเรียนรู้โดยใช้การออกแบบ 6E ตามแนวคิด STEAM ร่วมกับปัญหาเป็นฐานเพื่อส่งเสริมสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ด้านการประเมินและการออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ปฏิกิริยาเคมี สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

รายการประเมิน	ระดับความเห็นของผู้เชี่ยวชาญ																				$\bar{x}$	S.D.
	คนที่ 1				คนที่ 2				คนที่ 3				คนที่ 4				คนที่ 5					
	แผนจัดการเรียนรู้ที่																					
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4		
1. ด้านสาระและตัวชี้วัด																						
1.1 สาระสอดคล้องตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง 2560)	4	4	4	4	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	4.75	0.44
1.2 ตัวชี้วัดมีความถูกต้องตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง 2560)	4	4	4	4	3	4	4	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	4.55	0.60
	เฉลี่ย																				4.65	0.53

รายการประเมิน	ระดับความเห็นของผู้เชี่ยวชาญ																				$\bar{x}$	S.D.
	คนที่ 1				คนที่ 2				คนที่ 3				คนที่ 4				คนที่ 5					
	แผนจัดการเรียนรู้ที่																					
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4		
2. ด้านจุดประสงค์การเรียนรู้																						
2.1 สอดคล้องกับสาระและตัวชี้วัด	4	4	4	4	3	4	4	4	5	5	5	5	4	5	5	4	4	5	5	4	4.35	0.59
2.2 ครอบคลุมด้านความรู้ ทักษะกระบวนการ และคุณลักษณะอันพึงประสงค์	4	3	4	4	4	5	5	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	4.65	0.59
2.3 ครอบคลุมสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ด้านการประเมินและออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์	3	3	3	3	5	5	5	5	4	5	5	4	5	5	5	5	5	5	5	5	4.50	0.83
	เฉลี่ย																				4.50	0.68

รายการประเมิน	ระดับความเห็นของผู้เชี่ยวชาญ																				$\bar{x}$	S.D.
	คนที่ 1				คนที่ 2				คนที่ 3				คนที่ 4				คนที่ 5					
	แผนจัดการเรียนรู้ที่																					
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4		
3. ด้านกิจกรรมการเรียนรู้																						
3.1 กิจกรรมสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	3	3	4	4	5	5	5	5	5	5	5	4	5	5	5	5	5	5	5	5	4.65	0.67
3.2 กิจกรรมเหมาะสมกับระดับและธรรมชาติของนักเรียน	3	3	4	4	5	5	5	5	5	5	5	4	4	5	5	5	4	5	5	5	4.55	0.69
3.3 กิจกรรมสามารถนำไปใช้สอนได้จริง และเหมาะสมกับเวลา	3	4	4	4	5	5	5	5	5	5	5	4	5	5	5	5	5	5	5	5	4.70	0.57
3.4 กระบวนการจัดการเรียนรู้เหมาะสมกับเนื้อหา	3	3	3	3	5	5	5	5	5	5	5	4	5	5	5	5	5	5	5	5	4.55	0.83
3.5 การดำเนินกิจกรรมแต่ละขั้นตอนครอบคลุมสอดคล้องกับการจัดการเรียนรู้																						
3.5.1 ขั้นกำหนดปัญหาเพื่อสร้างความสนใจ ผู้สอนกระตุ้นความสนใจของนักเรียนโดยจัดสถานการณ์ต่าง ๆ เพื่อกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดความสนใจและมองเห็นปัญหาที่พบในการดำเนินชีวิตจริง เพื่อนำไปออกแบบและสร้างสรรค์นวัตกรรมเพื่อแก้ไขปัญหา	4	3	4	4	5	5	5	5	4	5	5	4	5	5	5	5	5	5	5	5	4.65	0.59

รายการประเมิน	ระดับความเห็นของผู้เชี่ยวชาญ																				$\bar{x}$	S.D.
	คนที่ 1				คนที่ 2				คนที่ 3				คนที่ 4				คนที่ 5					
	แผนจัดการเรียนรู้ที่																					
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4		
3.5.2 ขั้นสำรวจตรวจสอบ เป็นขั้นที่ผู้เรียนต้องทำความเข้าใจปัญหา มีการใช้กระบวนการสืบเสาะเพื่อค้นหาหลักการ ความรู้ คุณลักษณะต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบและสร้างสรรค์ชิ้นงาน	3	3	4	4	5	5	5	5	4	4	4	4	5	5	5	5	5	5	5	5	4.50	0.69
3.5.3 ขั้นอธิบายและเข้าใจปัญหา เป็นขั้นการนำเสนอข้อค้นพบที่ได้จากการสืบเสาะในขั้นสำรวจ ผู้เรียนต้องทำความเข้าใจปัญหา โดยนำมาอภิปรายร่วมกันกับเพื่อนในชั้นเรียน เพื่อกำหนดกรอบแนวคิดที่ชัดเจนก่อนนำไปออกแบบและสร้างสรรค์ชิ้นงาน โดยต้องสามารถอธิบายสิ่งที่เกี่ยวข้องกับปัญหาได้	3	3	4	4	5	5	5	5	4	4	4	4	5	5	5	5	5	5	5	5	4.50	0.69
3.5.4 ขั้นดำเนินการออกแบบเชิงวิศวกรรม ครูให้นักเรียนนำสิ่งที่ได้เรียนรู้ในขั้นก่อนหน้ามาใช้ในการออกแบบและสร้างชิ้นงานโดยดำเนินการศึกษาค้นคว้าด้วยตนเองด้วยวิธีการที่หลากหลาย	3	3	3	3	5	5	5	5	4	4	4	4	5	5	5	5	5	5	5	5	4.40	0.82

รายการประเมิน	ระดับความเห็นของผู้เชี่ยวชาญ																				$\bar{x}$	S.D.
	คนที่ 1				คนที่ 2				คนที่ 3				คนที่ 4				คนที่ 5					
	แผนจัดการเรียนรู้ที่																					
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4		
3.5.5 ขั้นสังเคราะห์ความรู้ ปรับปรุงและลงข้อสรุป ครูให้นักเรียนทดสอบประสิทธิภาพของชิ้นงาน ให้นักเรียนแลกเปลี่ยนเรียนรู้ร่วมกัน อภิปรายผล และสังเคราะห์ความรู้ที่ได้มาว่ามีความเหมาะสมและสอดคล้องกับสถานการณ์ปัญหา เพื่อบ่งชี้ ข้อผิดพลาด และนำไปพัฒนางานให้ดีขึ้นหรือออกแบบใหม่	3	3	3	3	5	5	5	5	4	4	4	4	5	5	5	5	5	5	4	5	4.35	0.81
3.5.6 ขั้นสรุปและประเมินผล ครูและนักเรียนประเมินความเหมาะสมของข้อมูลที่ศึกษาค้นคว้ามา และประเมินชิ้นงานที่ปรับปรุงใหม่เพื่อให้ทราบว่าผู้เรียนได้เรียนรู้อะไรและมากน้อยเพียงใด โดยครูประเมินผลการเรียนรู้ของผู้เรียนตามสภาพจริงผ่านการนำเสนอปากเปล่า การเขียนคำอธิบาย เพื่อสะท้อนถึงความเข้าใจเกี่ยวกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์	3	3	4	4	5	5	5	5	4	4	4	4	5	5	5	5	5	5	5	5	4.50	0.69
3.6 กิจกรรมการรู้เรียนส่งเสริมให้เกิดสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ด้านการประเมินและการออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์	3	3	4	4	5	5	5	5	4	5	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5	4.60	0.68

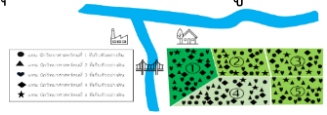
รายการประเมิน	ระดับความเห็นของผู้เชี่ยวชาญ																				$\bar{x}$	S.D.
	คนที่ 1				คนที่ 2				คนที่ 3				คนที่ 4				คนที่ 5					
	แผนจัดการเรียนรู้ที่																					
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4		
3.7 กิจกรรมการเรียนรู้เปิดโอกาสให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติ	3	4	4	4	5	5	5	5	5	4	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5	4.65	0.59
	เฉลี่ย																				4.55	0.69
4. ด้านสื่อและแหล่งเรียนรู้																						
4.1 สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	4	3	4	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	4.75	0.55
4.2 สอดคล้องกับกิจกรรมการเรียนรู้	4	3	4	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	4	5	5	5	5	4.70	0.57
4.3 ช่วยให้ผู้เรียนเกิดสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ด้านการประเมินและการออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์	4	3	4	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	4.75	0.55
	เฉลี่ย																				4.73	0.55

รายการประเมิน	ระดับความเห็นของผู้เชี่ยวชาญ																				$\bar{x}$	S.D.
	คนที่ 1				คนที่ 2				คนที่ 3				คนที่ 4				คนที่ 5					
	แผนจัดการเรียนรู้ที่																					
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4		
5. การวัดผลและประเมินตัวชี้วัด																						
5.1 การวัดผลและประเมินผลสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	4	4	4	4	5	4	4	4	5	5	5	4	5	5	5	5	5	5	5	5	4.60	0.50
5.2 วิธีการวัดและเครื่องมือที่ใช้มีความครอบคลุม และเหมาะสมกับสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ด้านการประเมินและการออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์	4	3	4	4	4	4	4	4	5	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	4.50	0.61
5.3 มีเกณฑ์การวัดที่ชัดเจน	4	4	4	4	3	4	4	4	4	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	4.45	0.60
	เฉลี่ย																				4.52	0.57
	เฉลี่ยรวม																				4.57	0.64

ตาราง 24 ผลการประเมินความสอดคล้องของแบบวัดสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ด้านการประเมินและการออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ตามความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ

สถานการณ์	สมรรถนะการประเมินและออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์	ข้อคำถาม	ระดับความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					IOC	แปลผล	ข้อเสนอแนะ
			1	2	3	4	5			
การตรวจสอบความเป็นกรด - เบสด้วยน้ำกะหล่ำปลีม่วง	2. แยกแยะได้ว่าประเด็นปัญหาหรือคำถามใดสามารถตรวจสอบได้ด้วยวิธีการทางวิทยาศาสตร์	1. หากนำน้ำส้มสายชูใส่ไปในน้ำกะหล่ำปลีม่วง ทำให้น้ำกะหล่ำปลีม่วงเปลี่ยนจากสีม่วงเป็นสีชมพูอมแดง การทดลองใดที่ควรนำมาใช้ทดสอบเพื่อเปรียบเทียบว่าส้มสายชูมีผลทำให้น้ำกะหล่ำปลีม่วงเกิดการเปลี่ยนสี การทดลองที่ 1 น้ำเปล่า 100 มิลลิลิตร ที่ไม่ผสมน้ำส้มสายชู การทดลองที่ 2 น้ำกะหล่ำปลีม่วง 100 มิลลิลิตร ที่ไม่ผสมน้ำส้มสายชู การทดลองที่ 3 น้ำเปล่า 100 มิลลิลิตร ผสมกับน้ำส้มสายชู 5 มิลลิลิตร	+1	+1	+1	+1	+1	1.00	สอดคล้อง	

สถานการณ์	สมรรถนะการประเมินและออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์	ข้อคำถาม	ระดับความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ 1	2	3	4	5	IOC	แปลผล	ข้อเสนอแนะ
		การทดลองที่ 4 น้ำกะหล่ำปลีม่วง 100 มิลลิลิตรผสมกับน้ำส้มสายชู 5 มิลลิลิตร นักเรียนควรเลือกการทดลองใดเพื่อเปรียบเทียบความเป็นกรดที่จะส่งผลทำให้น้ำกะหล่ำปลีม่วงเปลี่ยนสีไปได้								
	3. เสนอวิธีการตรวจสอบปัญหาทางวิทยาศาสตร์ที่กำหนดให้	2. จากการทำการทดลองเกี่ยวกับการศึกษาคุณสมบัติของอินดิเคเตอร์ธรรมชาติจากน้ำกะหล่ำปลีม่วง โดยการศึกษาว่าการใส่น้ำส้มสายชูลงไปในน้ำกะหล่ำปลีม่วงจะสามารถทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของสีได้หรือไม่ จงระบุตัวแปรต่าง ๆ ต่อไปนี้ จากข้อมูลในบทสนทนาข้างต้น นักเรียนจะสื่อสารว่าอย่างไรจึงจะเหมาะสมที่สุด	+1	+1	+1	+1	+1	1.00	สอดคล้อง	

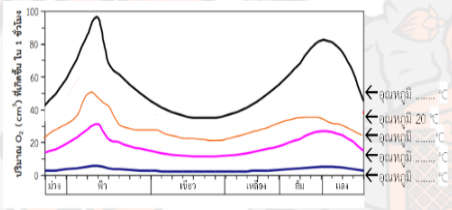
สถานการณ์	สมรรถนะการประเมินและออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์	ข้อคำถาม	ระดับความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ 1	2	3	4	5	IOC	แปลผล	ข้อเสนอแนะ
		1. ตัวแปรต้น ..... 2. ตัวแปรตาม ..... 3. ตัวแปรควบคุม								
การตรวจสอบความเป็นกรด - เบสของดิน	5. อธิบายและประเมินวิธีการที่นักวิทยาศาสตร์ใช้เพื่อให้แน่ใจถึงความน่าเชื่อถือของข้อมูลและความเป็นกลางของคำอธิบายได้	3. การตรวจสอบความเป็นกรด - เบสของดินภัทรเดชได้ติดต่อให้บริษัท เคมิคอล จำกัด มาทำการตรวจสอบคุณภาพดินของแปลงนาทั้ง 5 แปลง โดยบริษัทส่งนักวิทยาศาสตร์มาเก็บตัวอย่างดินจำนวน 5 คน ซึ่งนักวิทยาศาสตร์กำหนดจุดเก็บตัวอย่างดิน ดังรูป 	+1	+1	+1	+1	+1	1.00	สอดคล้อง	

สถานการณ์	สมรรถนะการประเมินและออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์	ข้อคำถาม	ระดับความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ 1	2	3	4	5	IOC	แปลผล	ข้อเสนอแนะ
		ในการเก็บตัวอย่างดินจากแปลงนาทั้ง 5 แปลง สำหรับนำมาใช้ในการตรวจสอบค่าความเป็นกรด-เบส นักเรียนคิดว่าผลการตรวจสอบของนักวิทยาศาสตร์คนใดที่น่าเชื่อถือและเหมาะสมที่สุด เพราะเหตุใด								
	4. ประเมินวิธีสำรวจตรวจสอบปัญหาทางวิทยาศาสตร์ที่กำหนดให้ได้	4. ภัทรเดชได้รับผลกระทบจากแหล่งน้ำที่สูบมาใช้ในแปลงนาส่งผลต่อการเสื่อมโทรมของดินในแปลงนา และเมื่อรับการตรวจสอบจากบริษัทพบว่า แปลงนาที่ 1 ถึง 5 ของภัทรเดช มีปัญหาดินเป็นกรด ภัทรเดชจึงไปขอคำแนะนำจากนักวิทยาศาสตร์ของบริษัทว่าควรปรับปรุงสภาพดินอย่างไรให้คุณภาพดีขึ้น หากนักเรียนเป็นนักวิทยาศาสตร์	+1	+1	+1	+1	+1	1.00	สอดคล้อง	

สถานการณ์	สมรรถนะการประเมินและออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์	ข้อคำถาม	ระดับความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ 1	2	3	4	5	IOC	แปลผล	ข้อเสนอแนะ
		ของบริษัท นักเรียนจะออกแบบโดยใช้วิธีการในการปรับปรุงคุณภาพดิน พร้อมอธิบายเหตุผลประกอบ								
ผลิตภัณฑ์เร่งผิวขาว	2. แยกแยะได้ว่าประเด็นปัญหาหรือคำถามใดสามารถตรวจสอบ ได้ด้วยวิธีการทางวิทยาศาสตร์	5. จากสถานการณ์ข้างต้น อันตรายที่เกิดจากการใช้ผลิตภัณฑ์เร่งผิวขาวหรือที่เรียกว่า “โดสเร่งขาว” หากนักเรียนต้องการตรวจสอบค่า pH ในผลิตภัณฑ์เร่งผิวขาว นักเรียนจะมีวิธีการตรวจสอบค่า pH อย่างไร	+1	+1	+1	+1	+1	1.00	สอดคล้อง	
ถังเก็บกรดซัลฟิวริกแตก	1. สามารถระบุปัญหาที่ต้องการสำรวจใน	6. จากสถานการณ์ถังเก็บกรดซัลฟิวริกแตก เกิดปฏิกิริยาเคมีเกิดขึ้นทำให้เกิดแก๊สไฮโดรเจนเป็นสารผลิตภัณฑ์	+1	+1	+1	+1	+1	1.00	สอดคล้อง	

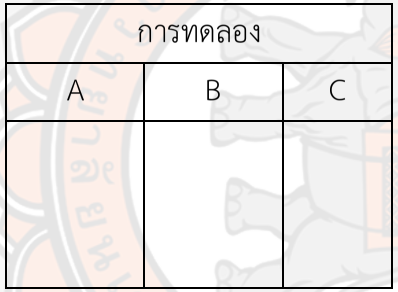
สถานการณ์	สมรรถนะการประเมินและออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์	ข้อคำถาม	ระดับความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ 1	2	3	4	5	IOC	แปลผล	ข้อเสนอแนะ
เนื่องจากการกัดกร่อน	การศึกษาทางวิทยาศาสตร์	นักเรียนจะตั้งสมมติฐานถึงการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นนี้ได้อย่างไร								
ถังเก็บกรดซัลฟิวริกแตกเนื่องจากการกัดกร่อน	5. อธิบายและประเมินวิธีการที่นักวิทยาศาสตร์ใช้เพื่อให้แน่ใจถึงความน่าเชื่อถือของข้อมูลและความเป็นกลางของคำอธิบาย	7. จากสถานการณ์ถังเก็บกรดซัลฟิวริกแตก หากสารละลายกรดไฮโดรคลอริกและโลหะ ดังนี้ สังกะสี อลูมิเนียม และตะปูเหล็ก นักเรียนจะสามารถออกแบบตารางบันทึกผลการทดลองที่เกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นนี้ได้อย่างไร	+1	+1	+1	+1	+1	1.00	สอดคล้อง	
การสังเคราะห์ด้วยแสงของพืช	5. ประเมินวิธีสำรวจตรวจสอบปัญหาทางวิทยาศาสตร์ที่กำหนดให้ได้	8. จากสถานการณ์ที่กำหนดให้นั้น “แสง” ถือเป็นปัจจัยที่สำคัญมากในการสร้างอาหารของพืช นักวิจัยจึงได้ทำการทดลองปลูกพืชชนิดหนึ่งไว้โดยให้พืชที่	+1	+1	+1	+1	+1	1.00	สอดคล้อง	

สถานการณ์	สมรรถนะการประเมินและออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์	ข้อคำถาม	ระดับความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ 1	2	3	4	5	IOC	แปลผล	ข้อเสนอแนะ
		ปลูกนั้นรับแสงสีจากหลอดไฟที่มีแสงสีแตกต่างกัน เช่น สีฟ้า สีม่วง สีแดง สีส้ม สีเขียว และสีเหลือง เป็นต้น ในการทดลองการปลูกพืชครั้งนี้จะทำการจดบันทึกค่าปริมาณออกซิเจนที่เกิดขึ้นจากการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืชชนิดนี้ที่ได้รับแสงสีต่าง ๆ ในช่วงอุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส ถึง 50 องศาเซลเซียส เมื่อนักวิจัยทำการควบคุมอุณหภูมิของสิ่งแวดล้อมให้เป็น 10, 15, 20 และ 25 องศาเซลเซียส พบว่า ปริมาณของออกซิเจนที่เกิดขึ้นจากการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืชที่ได้รับแสงสีต่างๆ ให้นักเรียนเขียนเส้นกราฟแสดงปริมาณออกซิเจนที่เกิดขึ้นจากการสังเคราะห์							

สถานการณ์	สมรรถนะการประเมินและออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์	ข้อคำถาม	ระดับความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ 1	2	3	4	5	IOC	แปลผล	ข้อเสนอแนะ
		ด้วยแสงของพืชที่ได้รับแสงสีต่าง ๆ เมื่ออุณหภูมิของสิ่งแวดล้อมเท่ากับ 20 องศาเซลเซียส ลงในกราฟด้านล่างนี้ 								
การสังเคราะห์ด้วยแสงของพืช	3. เสนอวิธีการสำรวจจากประเด็นปัญหาทางวิทยาศาสตร์ที่กำหนดให้	9. จากสถานการณ์การสังเคราะห์ด้วยแสงของพืช จงระบุตัวแปรต่าง ๆ ต่อไปนี้ 1. ตัวแปรต้น ..... 2. ตัวแปรตาม ..... 3. ตัวแปรควบคุม	+1	+1	+1	+1	+1	1.00	สอดคล้อง	

สถานการณ์	สมรรถนะการประเมินและออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์	ข้อคำถาม	ระดับความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ 1	2	3	4	5	IOC	แปลผล	ข้อเสนอแนะ
ภัยเงียบจากภาชนะอะลูมิ-เนียม	5. อธิบายและประเมินวิธีการที่นักวิทยาศาสตร์ใช้เพื่อให้แน่ใจถึงความน่าเชื่อถือของข้อมูลและความเป็นกลางของคำอธิบาย	10. จากสถานการณ์ภัยเงียบจากภาชนะอะลูมิเนียม จงวาดรูปออกแบบโมเลกุลของกลไกการเกิดสารที่มีฤทธิ์เป็นกรด เช่น กรดไฮโดรคลอริก (HCl) กับอะลูมิเนียม (Al) สมการเคมีการเกิดปฏิกิริยา มีดังนี้ $HCl\ (aq) + Al\ (s) \longrightarrow AlCl_3\ (aq) + H_2\ (g)$ กำหนดให้ ○ แทน อะตอมของ H △ แทน อะตอมของ Cl □ แทน อะตอมของ Al	+1	+1	+1	+1	+1	1.00	สอดคล้อง	

สถานการณ์	สมรรถนะการประเมินและออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์	ข้อคำถาม	ระดับความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ 1	2	3	4	5	IOC	แปลผล	ข้อเสนอแนะ
ภัยเงียบจากภาชนะอะลู-มิเนียม	2. แยกแยะได้ว่าประเด็นปัญหาหรือคำถามใดสามารถตรวจสอบ ได้ด้วยวิธีการทางวิทยาศาสตร์	11. จากสถานการณ์ภัยเงียบจากภาชนะอะลูมิเนียม แก๊สที่เกิดขึ้นจากปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นจากคำถามข้อที่ 10 คือแก๊สใด และหากปฏิบัติการทดลองสามารถสังเกตเห็นได้จากสิ่งใดที่เป็นการบ่งบอกว่าเกิดปฏิกิริยาเคมี	+1	+1	0	+1	+1	0.80	สอดคล้อง	
น้ำเป็นสนิมส่งผลเสียต่อสุขภาพ	5. อธิบายและประเมินวิธีการที่นักวิทยาศาสตร์ใช้เพื่อให้แน่ใจถึงความน่าเชื่อถือของข้อมูลและความเป็นกลางของคำอธิบาย	12. จากสถานการณ์ที่น้ำเป็นสนิมส่งผลเสียต่อสุขภาพให้นักเรียนวาดภาพออกแบบการทดลอง ตามสถานการณ์ดังนี้ ภาพการทดลอง A ตะปูกับอากาศ ภาพการทดลอง B ตะปูที่ใส่ในน้ำต้มที่ไล่อากาศออกไปจนหมดและใส่น้ำมันพืชลงไปบนผิวน้ำ	+1	+1	+1	+1	+1	1.00	สอดคล้อง	

สถานการณ์	สมรรถนะการประเมินและออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์	ข้อคำถาม	ระดับความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ 1	2	3	4	5	IOC	แปลผล	ข้อเสนอแนะ
		ภาพการทดลอง C ตะปูที่ใส่สารดูดความชื้นเป็นระบบปิด  								
น้ำเป็นสนิมส่งผลเสียต่อสุขภาพ	1. สามารถระบุปัญหาที่ต้องการสำรวจในการศึกษาทางวิทยาศาสตร์	13. จากภาพการทดลองนักเรียนคิดว่าการทดลองใดที่จะทำให้ตะปูไม่เป็นสนิม	+1	+1	+1	+1	+1	1.00		

สถานการณ์	สมรรถนะการประเมินและออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์	ข้อคำถาม	ระดับความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					IOC	แปลผล	ข้อเสนอแนะ
			1	2	3	4	5			
ปรากฏการณ์เรือนกระจก	1. สามารถระบุปัญหาที่ต้องการสำรวจในการศึกษาทางวิทยาศาสตร์	14. จากสถานการณ์ปรากฏการณ์เรือนกระจก กล่าวว่า อุณหภูมิเฉลี่ยของบรรยากาศของโลกที่สูงขึ้น เป็นผลมาจากการเพิ่มขึ้นของคาร์บอนไดออกไซด์ ก่อนที่นักเรียนจะยอมรับข้อสรุปนี้ นักเรียนต้องแน่ใจว่าปัจจัยอื่น ๆ ที่อาจมีผลต่อปรากฏการณ์เรือนกระจกต้องมีค่าคงที่” จงระบุปัจจัยของแก๊สที่นักเรียนคิดว่ามีผลต่อปรากฏการณ์เรือนกระจก พร้อมอธิบายโดยสังเขป	+1	+1	+1	+1	+1	1.00	สอดคล้อง	

ตาราง 25 ผลการวิเคราะห์หาค่าความยากและอำนาจจำแนกของแบบทดสอบวัดสมรรถนะการประเมินและออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ปฏิกิริยาเคมี หลังจากนำไปทดลองใช้กับนักเรียนที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง

ข้อ	ความยาก (P)	อำนาจจำแนก (r)	การแปลความหมาย	ผ่านเกณฑ์คุณภาพ
1	0.556	0.333	ยากปานกลาง อำนาจจำแนกปานกลาง	ผ่านเกณฑ์
2	0.648	0.259	ค่อนข้างง่าย อำนาจจำแนกปานกลาง	ผ่านเกณฑ์
3	0.472	0.389	ยากปานกลาง อำนาจจำแนกปานกลาง	ผ่านเกณฑ์
4	0.556	0.556	ยากปานกลาง อำนาจจำแนกค่อนข้างสูง	ผ่านเกณฑ์
5	0.5	0.556	ยากปานกลาง อำนาจจำแนกค่อนข้างสูง	ผ่านเกณฑ์
6	0.611	0.444	ค่อนข้างง่าย อำนาจจำแนกค่อนข้างสูง	ผ่านเกณฑ์
7	0.556	0.667	ยากปานกลาง อำนาจจำแนกสูง	ผ่านเกณฑ์
8	0.472	0.722	ยากปานกลาง อำนาจจำแนกสูง	ผ่านเกณฑ์
9	0.648	0.333	ค่อนข้างง่าย อำนาจจำแนกปานกลาง	ผ่านเกณฑ์
10	0.639	0.333	ค่อนข้างง่าย อำนาจจำแนกปานกลาง	ผ่านเกณฑ์
11	0.472	0.056	ยากปานกลาง อำนาจจำแนกต่ำ	ไม่ผ่านเกณฑ์ (ตัดทิ้ง)
12	0.648	0.259	ค่อนข้างง่าย อำนาจจำแนกปานกลาง	ผ่านเกณฑ์

ข้อ	ความยาก (P)	อำนาจจำแนก (r)	การแปลความหมาย	ผ่านเกณฑ์คุณภาพ
13	0.5	0.333	ยากปานกลาง อำนาจจำแนกปานกลาง	ผ่านเกณฑ์
14	0.361	0.389	ค่อนข้างยาก อำนาจจำแนกปานกลาง	ผ่านเกณฑ์

จากตาราง 25 สรุปผลการวิเคราะห์ความยากและอำนาจจำแนกของแบบวัดสมรรถนะการประเมินและออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ปฏิกิริยาเคมี หลังจากนำไปทดลองใช้กับนักเรียนที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างจำนวน 14 ข้อ มีค่าความยากตั้งแต่ 0.361 ถึง 0.648 มี 11 ค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.056 ถึง 0.722 และมีข้อที่ผ่านเกณฑ์จำนวน 13 ข้อ ไม่ผ่านเกณฑ์จำนวน 1 ข้อ พบว่ามีข้อสอบที่ต้องตัดทิ้งจำนวน 1 ข้อ ได้แก่ ข้อที่ 11 ผู้วิจัยจึงเลือกตัดข้อที่ ทิ้งไป ทำให้แบบทดสอบฉบับนี้มีค่าความยากตั้งแต่ 0.361 ถึง 0.648 มีค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.259 ถึง 0.722

ตาราง 26 ผลการคัดเลือกแบบวัดสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ด้านการประเมินและการออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 จำนวน 13 ข้อ

ข้อ	ค่าความยากง่าย	ค่าอำนาจจำแนก	ผลการคัดเลือก
1	0.556	0.333	คัดเลือกไว้เป็นข้อที่ 1
2	0.648	0.259	คัดเลือกไว้เป็นข้อที่ 2
3	0.472	0.389	คัดเลือกไว้เป็นข้อที่ 3
4	0.556	0.556	คัดเลือกไว้เป็นข้อที่ 4
5	0.5	0.556	คัดเลือกไว้เป็นข้อที่ 5
6	0.611	0.444	คัดเลือกไว้เป็นข้อที่ 6
7	0.556	0.667	คัดเลือกไว้เป็นข้อที่ 7
8	0.472	0.722	คัดเลือกไว้เป็นข้อที่ 8
9	0.648	0.333	คัดเลือกไว้เป็นข้อที่ 9
10	0.639	0.333	คัดเลือกไว้เป็นข้อที่ 10
12	0.648	0.259	คัดเลือกไว้เป็นข้อที่ 11
13	0.5	0.333	คัดเลือกไว้เป็นข้อที่ 12
14	0.361	0.389	คัดเลือกไว้เป็นข้อที่ 13

จากตาราง 26 ผลการคัดเลือกแบบวัดสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ด้านการประเมินและการออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 จำนวน 13 ข้อ พบว่ามีค่าความยากง่ายอยู่ระหว่าง 0.361 – 0.648 และมีค่าอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง 0.259 – 0.722

ตาราง 27 ผลการวิเคราะห์ค่าความเชื่อมั่นทั้งฉบับ (Cronbach's alpha coefficient) ของแบบวัดสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ด้านการประเมินและการออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 จำนวน 13 ข้อ

ข้อที่	ค่าความยาก	ค่าอำนาจจำแนก	การแปลความหมาย	ค่าความเชื่อมั่น
1	0.556	0.333	ยากปานกลาง อำนาจจำแนกปานกลาง	0.716
2	0.648	0.259	ค่อนข้างง่าย อำนาจจำแนกปานกลาง	
3	0.472	0.389	ยากปานกลาง อำนาจจำแนกปานกลาง	
4	0.556	0.556	ยากปานกลาง อำนาจจำแนกค่อนข้างสูง	
5	0.5	0.556	ยากปานกลาง อำนาจจำแนกค่อนข้างสูง	
6	0.611	0.444	ค่อนข้างง่าย อำนาจจำแนกค่อนข้างสูง	
7	0.556	0.667	ยากปานกลาง อำนาจจำแนกสูง	
8	0.472	0.722	ยากปานกลาง อำนาจจำแนกสูง	
9	0.648	0.333	ค่อนข้างง่าย อำนาจจำแนกปานกลาง	
10	0.639	0.333	ค่อนข้างง่าย อำนาจจำแนกปานกลาง	
12	0.648	0.259	ค่อนข้างง่าย อำนาจจำแนกปานกลาง	
13	0.5	0.333	ยากปานกลาง อำนาจจำแนกปานกลาง	

ข้อที่	ค่าความยาก	ค่าอำนาจจำแนก	การแปลความหมาย	ค่าความเชื่อมั่น
14	0.361	0.389	ค่อนข้างยาก อำนาจจำแนกปานกลาง	

จากตาราง 27 ผลการวิเคราะห์ค่าความเชื่อมั่นทั้งฉบับ มีค่าความยากตั้งแต่ 0.361 ถึง 0.648 มีค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.259 ถึง 0.722 และมีข้อที่ผ่านเกณฑ์จำนวน 13 ข้อ ไม่ผ่านเกณฑ์จำนวน 0 ข้อ และข้อสอบอัตนัยฉบับนี้มีค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.716 อยู่ในเกณฑ์ที่สามารถนำไปใช้ได้

ตาราง 28 ผลคะแนนการหาดัชนีประสิทธิผล คะแนนสอบก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้โดยใช้การออกแบบ 6E ตามแนวคิด STEAM ร่วมกับปัญหาเป็นฐาน เพื่อส่งเสริมสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ด้านการประเมินและการออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ปฏิกิริยาเคมี สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 จำนวน 39 คน

คนที่	คะแนนก่อนเรียน													
	ข้อ 1	ข้อ 2	ข้อ 3	ข้อ 4	ข้อ 5	ข้อ 6	ข้อ 7	ข้อ 8	ข้อ 9	ข้อ 10	ข้อ 11	ข้อ 12	ข้อ 13	รวม (30)
1	0	0	0	0	0	1	1	0	1	1	2	1	1	8
2	1	1	0	1	2	0	1	1	0	0	1	0	1	9
3	0	1	1	0	1	0	0	1	1	0	1	1	0	7
4	0	1	1	0	0	0	1	0	0	1	1	1	2	8
5	0	2	0	1	1	2	0	1	0	1	1	0	1	10
6	0	1	1	0	2	0	0	0	0	1	0	0	2	7
7	1	2	1	1	1	1	1	0	1	1	1	0	0	11
8	0	2	2	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	8
9	0	1	1	1	1	0	1	0	0	0	1	0	2	8
10	0	1	0	2	0	2	1	0	0	0	1	0	0	7
11	1	2	1	1	1	0	2	0	0	0	1	1	2	12
12	1	1	1	0	1	0	1	1	1	0	1	0	0	8
13	0	1	1	1	0	0	2	0	0	1	0	1	1	8
14	0	2	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1	11
15	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	2	8
16	0	1	1	1	1	2	0	0	0	1	1	1	0	9
17	1	1	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	1	6
18	0	2	1	0	1	1	1	1	0	0	1	0	1	9
19	0	1	0	1	0	2	0	0	0	1	1	1	2	9
20	0	0	1	0	1	1	1	1	0	2	0	0	1	8
21	1	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	5
22	0	0	1	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	5

คนที่	คะแนนก่อนเรียน													
	ข้อ 1	ข้อ 2	ข้อ 3	ข้อ 4	ข้อ 5	ข้อ 6	ข้อ 7	ข้อ 8	ข้อ 9	ข้อ 10	ข้อ 11	ข้อ 12	ข้อ 13	รวม (30)
23	0	2	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	7
24	0	2	1	0	1	1	0	1	0	1	1	0	1	9
25	0	1	1	1	0	2	0	1	0	1	1	0	1	9
26	0	2	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	2	7
27	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	2
28	0	2	0	1	0	2	1	0	0	0	1	0	0	7
29	1	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	1	5
30	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	1	0	1	5
31	1	1	1	1	0	1	0	0	1	0	0	1	0	7
32	0	2	0	0	0	0	1	1	0	1	1	0	1	7
33	0	1	1	1	1	2	0	1	0	0	0	1	1	9
34	0	1	1	1	0	1	1	1	1	0	0	0	1	8
35	1	0	0	1	1	0	1	0	0	1	1	1	0	7
36	0	1	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	6
37	0	0	1	1	1	2	0	0	1	0	1	0	1	8
38	1	1		0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	4
39	0	1	0	0	1	0	1	0	0	1	0	1	1	6
รวมคะแนนก่อนเรียน														**294**

คนที่	คะแนนหลังเรียน													
	ข้อ 1	ข้อ 2	ข้อ 3	ข้อ 4	ข้อ 5	ข้อ 6	ข้อ 7	ข้อ 8	ข้อ 9	ข้อ 10	ข้อ 11	ข้อ 12	ข้อ 13	รวม (30)
1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	23
2	1	2	2	2	2	1	2	2	2	2	1	1	2	22
3	1	1	2	2	2	1	2	2	2	2	2	1	2	22
4	1	2	2	2	2	2	2	1	2	2	2	1	2	23
5	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	23
6	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	2	25
7	2	2	2	2	2	2	2	2	1	2	2	1	1	23
8	2	2	2	2	1	2	2	2	2	1	1	1	2	22
9	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	1	2	21
10	1	1	2	2	2	2	2	1	2	2	1	1	2	21
11	1	2	0	1	2	1	2	2	2	2	2	1	2	20
12	2	2	1	2	2	2	2	2	2	1	2	1	2	23
13	1	1	1	2	2	2	2	1	2	2	2	1	2	21
14	2	2	1	1	2	2	2	2	2	1	2	1	2	22
15	1	1	2	1	2	2	2	2	2	2	0	1	2	20
16	2	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	2	24
17	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	22
18	1	2	1	1	2	1	2	2	2	2	1	1	2	20
19	1	1	1	2	2	2	2	2	2	1	2	1	2	21
20	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	22
21	1	1	2	1	2	2	2	2	1	2	2	1	2	21
22	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	2	23
23	2	2	2	2	1	1	2	2	2	2	2	1	1	22
24	1	2	1	1	1	2	2	2	2	2	2	1	2	21
25	2	1	2	2	1	2	1	2	1	2	1	1	2	20
26	1	2	1	2	2	1	1	1	2	1	1	1	2	18
27	1	2	1	1	2	2	1	2	2	1	2	1	2	20

คนที่	คะแนนหลังเรียน													
	ข้อ 1	ข้อ 2	ข้อ 3	ข้อ 4	ข้อ 5	ข้อ 6	ข้อ 7	ข้อ 8	ข้อ 9	ข้อ 10	ข้อ 11	ข้อ 12	ข้อ 13	รวม (30)
28	2	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	1	2	22
29	1	2	2	1	1	1	1	2	2	2	2	0	2	19
30	1	2	2	2	1	1	2	2	2	1	1	0	2	19
31	1	2	1	2	2	2	2	2	2	2	2	1	2	23
32	1	2	2	2	2	2	1	1	0	2	1	0	1	17
33	0	2	1	2	2	2	2	1	2	2	1	1	2	20
34	0	2	2	1	1	2	2	1	2	2	2	0	2	19
35	1	2	2	2	2	1	2	2	2	2	1	1	2	22
36	1	1	2	1	2	2	2	1	2	2	2	1	2	21
37	1	2	2	2	2	2	2	2	1	2	1	1	2	22
38	1	2	2	2	2	1	2	2	2	2	2	0	2	22
39	0	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	2	22
รวมคะแนนหลังเรียน														**833**

ตาราง 29 ผลการประเมินความสอดคล้องของข้อคำถามที่ใช้วัดความพึงพอใจที่มีต่อการจัดการเรียนรู้โดยใช้การออกแบบ 6E ตามแนวคิด STEAM ร่วมกับปัญหาเป็นฐานเพื่อส่งเสริมสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ด้านการประเมินและการออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ปฏิกิริยาเคมี สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 จากการประเมินของผู้เชี่ยวชาญ

ข้อที่	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					รวม	IOC	การแปลผล
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5			
1. ด้านปัจจัยนำเข้า								
1	+1	+1	+1	+1	+1	5.00	1.00	สอดคล้อง
2	+1	+1	+1	+1	+1	5.00	1.00	สอดคล้อง
3	+1	+1	+1	+1	+1	5.00	1.00	สอดคล้อง
4	+1	+1	+1	+1	+1	500	1.00	สอดคล้อง
2. ด้านกระบวนการ								
1	+1	+1	+1	+1	+1	5.00	1.00	สอดคล้อง
2	+1	+1	+1	+1	+1	5.00	1.00	สอดคล้อง
3	+1	+1	+1	+1	+1	5.00	1.00	สอดคล้อง
4	+1	+1	+1	+1	+1	5.00	1.00	สอดคล้อง
5	+1	+1	+1	+1	+1	5.00	1.00	สอดคล้อง
6	+1	+1	+1	+1	+1	5.00	1.00	สอดคล้อง
7	+1	+1	+1	+1	+1	5.00	1.00	สอดคล้อง
3. ด้านผลผลิต								
1	+1	+1	+1	+1	+1	5.00	1.00	สอดคล้อง
2	+1	+1	+1	+1	+1	5.00	1.00	สอดคล้อง
3	+1	+1	+1	+1	+1	5.00	1.00	สอดคล้อง
4	+1	+1	+1	+1	+1	5.00	1.00	สอดคล้อง
5	+1	+1	+1	+1	+1	5.00	1.00	สอดคล้อง

ตาราง 30 ผลการหาค่าความเชื่อมั่นแบบสอบถามความพึงพอใจที่มีต่อการจัดการเรียนรู้โดยใช้การออกแบบ 6E ตามแนวคิด STEAM ร่วมกับปัญหาเป็นฐานเพื่อส่งเสริมสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ด้านการประเมินและการออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ปฏิกิริยาเคมี สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

Reliability Statistics

Cronbach's Alpha	Cronbach's Alpha Based on Standardized Items	N of Items
.796	.807	39

ภาคผนวก ค เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

1. แบบฟอร์มผังการสร้างข้อสอบ (Test Blueprint)

2. แบบประเมินความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้การพัฒนาการจัดการเรียนรู้โดยใช้การออกแบบ 6E ตามแนวคิด STEAM ร่วมกับปัญหาเป็นฐานเพื่อส่งเสริมสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ด้านการประเมินและการออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ปฏิกิริยาเคมี สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 (สำหรับผู้เชี่ยวชาญ)

3. แบบประเมินคุณภาพของเกณฑ์การให้คะแนนสมรรถนะการประเมินและออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ปฏิกิริยาเคมีสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 (สำหรับผู้เชี่ยวชาญ)

4.แบบประเมินความสอดคล้องของแบบทดสอบวัดสมรรถนะด้านการประเมินและออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์

5.แบบประเมินความสอดคล้องของข้อคำถามที่ใช้วัดความพึงพอใจที่มีต่อการจัดการเรียนรู้โดยใช้การออกแบบ 6E ตามแนวคิด STEAM ร่วมกับปัญหาเป็นฐานเพื่อส่งเสริมสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ด้านการประเมินและการออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ปฏิกิริยาเคมี สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 (สำหรับผู้เชี่ยวชาญ)

6. แบบประเมินความพึงพอใจที่มีต่อการจัดการเรียนรู้โดยใช้การออกแบบ 6E ตามแนวคิด STEAM ร่วมกับปัญหาเป็นฐานเพื่อส่งเสริมสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ด้านการประเมินและการออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ปฏิกิริยาเคมี สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 (สำหรับนักเรียน)

7.เกณฑ์การวัดและประเมินผลแบบประเมินสมรรถนะการประเมินและออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ปฏิกิริยาเคมี สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

8. แบบทดสอบวัดสมรรถนะการประเมินและออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ปฏิกิริยาเคมี

9. ตัวอย่างแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้การจัดการเรียนรู้โดยใช้การออกแบบ 6E ตามแนวคิด STEAM ร่วมกับปัญหาเป็นฐานเพื่อส่งเสริมสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ด้านการประเมินและการออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ปฏิกิริยาเคมี

แบบฟอร์มผังการสร้างข้อสอบ (Test Blueprint)

โรงเรียนอุทัยวิทยาคม กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

ข้อสอบเก็บคะแนน เรื่อง ปฏิกิริยาเคมี จำนวน 14 ข้อ ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2567 รายวิชาวิทยาศาสตร์ รหัสวิชา ว23101 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

สาระที่ 1 : วิทยาศาสตร์กายภาพ

มาตรฐาน	ตัวชี้วัด	จำนวนข้อสอบ	ประเภทแบบทดสอบ		สมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ด้านการประเมินและการออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์				
			ปรนัย	อัตนัย	ข้อ 1	ข้อ 2	ข้อ 3	ข้อ 4	ข้อ 5
ปฏิกิริยาเคมี ว 2.1 เข้าใจสมบัติของสสาร องค์ประกอบของสสาร ความสัมพันธ์ระหว่างสมบัติของสสารกับโครงสร้างและแรงยึดเหนี่ยว	ว 2.1 ม.3/6 อธิบายปฏิกิริยาการเกิดสนิมของเหล็กปฏิกิริยาของกรดกับโลหะ ปฏิกิริยาของกรดกับเบสและปฏิกิริยาของเบสกับโลหะ โดยใช้หลักฐานเชิงประจักษ์และอธิบายปฏิกิริยาการเผาไหม้ การเกิดฝนกรด การสังเคราะห์ด้วยแสง โดยใช้สารสนเทศ รวมทั้งเขียนสมการข้อความแสดงปฏิกิริยาดังกล่าว								

มาตรฐาน	ตัวชี้วัด	จำนวนข้อสอบ	ประเภทแบบทดสอบ		สมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ด้านการประเมินและการออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์				
			ปรนัย	อัตนัย	ข้อ 1	ข้อ 2	ข้อ 3	ข้อ 4	ข้อ 5
ระหว่างอนุภาค หลักและธรรมชาติของการเปลี่ยนแปลงสถานะของสสารการเกิดสารละลาย และการเกิดปฏิกิริยาเคมี	- ปฏิกิริยาของกรดกับเบส	6		6	1	2	1	1	1
	- ปฏิกิริยาของกรดกับโลหะ	4		4	1	1			2
	- ปฏิกิริยาการเกิดสนิมเหล็ก	2		2					1
	- ปฏิกิริยาการสังเคราะห์ด้วยแสง	1		1	1		1	1	
	- ออกแบบวิธีการลดปริมาณแก๊สเรือนกระจก	1		1					
รวม		14	-	14	3	3	2	2	4

แบบประเมินความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้การพัฒนาการจัดการเรียนรู้โดยใช้การออกแบบ 6E ตามแนวคิด STEAM ร่วมกับปัญหาเป็นฐานเพื่อส่งเสริมสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ด้านการประเมินและการออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ปฏิกิริยาเคมี สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 (สำหรับผู้เชี่ยวชาญ)

คำชี้แจง

1. แบบประเมินนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสอบถามความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญเกี่ยวกับความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้ โดยใช้การออกแบบ 6E ตามแนวคิด STEAM ร่วมกับปัญหาเป็นฐานเพื่อส่งเสริมสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ด้านการประเมินและการออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ปฏิกิริยาเคมี สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

2. โปรดพิจารณาแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้การออกแบบ 6E ตามแนวคิด STEAM ร่วมกับปัญหาเป็นฐานเพื่อส่งเสริมสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ด้านการประเมินและการออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ปฏิกิริยาเคมี สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 เพื่อตรวจสอบการใช้ภาษา ความเหมาะสม และความถูกต้องของเนื้อหาตามหลักวิชาการ และประเมินว่าแผนการจัดการเรียนรู้นี้มีความเหมาะสมในด้านต่าง ๆ ตามที่กำหนดหรือไม่ โดยให้ท่านทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่อง “ระดับความเหมาะสม” ที่ตรงกับความคิดเห็นของท่าน ซึ่งมีเกณฑ์การประเมิน 5 ระดับ ดังนี้

5 หมายถึง มีระดับความเหมาะสมมากที่สุด
4 หมายถึง มีระดับความเหมาะสมมาก
3 หมายถึง มีระดับความเหมาะสมปานกลาง
2 หมายถึง มีระดับความเหมาะสมน้อย
1 หมายถึง มีระดับความเหมาะสมน้อยที่สุด

ข้อ	รายการประเมิน	ระดับความเหมาะสม				
		5	4	3	2	1
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1						
1. ด้านสาระการเรียนรู้และตัวชี้วัด						
	1.1 สาระการเรียนรู้สอดคล้องตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง 2560)					
	1.2 ตัวชี้วัดมีความถูกต้องตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง 2560)					
2. ด้านจุดประสงค์การเรียนรู้						
	2.1 สอดคล้องกับสาระการเรียนรู้และตัวชี้วัด					
	2.2 ครอบคลุมด้านความรู้ ทักษะกระบวนการ และคุณลักษณะอันพึงประสงค์					
	2.3 ครอบคลุมสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ด้านการประเมินและออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์					
3. ด้านกิจกรรมการเรียนรู้						
	3.1 กิจกรรมสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้					
	3.2 กิจกรรมเหมาะสมกับระดับและธรรมชาติของนักเรียน					
	3.3 กิจกรรมสามารถนำไปใช้สอนได้จริง และเหมาะสมกับเวลา					
	3.4 กระบวนการจัดการเรียนรู้เหมาะสมกับเนื้อหา					
	3.5 การดำเนินกิจกรรมแต่ละขั้นตอนครอบคลุมสอดคล้องกับการจัดการเรียนรู้					
	3.5.1 ขั้นกำหนดปัญหาเพื่อสร้างความสนใจ ผู้สอนกระตุ้นความสนใจของนักเรียนโดยจัดสถานการณ์ต่าง ๆ เพื่อกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดความสนใจและมองเห็นปัญหาที่พบในการดำเนินชีวิตจริง					

ข้อ	รายการประเมิน	ระดับความเหมาะสม				
		5	4	3	2	1
	เพื่อนำไปออกแบบและสร้างสรรค์นวัตกรรมเพื่อแก้ไขปัญหา					
	3.5.2 ขั้นสำรวจตรวจสอบ เป็นขั้นที่ผู้เรียนต้องทำความเข้าใจปัญหา มีการใช้กระบวนการสืบเสาะเพื่อค้นหา หลักการ ความรู้ คุณลักษณะต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบและสร้างสรรค์ชิ้นงาน					
	3.5.3 ขั้นอธิบายและเข้าใจปัญหา เป็นขั้นการนำเสนอข้อค้นพบที่ได้จากการสืบเสาะในขั้นสำรวจ ผู้เรียนต้องทำความเข้าใจปัญหา โดยนำมาอภิปรายร่วมกันกับเพื่อนในชั้นเรียน เพื่อกำหนดกรอบแนวคิดที่ชัดเจนก่อนนำไปออกแบบและสร้างสรรค์ชิ้นงาน โดยต้องสามารถอธิบายสิ่งที่เกี่ยวข้องกับปัญหาได้					
	3.5.4 ขั้นดำเนินการออกแบบเชิงวิศวกรรม ครูให้นักเรียนนำสิ่งที่ได้เรียนรู้ในขั้นก่อนหน้ามาใช้ในการออกแบบและสร้างชิ้นงานโดยดำเนินการศึกษาค้นคว้าด้วยตนเองด้วยวิธีการที่หลากหลาย					
	3.5.5 ขั้นสังเคราะห์ความรู้ ปรับปรุงและลงข้อสรุป ครูให้นักเรียนทดสอบประสิทธิภาพของชิ้นงาน ให้นักเรียนแลกเปลี่ยนเรียนรู้ร่วมกันอภิปรายผล และสังเคราะห์ความรู้ที่ได้มาว่ามีความเหมาะสมและสอดคล้องกับสถานการณ์ปัญหา เพื่อบ่งชี้ ข้อผิดพลาด และนำไปพัฒนางานให้ดีขึ้นหรือออกแบบใหม่					
	3.5.6 ขั้นสรุปและประเมินผล ครูและนักเรียนประเมินความเหมาะสมของข้อมูลที่ศึกษาค้นคว้ามาและประเมินชิ้นงานที่ปรับปรุงใหม่เพื่อให้ทราบว่าผู้เรียนได้เรียนรู้อะไร และมากน้อยเพียงใด โดยครูประเมินผลการเรียนรู้ของผู้เรียนตามสภาพจริงผ่าน					

ข้อ	รายการประเมิน	ระดับความเหมาะสม				
		5	4	3	2	1
	การนำเสนอปากเปล่า การเขียน คำอธิบาย เพื่อสะท้อนถึงความเข้าใจเกี่ยวกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์					
	3.6 กิจกรรมการรู้เรียนส่งเสริมให้เกิดสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ด้านการประเมินและการออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์					
	3.7 กิจกรรมการเรียนรู้เปิดโอกาสให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติ					
4. ด้านสื่อและแหล่งเรียนรู้						
	4.1 สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้					
	4.2 สอดคล้องกับกิจกรรมการเรียนรู้					
	4.3 ช่วยให้ผู้เรียนเกิดสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ด้านการประเมินและการออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์					
5. การวัดผลและประเมินผลการเรียนรู้						
	5.1 การวัดผลและประเมินผลสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้					
	5.2 วิธีการวัดและเครื่องมือที่ใช้มีความครอบคลุมและเหมาะสมกับสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ด้านการประเมินและการออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์					
	5.3 มีเกณฑ์การวัดที่ชัดเจน					
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2						
1. ด้านสาระและตัวชี้วัด						
	1.1 สาระสอดคล้องตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง 2560)					

ข้อ	รายการประเมิน	ระดับความเหมาะสม				
		5	4	3	2	1
	1.2 ตัวชี้วัดมีความถูกต้องตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง 2560)					
2. ด้านจุดประสงค์การเรียนรู้						
	2.1 สอดคล้องกับสาระและตัวชี้วัด					
	2.2 ครอบคลุมด้านความรู้ ทักษะกระบวนการ และคุณลักษณะอันพึงประสงค์					
	2.3 ครอบคลุมสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ด้านการประเมินและออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์					
3. ด้านกิจกรรมการเรียนรู้						
	3.1 กิจกรรมสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้					
	3.2 กิจกรรมเหมาะสมกับระดับและธรรมชาติของนักเรียน					
	3.3 กิจกรรมสามารถนำไปใช้สอนได้จริง และเหมาะสมกับเวลา					
	3.4 กระบวนการจัดการเรียนรู้เหมาะสมกับเนื้อหา					
	3.5 การดำเนินกิจกรรมแต่ละขั้นตอนครอบคลุมสอดคล้องกับการจัดการเรียนรู้					
	3.5.1 ขั้นกำหนดปัญหาเพื่อสร้างความสนใจ ผู้สอนกระตุ้นความสนใจของนักเรียนโดยจัดสถานการณ์ต่าง ๆ เพื่อกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดความสนใจและมองเห็นปัญหาที่พบในการดำเนินชีวิตจริงเพื่อนำไปออกแบบและสร้างสรรค์นวัตกรรมเพื่อแก้ไขปัญหา					
	3.5.2 ขั้นสำรวจตรวจสอบ เป็นขั้นที่ผู้เรียนต้องทำความเข้าใจปัญหา มีการใช้กระบวนการสืบเสาะ					

ข้อ	รายการประเมิน	ระดับความเหมาะสม				
		5	4	3	2	1
	เพื่อค้นหา หลักการ ความรู้ คุณลักษณะต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบและสร้างสรรค์ชิ้นงาน					
	3.5.3 ขั้นอธิบายและเข้าใจปัญหา เป็นขั้นการนำเสนอข้อค้นพบที่ได้จากการสืบเสาะในขั้นสำรวจ ผู้เรียนต้องทำความเข้าใจปัญหา โดยนำมาอภิปรายร่วมกันกับเพื่อนในชั้นเรียน เพื่อกำหนดกรอบแนวคิดที่ชัดเจนก่อนนำไปออกแบบและสร้างสรรค์ชิ้นงาน โดยต้องสามารถอธิบายสิ่งที่เกี่ยวข้องกับปัญหาได้					
	3.5.4 ขั้นดำเนินการออกแบบเชิงวิศวกรรม ครูให้นักเรียนนำสิ่งที่ได้เรียนรู้ในขั้นก่อนหน้ามาใช้ในการออกแบบและสร้างชิ้นงาน โดยดำเนินการศึกษาค้นคว้าด้วยตนเองด้วยวิธีการที่หลากหลาย					
	3.5.5 ขั้นสังเคราะห์ความรู้ ปรับปรุงและลงข้อสรุป ครูให้นักเรียนทดสอบประสิทธิภาพของชิ้นงาน ให้นักเรียนแลกเปลี่ยนเรียนรู้ร่วมกัน อภิปรายผล และสังเคราะห์ความรู้ที่ได้มาว่ามีความเหมาะสมและสอดคล้องกับสถานการณ์ปัญหา เพื่อบ่งชี้ ข้อผิดพลาด และนำไปพัฒนางานให้ดีขึ้นหรือออกแบบใหม่					
	3.5.6 ขั้นสรุปและประเมินผล ครูและนักเรียนประเมินความเหมาะสมของข้อมูลที่ศึกษาค้นคว้ามาและประเมินชิ้นงานที่ปรับปรุงใหม่เพื่อให้ทราบว่าผู้เรียนได้เรียนรู้อะไร และมากน้อยเพียงใด โดยครูประเมินผลการเรียนรู้ของผู้เรียนตามสภาพจริงผ่านการนำเสนอปากเปล่า การเขียน คำอธิบาย เพื่อสะท้อนถึงความเข้าใจเกี่ยวกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์					

ข้อ	รายการประเมิน	ระดับความเหมาะสม				
		5	4	3	2	1
	3.6 กิจกรรมการรู้เรียนส่งเสริมให้เกิดสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ด้านการประเมินและการออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์					
	3.7 กิจกรรมการเรียนรู้เปิดโอกาสให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติ					
4. ด้านสื่อและแหล่งเรียนรู้						
	4.1 สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้					
	4.2 สอดคล้องกับกิจกรรมการเรียนรู้					
	4.3 ช่วยให้ผู้เรียนเกิดสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ด้านการประเมินและการออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์					
5. การวัดผลและประเมินผลการเรียนรู้						
	5.1 การวัดผลและประเมินผลสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้					
	5.2 วิธีการวัดและเครื่องมือที่ใช้มีความครอบคลุมและเหมาะสมกับสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ด้านการประเมินและการออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์					
	5.3 มีเกณฑ์การวัดที่ชัดเจน					
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3						
1. ด้านสาระและตัวชี้วัด						
	1.1 สาระสอดคล้องตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง 2560)					
	1.2 ตัวชี้วัดมีความถูกต้องตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง 2560)					

ข้อ	รายการประเมิน	ระดับความเหมาะสม				
		5	4	3	2	1
2. ด้านจุดประสงค์การเรียนรู้						
	2.1 สอดคล้องกับสาระและตัวชี้วัด					
	2.2 ครอบคลุมด้านความรู้ ทักษะกระบวนการ และคุณลักษณะอันพึงประสงค์					
	2.3 ครอบคลุมสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ด้านการประเมินและออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์					
3. ด้านกิจกรรมการเรียนรู้						
	3.1 กิจกรรมสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้					
	3.2 กิจกรรมเหมาะสมกับระดับและธรรมชาติของนักเรียน					
	3.3 กิจกรรมสามารถนำไปใช้สอนได้จริง และเหมาะสมกับเวลา					
	3.4 กระบวนการจัดการเรียนรู้เหมาะสมกับเนื้อหา					
	3.5 การดำเนินกิจกรรมแต่ละขั้นตอนครอบคลุมสอดคล้องกับการจัดการเรียนรู้					
	3.5.1 ขั้นกำหนดปัญหาเพื่อสร้างความสนใจ ผู้สอนกระตุ้นความสนใจของนักเรียนโดยจัดสถานการณ์ต่าง ๆ เพื่อกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดความสนใจและมองเห็นปัญหาที่พบในการดำเนินชีวิตจริง เพื่อนำไปออกแบบและสร้างสรรค์นวัตกรรมเพื่อแก้ไขปัญหา					
	3.5.2 ขั้นสำรวจตรวจสอบ เป็นขั้นที่ผู้เรียนต้องทำความเข้าใจปัญหา มีการใช้กระบวนการสืบเสาะเพื่อค้นหา หลักการ ความรู้ คุณลักษณะต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบและสร้างสรรค์ชิ้นงาน					
	3.5.3 ขั้นอธิบายและเข้าใจปัญหา เป็นขั้นการนำเสนอข้อค้นพบที่ได้จากการสืบเสาะในขั้นสำรวจ ผู้เรียนต้องทำความเข้าใจปัญหา โดยนำมาอภิปราย					

ข้อ	รายการประเมิน	ระดับความเหมาะสม				
		5	4	3	2	1
	ร่วมกันกับเพื่อนในชั้นเรียน เพื่อกำหนดกรอบแนวคิดที่ชัดเจนก่อนนำไปออกแบบและสร้างสรรค์ชิ้นงาน โดยต้องสามารถอธิบายสิ่งที่เกี่ยวข้องกับปัญหาได้					
	3.5.4 ขั้นดำเนินการออกแบบเชิงวิศวกรรม ครูให้นักเรียนนำสิ่งที่ได้เรียนรู้ในขั้นก่อนหน้ามาใช้ในการออกแบบและสร้างชิ้นงาน โดยดำเนินการศึกษาค้นคว้าด้วยตนเองด้วยวิธีการที่หลากหลาย					
	3.5.5 ขั้นสังเคราะห์ความรู้ ปรับปรุงและลงข้อสรุป ครูให้นักเรียนทดสอบประสิทธิภาพของชิ้นงาน ให้นักเรียนแลกเปลี่ยนเรียนรู้ร่วมกัน อภิปรายผล และสังเคราะห์ความรู้ที่ได้มาว่ามีความเหมาะสมและสอดคล้องกับสถานการณ์ปัญหา เพื่อบ่งชี้ ข้อผิดพลาด และนำไปพัฒนางานให้ดีขึ้นหรือออกแบบใหม่					
	3.5.6 ขั้นสรุปและประเมินผล ครูและนักเรียนประเมินความเหมาะสมของข้อมูลที่ศึกษาค้นคว้ามาและประเมินชิ้นงานที่ปรับปรุงใหม่เพื่อให้ทราบว่าผู้เรียนได้เรียนรู้อะไร และมากน้อยเพียงใด โดยครูประเมินผลการเรียนรู้ของผู้เรียนตามสภาพจริงผ่านการนำเสนอปากเปล่า การเขียน คำอธิบาย เพื่อสะท้อนถึงความเข้าใจเกี่ยวกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์					
	3.6 กิจกรรมการรู้เรียนส่งเสริมให้เกิดสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ด้านการประเมินและการออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์					
	3.7 กิจกรรมการเรียนรู้เปิดโอกาสให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติ					

ข้อ	รายการประเมิน	ระดับความเหมาะสม				
		5	4	3	2	1
4. ด้านสื่อและแหล่งเรียนรู้						
	4.1 สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้					
	4.2 สอดคล้องกับกิจกรรมการเรียนรู้					
	4.3 ช่วยให้ผู้เรียนเกิดสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ด้านการประเมินและการออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์					
5. การวัดผลและประเมินผลการเรียนรู้						
	5.1 การวัดผลและประเมินผลสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้					
	5.2 วิธีการวัดและเครื่องมือที่ใช้มีความครอบคลุมและเหมาะสมกับสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ด้านการประเมินและการออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์					
	5.3 มีเกณฑ์การวัดที่ชัดเจน					
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4						
1. ด้านสาระและตัวชี้วัด						
	1.1 สาระสอดคล้องตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง 2560)					
	1.2 ตัวชี้วัดมีความถูกต้องตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง 2560)					
2. ด้านจุดประสงค์การเรียนรู้						
	2.1 สอดคล้องกับสาระและตัวชี้วัด					
	2.2 ครอบคลุมด้านความรู้ ทักษะกระบวนการ และคุณลักษณะอันพึงประสงค์					

ข้อ	รายการประเมิน	ระดับความเหมาะสม				
		5	4	3	2	1
	2.3 ครอบคลุมสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ด้านการประเมินและการออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์					
3. ด้านกิจกรรมการเรียนรู้						
	3.1 กิจกรรมสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้					
	3.2 กิจกรรมเหมาะสมกับระดับและธรรมชาติของนักเรียน					
	3.3 กิจกรรมสามารถนำไปใช้สอนได้จริง และเหมาะสมกับเวลา					
	3.4 กระบวนการจัดการเรียนรู้เหมาะสมกับเนื้อหา					
	3.5 การดำเนินกิจกรรมแต่ละขั้นตอนครอบคลุมสอดคล้องกับการจัดการเรียนรู้					
	3.5.1 ขั้นกำหนดปัญหาเพื่อสร้างความสนใจ ผู้สอนกระตุ้นความสนใจของนักเรียนโดยจัดสถานการณ์ต่าง ๆ เพื่อกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดความสนใจและมองเห็นปัญหาที่พบในการดำเนินชีวิตจริง เพื่อนำไปออกแบบและสร้างสรรค์นวัตกรรมเพื่อแก้ไขปัญหา					
	3.5.2 ขั้นสำรวจตรวจสอบ เป็นขั้นที่ผู้เรียนต้องทำความเข้าใจปัญหา มีการใช้กระบวนการสืบเสาะเพื่อค้นหา หลักการ ความรู้ คุณลักษณะต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบและสร้างสรรค์ชิ้นงาน					
	3.5.3 ขั้นอธิบายและเข้าใจปัญหา เป็นขั้นการนำเสนอข้อค้นพบที่ได้จากการสืบเสาะในขั้นสำรวจ ผู้เรียนต้องทำความเข้าใจปัญหา โดยนำมาอภิปรายร่วมกันกับเพื่อนในชั้นเรียน เพื่อกำหนดกรอบแนวคิดที่ชัดเจนก่อนนำไปออกแบบและสร้างสรรค์ชิ้นงาน โดยต้องสามารถอธิบายสิ่งที่เกี่ยวข้องกับปัญหาได้					

ข้อ	รายการประเมิน	ระดับความเหมาะสม				
		5	4	3	2	1
	3.5.4 ขั้นดำเนินการออกแบบเชิงวิศวกรรม ครูให้นักเรียนนำสิ่งที่ได้เรียนรู้ในขั้นก่อนหน้ามาใช้ในการออกแบบและสร้างชิ้นงาน โดยดำเนินการศึกษาค้นคว้าด้วยตนเองด้วยวิธีการที่หลากหลาย					
	3.5.5 ขั้นสังเคราะห์ความรู้ ปรับปรุงและลงข้อสรุป ครูให้นักเรียนทดสอบประสิทธิภาพของชิ้นงาน ให้นักเรียนแลกเปลี่ยนเรียนรู้ร่วมกันอภิปรายผล และสังเคราะห์ความรู้ที่ได้มาว่ามีความเหมาะสมและสอดคล้องกับสถานการณ์ปัญหา เพื่อบ่งชี้ ข้อผิดพลาด และนำไปพัฒนางานให้ดีขึ้นหรือออกแบบใหม่					
	3.5.6 ขั้นสรุปและประเมินผล ครูและนักเรียนประเมินความเหมาะสมของข้อมูลที่ศึกษาค้นคว้ามาและประเมินชิ้นงานที่ปรับปรุงใหม่เพื่อให้ทราบว่าผู้เรียนได้เรียนรู้อะไร และมากน้อยเพียงใด โดยครูประเมินผลการเรียนรู้ของผู้เรียนตามสภาพจริงผ่านการนำเสนอปากเปล่า การเขียน คำอธิบาย เพื่อสะท้อนถึงความเข้าใจเกี่ยวกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์					
	3.6 กิจกรรมการรู้เรียนส่งเสริมให้เกิดสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ด้านการประเมินและการออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์					
	3.7 กิจกรรมการเรียนรู้เปิดโอกาสให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติ					
4. ด้านสื่อและแหล่งเรียนรู้						
	4.1 สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้					
	4.2 สอดคล้องกับกิจกรรมการเรียนรู้					

ข้อ	รายการประเมิน	ระดับความเหมาะสม				
		5	4	3	2	1
	4.3 ช่วยให้ผู้เรียนเกิดสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ด้านการประเมินและการออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์					
5. การวัดผลและประเมินผลการเรียนรู้						
	5.1 การวัดผลและประเมินผลสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้					
	5.2 วิธีการวัดและเครื่องมือที่ใช้มีความครอบคลุมและเหมาะสมกับสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ด้านการประเมินและการออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์					
	5.3 มีเกณฑ์การวัดที่ชัดเจน					

ข้อคิดเห็น/ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ลงชื่อ ..... ผู้ประเมิน

(.....)

ตำแหน่ง .....

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

แบบประเมินคุณภาพของเกณฑ์การให้คะแนนสมรรถนะการประเมินและออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ปฏิกิริยาเคมีสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 (สำหรับผู้เชี่ยวชาญ)

คำชี้แจง

โปรดพิจารณาเกณฑ์การให้คะแนนสมรรถนะการประเมินและออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ปฏิกิริยาเคมี สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ว่ามีความเหมาะสมตามรายการประเมินด้านต่าง ๆ มากน้อยเพียงใด โดยให้ท่านทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่อง “ระดับความคิดเห็น” ที่ตรงกับความคิดเห็นของท่าน ซึ่งมีเกณฑ์การประเมิน 5 ระดับ ดังนี้

5 หมายถึง รายการประเมินมีระดับความเหมาะสมมากที่สุด

4 หมายถึง รายการประเมินมีระดับความเหมาะสมมาก

3 หมายถึง รายการประเมินมีระดับความเหมาะสมปานกลาง

2 หมายถึง รายการประเมินมีระดับความเหมาะสมน้อย

1 หมายถึง รายการประเมินมีระดับความเหมาะสมน้อยที่สุด

รายการประเมิน	**ระดับความคิดเห็น**				
	5	4	3	2	1
1. ประเด็นการประเมินมีความสอดคล้องกับการประเมินสมรรถนะการประเมินและออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ปฏิกิริยาเคมี					
2. ประเด็นการประเมินของทักษะย่อยมีความเหมาะสมกับประเด็นการประเมิน					
3. ประเด็นการประเมินของสมรรถนะย่อยไม่ซ้ำซ้อนกัน					
4. คำอธิบายของระดับคะแนนมีความสอดคล้องกับประเด็นการประเมิน					
5. คำอธิบายของระดับคะแนนแต่ละระดับไล่เรียงไปตามลำดับจากสูงไปต่ำ					
6. คำอธิบายของระดับคะแนนสื่อความหมายได้อย่างชัดเจน					

ข้อคิดเห็น/ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม

.....

.....

ลงชื่อ ..... ผู้ประเมิน

(.....)

ตำแหน่ง .....

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

แบบประเมินความสอดคล้องของแบบทดสอบวัดสมรรถนะด้านการประเมินและออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์

คำชี้แจง : โปรดพิจารณาว่าข้อคำถามที่ใช้วัดวัดสมรรถนะด้านการประเมินและออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์เรื่องปฏิกิริยาเคมี ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 มีความสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้หรือไม่ โดยเขียนเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญตามความคิดเห็นของท่าน ดังนี้

+1 เมื่อแน่ใจว่าข้อคำถามมีความสอดคล้องกับสมรรถนะด้านการประเมินและออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์

0 เมื่อไม่แน่ใจว่าข้อคำถามมีความสอดคล้องกับสมรรถนะด้านการประเมินและออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์

-1 เมื่อแน่ใจว่าข้อคำถามไม่มีความสอดคล้องกับสมรรถนะด้านการประเมินและออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์

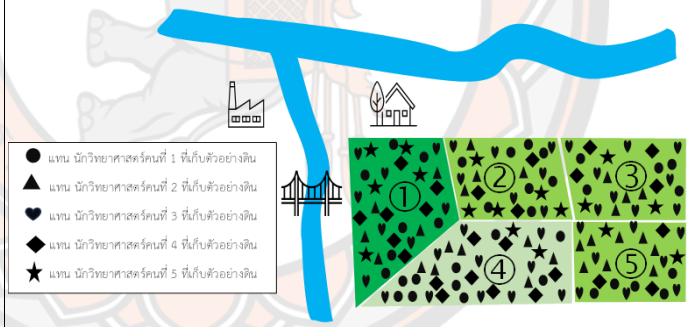
สถานการณ์	สมรรถนะการประเมินและออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์	ข้อคำถาม	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ			ข้อเสนอแนะ
			+1	0	-1	
ปฏิกิริยาเคมี						
การตรวจสอบความเป็นกรด - เบส ด้วยน้ำกะหล่ำปลีม่วง	2. แยกแยะได้ว่าประเด็นปัญหาหรือคำถามใดสามารถตรวจสอบได้ด้วยวิธีการทางวิทยาศาสตร์	1. หากนำน้ำส้มสายชูใส่ไปในน้ำกะหล่ำปลีม่วง ทำให้น้ำกะหล่ำปลีม่วงเปลี่ยนจากสีม่วงเป็นสีชมพูอมแดง การทดลองใดที่ควรนำมาใช้ทดสอบเพื่อเปรียบเทียบว่าส้มสายชูมีผลทำให้น้ำกะหล่ำปลีม่วงเกิดการเปลี่ยนสี การทดลองที่ 1 น้ำเปล่า 100 มิลลิลิตร ที่ไม่ผสมน้ำส้มสายชู การทดลองที่ 2 น้ำกะหล่ำปลีม่วง 100 มิลลิลิตร ที่ไม่ผสมน้ำส้มสายชู				

สถานการณ์	สมรรถนะการประเมินและออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์	ข้อคำถาม	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ			ข้อเสนอแนะ
			+1	0	-1	
		การทดลองที่ 3 น้ำเปล่า 100 มิลลิลิตรผสมกับน้ำส้มสายชู 5 มิลลิลิตร การทดลองที่ 4 น้ำกะหล่ำปลีม่วง 100 มิลลิลิตรผสมกับน้ำส้มสายชู 5 มิลลิลิตร นักเรียนควรเลือกการทดลองใดเพื่อเปรียบเทียบความเป็นกรดที่จะส่งผลทำให้น้ำกะหล่ำปลีม่วงเปลี่ยนสีไปได้ .... **<u>เฉลย</u>** **คะแนนเต็ม (2 คะแนน)** นักเรียนควรเลือกเปรียบเทียบการทดลองที่ 2 และ 4				

สถานการณ์	สมรรถนะการประเมินและออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์	ข้อคำถาม	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ			ข้อเสนอแนะ
			+1	0	-1	
		คะแนนบางส่วน (1 คะแนน) นักเรียนเลือกการทดลองที่ 2 หรือ นักเรียนเลือกการทดลองที่ 4 **ไม่ได้คะแนน (0 คะแนน)** คำตอบกล่าวถึงวิธีการอื่น หรือไม่ได้ตอบคำถาม				
	3. เสนอวิธีการตรวจสอบปัญหาทางวิทยาศาสตร์ที่กำหนดให้	2. จากการทำการทดลองเกี่ยวกับการศึกษาคุณสมบัติของอินดิเคเตอร์ธรรมชาติจากน้ำกะหล่ำปลีม่วง โดยการศึกษาว่าการใส่น้ำส้มสายชูลงไปในน้ำกะหล่ำปลีม่วงจะสามารถทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของสีได้หรือไม่ จงระบุตัวแปรต่าง ๆ ต่อไปนี้ จากข้อมูลในบทสนทนาข้างต้น นักเรียนจะสื่อสารว่าอย่างไรจึงจะเหมาะสมที่สุด 1. ตัวแปรต้น				

สถานการณ์	สมรรถนะการประเมินและออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์	ข้อคำถาม	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ			ข้อเสนอแนะ
			+1	0	-1	
		2. ตัวแปรตาม .... 3. ตัวแปรควบคุม ..... **<u>เฉลย</u>** **คะแนนเต็ม (3 คะแนน)** คำตอบที่กล่าวถึงตัวแปรต้น ตัวแปรตาม และตัวแปรควบคุม อธิบายได้ครบถ้วน ดังนี้ 1. ตัวแปรต้น คือ น้ำสกัดจากกะหล่ำปลีม่วง 2. ตัวแปรตาม คือ ความสามารถในการเป็นอินดิเคเตอร์ธรรมชาติสำหรับการทดสอบกรด-เบส 3. ตัวแปรควบคุม คือ ปริมาณน้ำกะหล่ำปลีม่วง				

สถานการณ์	สมรรถนะการประเมินและออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์	ข้อคำถาม	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ			ข้อเสนอแนะ
			+1	0	-1	
		ปริมาณของน้ำส้มสายชู ขนาดของอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง เช่น ขนาดของหลอดทดลอง ขนาดของบีกเกอร์ หยอดหยดสาร เป็นต้น **คะแนนบางส่วน (2 คะแนน)** คำตอบที่กล่าวถึงตัวแปรต้น ตัวแปรตาม และตัวแปรควบคุม อธิบายได้ไม่ครบถ้วน **ไม่ได้คะแนน (0 คะแนน)** คำตอบกล่าวถึงวิธีการอื่น หรือไม่ได้ตอบคำถาม				

สถานการณ์	สมรรถนะการประเมินและออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์	ข้อคำถาม	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ			ข้อเสนอแนะ
			+1	0	-1	
การตรวจสอบความเป็นกรด - เบสของดิน	5. อธิบายและประเมินวิธีการที่นักวิทยาศาสตร์ใช้เพื่อให้แน่ใจถึงความน่าเชื่อถือของข้อมูลและความเป็นกลางของคำอธิบายได้	3. การตรวจสอบความเป็นกรด - เบส ของดิน ภัทรเดชได้ติดต่อให้บริษัท เคมิคอล จำกัด มาทำการตรวจสอบคุณภาพดินของแปลงนาทั้ง 5 แปลง โดยบริษัทส่งนักวิทยาศาสตร์มาเก็บตัวอย่างดินจำนวน 5 คน ซึ่งนักวิทยาศาสตร์กำหนดจุดเก็บตัวอย่างดิน ดังรูป  ในการเก็บตัวอย่างดินจากแปลงนาทั้ง 5 แปลง สำหรับนำมาใช้ในการตรวจสอบค่าความเป็นกรด-เบส นักเรียนคิดว่าผลการตรวจสอบของนักวิทยาศาสตร์คนใดที่น่าเชื่อถือและเหมาะสมที่สุด เพราะเหตุใด				

สถานการณ์	สมรรถนะการประเมินและออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์	ข้อคำถาม	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ			ข้อเสนอแนะ
			+1	0	-1	
		.... **<u>เฉลย</u>** **คะแนนเต็ม (2 คะแนน)** คำตอบกล่าวถึงนักวิทยาศาสตร์คนที่ 3 มีวิธีการเก็บที่น่าเชื่อถือที่สุด พร้อมทั้งอธิบายถึงการเก็บตัวอย่างดินทั้ง 5 แปลงที่เป็นตัวแทนของดินทั้งแปลงไร่นา เช่น เพราะ มีวิธีการเก็บดินโดยกระจายสถานที่เก็บตัวอย่างอย่างน้อย 3 จุด ให้ทั่วทั้งบริเวณแปลงไร่นาที่ 1 ถึง 5 **คะแนนบางส่วน (1 คะแนน)** คำตอบกล่าวถึงนักวิทยาศาสตร์คนที่ 3 แต่ไม่ได้อธิบายเหตุผล หรือเลือกอธิบายเหตุผล **ไม่ได้คะแนน (0 คะแนน)** คำตอบกล่าวถึงวิธีการอื่น หรือไม่ได้ตอบคำถาม				

สถานการณ์	สมรรถนะการประเมินและออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์	ข้อคำถาม	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ			ข้อเสนอแนะ
			+1	0	-1	
	4. ประเมินวิธีสำรวจตรวจสอบปัญหาทางวิทยาศาสตร์ที่กำหนดให้ได้	4. ภัทรเดชได้รับผลกระทบจากแหล่งน้ำที่สูบมาใช้ในแปลงนาส่งผลต่อการเสื่อมโทรมของดินในแปลงนา และเมื่อรับการตรวจสอบจากบริษัทพบว่า แปลงนาที่ 1 ถึง 5 ของภัทรเดช มีปัญหาดินเป็นกรด ภัทรเดชจึงไปขอคำแนะนำจากนักวิทยาศาสตร์ของบริษัทว่าควรปรับปรุงสภาพดินอย่างไรให้คุณภาพดีขึ้น หากนักเรียนเป็นนักวิทยาศาสตร์ของบริษัท นักเรียนจะออกแบบโดยใช้วิธีการในการปรับปรุงคุณภาพดินพร้อมอธิบายเหตุผลประกอบ .... **<u>เฉลย</u>** **คะแนนเต็ม (2 คะแนน)** คำตอบกล่าวถึงการออกแบบการปรับปรุงคุณภาพของดิน โดยมีวิธีการ ดังนี้ 1) การใช้น้ำล้างความเป็นกรด โดยปล่อยน้ำลงไป				

สถานการณ์	สมรรถนะการประเมินและออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์	ข้อคำถาม	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ			ข้อเสนอแนะ
			+1	0	-1	
		แปลงนาแล้วปล่อยให้ท่วมแปลงนาประมาณ 1-2 สัปดาห์ แล้วระบายน้ำออกทำซ้ำประมาณ 3 ครั้ง 2) ใช้วัสดุปูน เช่น ปูนขาว ปูนโดโลไมท์ ยิปซัม หรือฟอสโฟยิปซัม นำมาคลุกเคล้าหน้าดิน โดยใช้ปริมาณ 1-4 ตัน/ไร่ หรือขึ้นอยู่กับความเป็นกรดของดิน เพื่อปรับปรุงคุณภาพดินให้มีค่า pH เพิ่มขึ้น **คะแนนบางส่วน (1 คะแนน)** คำตอบกล่าวถึงการออกแบบการปรับปรุงคุณภาพของดิน โดยกล่าวถึงวิธีการต่างๆ แต่ไม่อธิบายระบุเหตุผลประกอบ **ไม่ได้คะแนน (0 คะแนน)** คำตอบกล่าวถึงวิธีการปรับปรุงคุณภาพดินอย่างอื่น หรือไม่ได้ตอบคำถาม				

สถานการณ์	สมรรถนะการประเมินและออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์	ข้อคำถาม	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ			ข้อเสนอแนะ
			+1	0	-1	
ผลิตภัณฑ์เร่งผิวขาว	2. แยกแยะได้ว่าประเด็นปัญหาหรือคำถามใดสามารถตรวจสอบ ได้ด้วยวิธีการทางวิทยาศาสตร์	5. จากสถานการณ์ข้างต้น อันตรายที่เกิดจากการใช้ผลิตภัณฑ์เร่งผิวขาวหรือที่เรียกว่า “โดสเร่งขาว” หากนักเรียนต้องการตรวจสอบค่า pH ในผลิตภัณฑ์เร่งผิวขาว นักเรียนจะมีวิธีการตรวจสอบค่า pH อย่างไร .... **<u>เฉลย</u>** **คะแนนเต็ม (2 คะแนน)** คำตอบกล่าวถึงวิธีการตรวจสอบค่า pH โดยมีขั้นตอนที่ชัดเจน ที่ระบุถึงชนิดของสารเคมีและวัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการตรวจสอบ พร้อมทั้งระบุเกณฑ์ที่ใช้ในการระบุค่า pH จากการตรวจสอบ				

สถานการณ์	สมรรถนะการประเมินและออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์	ข้อคำถาม	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ			ข้อเสนอแนะ
			+1	0	-1	
		คะแนนบางส่วน (1 คะแนน) คำตอบกล่าวถึงวิธีการตรวจสอบค่า pH โดยมีขั้นตอนที่ชัดเจน แต่ไม่ได้ที่ระบุถึงชนิดของสารเคมีและวัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการตรวจสอบ เกณฑ์ที่ใช้ในการระบุค่า pH จากการตรวจสอบ **ไม่ได้คะแนน (0 คะแนน)** คำตอบกล่าวถึงตรวจสอบค่า pH โดยมีขั้นตอนที่ไม่ชัดเจนคลุมเครือไม่เป็นขั้นตอนหรือไม่ได้ตอบคำถาม				

สถานการณ์	สมรรถนะการประเมินและออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์	ข้อคำถาม	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ			ข้อเสนอแนะ
			+1	0	-1	
ถังเก็บกรดซัลฟิวริกแตกเนื่องจากการกัดกร่อน	1. สามารถระบุปัญหาที่ต้องการสำรวจในการศึกษาทางวิทยาศาสตร์	6. จากสถานการณ์ถังเก็บกรดซัลฟิวริกแตก เกิดปฏิกิริยาเคมีเกิดขึ้นทำให้เกิดแก๊สไฮโดรเจนเป็นสารผลิตภัณฑ์ นักเรียนจะตั้งสมมติฐานถึงการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นนี้ได้อย่างไร .... **เฉลย** **คะแนนเต็ม (2 คะแนน)** คำตอบที่กล่าวถึงสมมติฐาน อธิบายได้ครบถ้วน คือ สารละลายที่มีคุณสมบัติเป็นกรดสามารถทำให้ภาชนะที่ทำมาจากโลหะเกิดการกัดกร่อนได้ **คะแนนบางส่วน (1 คะแนน)** คำตอบที่กล่าวถึงสมติฐาน อธิบายได้ไม่ครบถ้วน คือ สารละลายต่าง ๆ ที่ไม่ได้ระบุคุณสมบัติของสารละลาย ทำให้เกิดการกัดกร่อนได้ของโลหะได้				

สถานการณ์	สมรรถนะการประเมินและออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์	ข้อคำถาม	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ			ข้อเสนอแนะ
			+1	0	-1	
		ไม่ได้คะแนน (0 คะแนน) คำตอบกล่าวถึงวิธีการอื่น หรือไม่ได้ตอบคำถาม				
ถังเก็บกรดซัลฟิวริกแตกเนื่องจากการกัดกร่อน	5. อธิบายและประเมินวิธีการที่นักวิทยาศาสตร์ใช้เพื่อให้แน่ใจถึงความน่าเชื่อถือของข้อมูลและความเป็นกลางของคำอธิบาย	7. จากสถานการณ์ถังเก็บกรดซัลฟิวริกแตก หากสารละลายกรดไฮโดรคลอริก และโลหะ ดังนี้ สังกะสี อลูมิเนียม และตะปูเหล็ก นักเรียนจะสามารถออกแบบตารางบันทึกผลการทดลองที่เกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นนี้ได้อย่างไร				

<table>
<tr><th rowspan="2">สถานการณ์</th><th rowspan="2">สมรรถนะการประเมินและออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์</th><th rowspan="2">ข้อคำถาม</th><th colspan="3">ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ</th><th rowspan="2">ข้อเสนอแนะ</th></tr>
<tr><th>+1</th><th>0</th><th>-1</th></tr>
<tr><td></td><td></td><td><u>เฉลย</u>
คะแนนเต็ม (2 คะแนน)
คำตอบที่กล่าวถึงการออกแบบตารางบันทึกผลการทดลอง มีรายละเอียดได้ครบถ้วน ดังนี้
<table>
<tr><th>หลอดที่</th><th>โลหะ</th><th>ผลที่สังเกตได้</th></tr>
<tr><td>1</td><td>สังกะสี</td><td></td></tr>
<tr><td>2</td><td>อลูมิเนียม</td><td></td></tr>
<tr><td>3</td><td>ตะปูเหล็ก</td><td></td></tr>
</table></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
</table>

<table>
<tr><th rowspan="2">สถานการณ์</th><th rowspan="2">สมรรถนะการประเมินและออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์</th><th rowspan="2">ข้อคำถาม</th><th colspan="3">ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ</th><th rowspan="2">ข้อเสนอแนะ</th></tr>
<tr><th>+1</th><th>0</th><th>-1</th></tr>
<tr><td></td><td></td><td>

คะแนนบางส่วน (1 คะแนน)

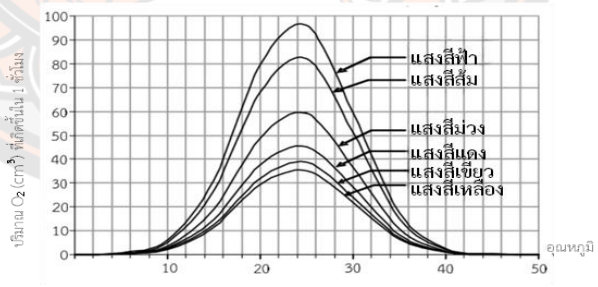
คำตอบที่กล่าวถึงการออกแบบตารางบันทึกผลการทดลอง มีรายละเอียดไม่ได้ครบถ้วน เช่น

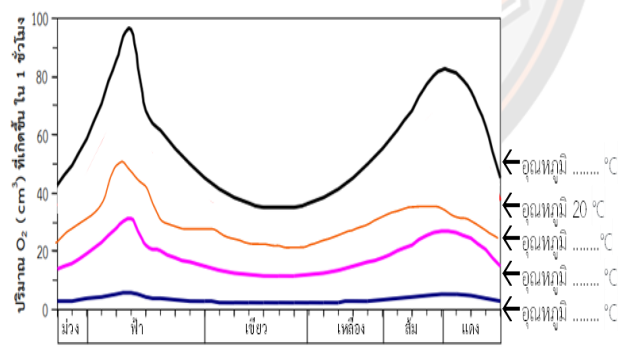
<table>
<tr><th>หลอดที่</th><th>โลหะ</th></tr>
<tr><td>1</td><td>สังกะสี</td></tr>
<tr><td>2</td><td>อลูมิเนียม</td></tr>
<tr><td>3</td><td>ตะปูเหล็ก</td></tr>
</table>

ไม่ได้คะแนน (0 คะแนน)

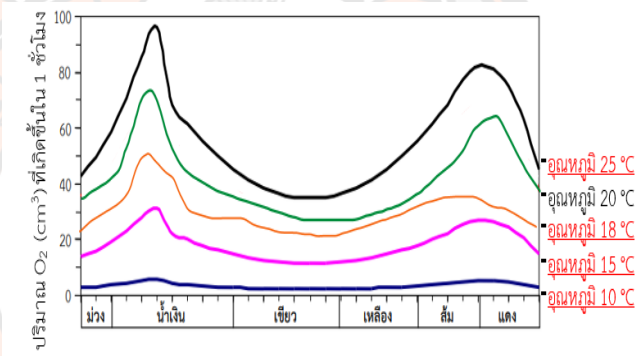
คำตอบกล่าวถึงการออกแบบตารางบันทึกผลการทดลอง หรือไม่ได้ตอบคำถาม

</td><td></td><td></td><td></td></tr>
</table>

สถานการณ์	สมรรถนะการประเมินและออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์	ข้อคำถาม	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ			ข้อเสนอแนะ
			+1	0	-1	
การสังเคราะห์ด้วยแสงของพืช	5. ประเมินวิธีสำรวจตรวจสอบปัญหาทางวิทยาศาสตร์ที่กำหนดให้ได้	8. จากสถานการณ์ที่กำหนดให้นั้น “แสง” ถือเป็นปัจจัยที่สำคัญมากในการสร้างอาหารของพืช นักวิจัยจึงได้ทำการทดลองปลูกพืชชนิดหนึ่งไว้โดยให้พืชที่ปลูกนั้นรับแสงสีจากหลอดไฟที่มีแสงสีแตกต่างกัน เช่น สีฟ้า สีม่วง สีแดง สีส้ม สีเขียว และสีเหลือง เป็นต้น ในการทดลองการปลูกพืชครั้งนี้จะทำการจดบันทึกค่าปริมาณออกซิเจนที่เกิดขึ้นจากการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืชชนิดนี้ที่ได้รับแสงสีต่าง ๆ ในช่วงอุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส ถึง 50 องศาเซลเซียส ได้ดังกราฟ 				

สถานการณ์	สมรรถนะการประเมินและออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์	ข้อคำถาม	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ			ข้อเสนอแนะ
			+1	0	-1	
		เมื่อนักวิจัยทำการควบคุมอุณหภูมิของสิ่งแวดล้อมให้เป็น 10, 15, 20 และ 25 องศาเซลเซียส พบว่า ปริมาณของออกซิเจนที่เกิดขึ้นจากการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืชที่ได้รับแสงสีต่างๆ ให้นักเรียนเขียนเส้นกราฟแสดงปริมาณออกซิเจนที่เกิดขึ้นจากการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืชที่ได้รับแสงสีต่าง ๆ เมื่ออุณหภูมิของสิ่งแวดล้อมเท่ากับ 20 องศาเซลเซียส ลงในกราฟด้านล่างนี้  				

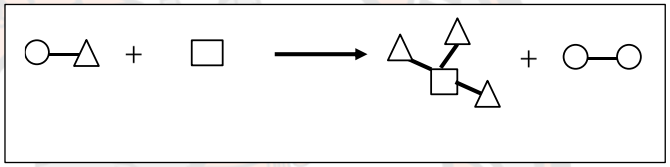
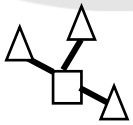
<table>
<tr><th rowspan="2">สถานการณ์</th><th rowspan="2">สมรรถนะการประเมินและออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์</th><th rowspan="2">ข้อคำถาม</th><th colspan="3">ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ</th><th rowspan="2">ข้อเสนอแนะ</th></tr>
<tr><th>+1</th><th>0</th><th>-1</th></tr>
<tr><td></td><td></td><td><u>เฉลย</u>
คะแนนเต็ม (2 คะแนน)
คำตอบที่กล่าวถึงการเขียนเส้นกราฟ และระบุอุณหภูมิของเส้นกราฟ มีรายละเอียดได้ครบถ้วน ดังนี้
<table>
<tr><th>รายการประเมิน</th><th>คะแนน</th></tr>
<tr><td>เขียนเส้นกราฟให้อยู่ระหว่างเส้นกราฟที่อุณหภูมิ 18 °C และ 25 °C โดยไม่มีส่วนใดซ้อนทับกับเส้นกราฟที่อุณหภูมิอื่น</td><td>1</td></tr>
<tr><td>ระบุอุณหภูมิอุณหภูมิของเส้นกราฟให้เป็น 10, 15, 18 และ 25 องศาเซลเซียส ถูกต้องครบถ้วนทุกข้อ</td><td>1</td></tr>
</table></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
</table>

สถานการณ์	สมรรถนะการประเมินและออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์	ข้อคำถาม	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ			ข้อเสนอแนะ
			+1	0	-1	
		 **คะแนนบางส่วน (1 คะแนน)** คำตอบที่กล่าวถึงการเขียนเส้นกราฟอยู่ระหว่างเส้นกราฟที่อุณหภูมิ 18 °C และ 25 °C และระบุอุณหอุณหภูมิของเส้นกราฟได้แต่ไม่ถูกต้องครบถ้วนทุกข้อ หรือคำตอบที่กล่าวถึงการเขียนเส้นกราฟไม่อยู่ระหว่างเส้นกราฟที่อุณหภูมิ 18 °C และ 25 °C หรือเขียนเส้นกราฟซ้อนทับกับเส้นกราฟที่อุณหภูมิอื่น แต่ระบุอุณหอุณหภูมิของเส้นกราฟได้ถูกต้องครบถ้วนทุกข้อ				

สถานการณ์	สมรรถนะการประเมินและออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์	ข้อคำถาม	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ			ข้อเสนอแนะ
			+1	0	-1	
		ไม่ได้คะแนน (0 คะแนน) คำตอบที่กล่าวถึงการเขียนเส้นกราฟไม่อยู่ระหว่างเส้นกราฟที่อุณหภูมิ 18 °C และ 25 °C หรือเขียนเส้นกราฟซ้อนทับกับเส้นกราฟที่อุณหภูมิอื่น และระบุอุณหอุณหภูมิของเส้นกราฟได้ไม่ถูกต้อง				
การสังเคราะห์ด้วยแสงของพืช	3. เสนอวิธีการสำรวจจากประเด็นปัญหาทางวิทยาศาสตร์ที่กำหนดให้	9. จากสถานการณ์การสังเคราะห์ด้วยแสงของพืช จงระบุตัวแปรต่าง ๆ ต่อไปนี้ 1. ตัวแปรต้น ..... 2. ตัวแปรตาม .... 3. ตัวแปรควบคุม				

สถานการณ์	สมรรถนะการประเมินและออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์	ข้อคำถาม	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ			ข้อเสนอแนะ
			+1	0	-1	
		<u>เฉลย</u> **คะแนนเต็ม (3 คะแนน)** คำตอบที่กล่าวถึงตัวแปรต้น ตัวแปรตาม และตัวแปรควบคุม อธิบายได้ครบถ้วน ดังนี้ 1. ตัวแปรต้น คือ ชนิดของแสงสี 2. ตัวแปรตาม คือ ปริมาณของแก๊สออกซิเจน หรือ ปริมาณของออกซิเจนที่เกิดขึ้นจากการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืชที่ได้รับแสงสีต่างๆ 3. ตัวแปรควบคุม คือ อุณหภูมิขณะทดลอง **คะแนนบางส่วน (2 คะแนน)** คำตอบที่กล่าวถึงตัวแปรต้น ตัวแปรตาม และตัวแปรควบคุม อธิบายได้ไม่ครบถ้วน **ไม่ได้คะแนน (0 คะแนน)** คำตอบกล่าวถึงวิธีการอื่น หรือไม่ได้ตอบคำถาม				

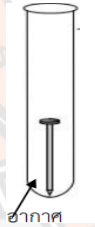
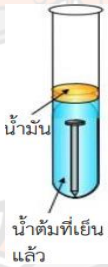
สถานการณ์	สมรรถนะการประเมินและออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์	ข้อคำถาม	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ			ข้อเสนอแนะ
			+1	0	-1	
ภัยเงียบจากภาชนะอะลูมิเนียม	5. อธิบายและประเมินวิธีการที่นักวิทยาศาสตร์ใช้เพื่อให้แน่ใจถึงความน่าเชื่อถือของข้อมูลและความเป็นกลางของคำอธิบาย	10. จากสถานการณ์ภัยเงียบจากภาชนะอะลูมิเนียม จงวาดรูปออกแบบโมเลกุลของกลไกการเกิดสารที่มีฤทธิ์เป็นกรด เช่น กรดไฮโดรคลอริก (HCl) กับอะลูมิเนียม (Al) สมการเคมีการเกิดปฏิกิริยา มีดังนี้ $HCl\,(aq) + Al\,(s) \longrightarrow AlCl_3\,(aq) + H_2\,(g)$ กำหนดให้ ○ แทน อะตอมของ H △ แทน อะตอมของ Cl □ แทน อะตอมของ Al				

สถานการณ์	สมรรถนะการประเมินและออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์	ข้อคำถาม	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ			ข้อเสนอแนะ
			+1	0	-1	
		<u>เฉลย</u>  **คะแนนเต็ม (4 คะแนน)** คำตอบที่กล่าวถึงการวาดรูปโมเลกุลของแต่ละโมเลกุล ได้ถูกต้องครบถ้วนครบถ้วน โดยให้โมเลกุลละ 1 คะแนน แทน โมเลกุลของ HCl แทน โมเลกุลของ Al  แทน โมเลกุลของ $AlCl_3$				

สถานการณ์	สมรรถนะการประเมินและออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์	ข้อคำถาม	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ			ข้อเสนอแนะ
			+1	0	-1	
		แทน โมเลกุลของ H_2 **คะแนนบางส่วน (2 คะแนน)** ตอบที่กล่าวถึงการวาดรูปโมเลกุลของแต่ละโมเลกุลได้ไม่ถูกต้องครบถ้วนครบถ้วน วาดได้ถูก 2 โมเลกุล **คะแนนบางส่วน (1 คะแนน)** ตอบที่กล่าวถึงการวาดรูปโมเลกุลของแต่ละโมเลกุลได้ไม่ถูกต้องครบถ้วนครบถ้วน วาดได้ถูก 1 โมเลกุล **ไม่ได้คะแนน (0 คะแนน)** ตอบที่กล่าวถึงการวาดรูปโมเลกุลของแต่ละโมเลกุลได้ไม่ถูกต้อง				
ภัยเงียบจากภาชนะอะลูมิเนียม	2. แยกแยะได้ว่าประเด็นปัญหาหรือคำถามใดสามารถตรวจสอบได้ด้วยวิธีการทางวิทยาศาสตร์	11. จากสถานการณ์ภัยเงียบจากภาชนะอะลูมิเนียม แก๊สที่เกิดขึ้นจากปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นจากคำถามข้อที่ 10 คือแก๊สใด และหากปฏิบัติการทดลองสามารถสังเกตเห็นได้จากสิ่งใดที่เป็นการบ่งบอกว่าเกิดปฏิกิริยาเคมี				

สถานการณ์	สมรรถนะการประเมินและออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์	ข้อคำถาม	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ			ข้อเสนอแนะ
			+1	0	-1	
		<u>เฉลย</u> **คะแนนเต็ม (2 คะแนน)** คำตอบที่อธิบายได้ครบถ้วน ดังนี้ แก๊สที่เกิดขึ้น คือ แก๊สไฮโดรเจน สามารถสังเกตเห็นได้จากการเกิดฟองแก๊สเล็ก ๆ เกิดขึ้นในสารละลาย **คะแนนบางส่วน (1 คะแนน)** คำตอบที่อธิบายได้ไม่ครบถ้วน ดังนี้ แก๊สที่เกิดขึ้น คือ แก๊สไฮโดรเจน หรืออธิบายคำตอบว่าสังเกตเห็นได้จากการเกิดฟองแก๊สเล็ก ๆ เกิดขึ้นในสารละลาย **ไม่ได้คะแนน (0 คะแนน)** คำตอบกล่าวถึงคำตอบอื่น หรือไม่ได้ตอบคำถาม				

<table>
<tr><th rowspan="2">สถานการณ์</th><th rowspan="2">สมรรถนะการประเมินและออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์</th><th rowspan="2">ข้อคำถาม</th><th colspan="3">ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ</th><th rowspan="2">ข้อเสนอแนะ</th></tr>
<tr><th>+1</th><th>0</th><th>-1</th></tr>
<tr><td>น้ำเป็นสนิมส่งผลเสียต่อสุขภาพ</td><td>5. อธิบายและประเมินวิธีการที่นักวิทยาศาสตร์ใช้เพื่อให้แน่ใจถึงความน่าเชื่อถือของข้อมูลและความเป็นกลางของคำอธิบาย</td><td>12. จากสถานการณ์ที่น้ำเป็นสนิมส่งผลเสียต่อสุขภาพให้นักเรียนวาดภาพออกแบบการทดลอง ตามสถานการณ์ ดังนี้
ภาพการทดลอง A ตะปูกับอากาศ
ภาพการทดลอง B ตะปูที่ใส่ในน้ำต้มที่ไล่อากาศออกไปจนหมดและใส่น้ำมันพืชลงไปบนผิวน้ำ
ภาพการทดลอง C ตะปูที่ใส่สารดูดความชื้นเป็นระบบปิด
<table><tr><td colspan="3">การทดลอง</td></tr><tr><td>A</td><td>B</td><td>C</td></tr><tr><td></td><td></td><td></td></tr></table></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
</table>

<table>
<tr><th rowspan="2">สถานการณ์</th><th rowspan="2">สมรรถนะการประเมินและออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์</th><th rowspan="2">ข้อคำถาม</th><th colspan="3">ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ</th><th rowspan="2">ข้อเสนอแนะ</th></tr>
<tr><th>+1</th><th>0</th><th>-1</th></tr>
<tr><td></td><td></td><td>
<u>เฉลย</u>
คะแนนเต็ม (3 คะแนน)
คำตอบที่วาดภาพออกแบบการทดลองได้ครบถ้วน ดังนี้
<table>
<tr><th colspan="3">การทดลอง</th></tr>
<tr><th>A</th><th>B</th><th>C</th></tr>
<tr><td> 
</td><td> 
</td><td>
</td></tr>
</table>
คะแนนบางส่วน (2 คะแนน)
คำตอบที่วาดภาพออกแบบการทดลองได้ไม่ครบถ้วน วาดรูปออกแบบการทดลองถูกต้องครบถ้วน 2 รูป
</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
</table>

สถานการณ์	สมรรถนะการประเมินและออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์	ข้อคำถาม	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ			ข้อเสนอแนะ
			+1	0	-1	
		คะแนนบางส่วน (1 คะแนน) คำตอบที่วาดภาพออกแบบการทดลองได้ไม่ครบถ้วน วาดรูปออกแบบการทดลองถูกต้องครบถ้วน 1 รูป **ไม่ได้คะแนน (0 คะแนน)** คำตอบกล่าวถึงคำตอบอื่น หรือไม่ได้ตอบคำถาม				
น้ำเป็นสนิมส่งผลเสียต่อสุขภาพ	1. สามารถระบุปัญหาที่ต้องการสำรวจในการศึกษาทางวิทยาศาสตร์	13. จากภาพการทดลองนักเรียนคิดว่าการทดลองใดที่จะทำให้ตะปูไม่เป็นสนิม ..... **<u>เฉลย</u>** **คะแนนเต็ม (1 คะแนน)** การทดลองที่จะทำให้ตะปูไม่เป็นสนิม คือ การทดลอง C **ไม่ได้คะแนน (0 คะแนน)** คำตอบกล่าวถึงคำตอบอื่น หรือไม่ได้ตอบคำถาม				

สถานการณ์	สมรรถนะการประเมินและออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์	ข้อคำถาม	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ			ข้อเสนอแนะ
			+1	0	-1	
ปรากฏการณ์เรือนกระจก	1. สามารถระบุปัญหาที่ต้องการสำรวจในการศึกษาทางวิทยาศาสตร์	14. จากสถานการณ์ปรากฏการณ์เรือนกระจก กล่าวว่า อุณหภูมิเฉลี่ยของบรรยากาศของโลกที่สูงขึ้น เป็นผลมาจากการเพิ่มขึ้นของคาร์บอนไดออกไซด์ ก่อนที่นักเรียนจะยอมรับข้อสรุปนี้ นักเรียนต้องแน่ใจว่าปัจจัยอื่น ๆ ที่อาจมีผลต่อปรากฏการณ์เรือนกระจกต้องมีค่าคงที่” จงระบุปัจจัยของแก๊สที่นักเรียนคิดว่ามีผลต่อปรากฏการณ์เรือนกระจก พร้อมอธิบายโดยสังเขป ..... **<u>เฉลย</u>** **คะแนนเต็ม (2 คะแนน)** คำตอบที่อธิบายได้ครบถ้วน ดังนี้ ปัจจัยที่มีผลต่อปรากฏการณ์เรือนกระจก ได้แก่ 1. แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ จากการเผาไหม้หรือการใช้เชื้อเพลิงพวก ฟอสซิล เพิ่มขึ้นกับการตัดไม้ทำลายป่าหรือการลดลงของปริมาณป่าไม้ของโลก				

สถานการณ์	สมรรถนะการประเมินและออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์	ข้อคำถาม	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ			ข้อเสนอแนะ
			+1	0	-1	
		2. แก๊สมีเทน จากการปลูกข้าวและการเลี้ยงสัตว์ 3. แก๊สคลอโรฟูลโอโรคาร์บอน (CFC) จากผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม เช่น ตู้เย็น สเปรย์ และพลาสติก 4. แก๊สไนตรัสออกไซด์ จากการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนการเผาไหม้ซากพืชการเผาไหม้เชื้อเพลิงในเครื่องยนต์ และการผลิตกระแสไฟฟ้าโดยถ่านหินและน้ำมัน 5. แก๊สโอโซน จากบริเวณที่เกิดมลพิษ และการเกิดปฏิกิริยาเคมีจากแสงแดด **คะแนนบางส่วน (1 คะแนน)** คำตอบที่อธิบายได้ไม่ครบถ้วน **ไม่ได้คะแนน (0 คะแนน)** คำตอบกล่าวถึงคำตอบอื่น หรือไม่ได้ตอบคำถาม				

ลงชื่อ ..... ผู้ประเมิน

(.....)

ตำแหน่ง .....

แบบประเมินความสอดคล้องของข้อคำถามที่ใช้วัดความพึงพอใจที่มีต่อการจัดการเรียนรู้โดยใช้การออกแบบ 6E ตามแนวคิด STEAM ร่วมกับปัญหาเป็นฐานเพื่อส่งเสริมสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ด้านการประเมินและการออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ปฏิกิริยาเคมี สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

(สำหรับผู้เชี่ยวชาญ)

คำชี้แจง : โปรดพิจารณาว่าข้อคำถามที่ใช้วัดความพึงพอใจที่มีต่อการจัดการเรียนรู้โดยใช้การออกแบบ 6E ตามแนวคิด STEAM ร่วมกับปัญหาเป็นฐานเพื่อส่งเสริมสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ด้านการประเมินและการออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ปฏิกิริยาเคมี สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ว่ามีความสอดคล้องตามรายการประเมินที่กำหนดให้หรือไม่ โดยเขียนเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ ตามความคิดเห็นของท่าน ดังนี้

+1 หมายถึง เมื่อแน่ใจว่าข้อคำถามของรายการประเมินมีความสอดคล้องกับกิจกรรมการเรียนรู้

0 หมายถึง เมื่อไม่แน่ใจว่าข้อคำถามของรายการประเมินมีความสอดคล้องกับกิจกรรมการเรียนรู้

-1 หมายถึง เมื่อแน่ใจว่าข้อคำถามของรายการประเมินไม่มีความสอดคล้องกับกิจกรรมการเรียนรู้

ข้อคำถาม	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ			ข้อเสนอแนะ
	+1	0	-1	
ด้านปัจจัยนำเข้า				
1. สื่อ วัสดุ และอุปกรณ์ที่ใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้มีความเหมาะสม				
2. กิจกรรมที่ใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้มีความเหมาะสม				
3. สถานที่ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้มีความเหมาะสม				
4. เวลาที่ใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้มีความเหมาะสม				

ข้อคำถาม	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ			ข้อเสนอแนะ
	+1	0	-1	
ด้านกระบวนการ				
1. ครูมีการแจ้งจุดประสงค์การเรียนรู้ก่อนเรียนในแต่ละกิจกรรม				
2. ครูจัดกิจกรรมการเรียนรู้สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้				
3. ครูจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ส่งเสริมให้นักเรียนเกิดสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ด้านการประเมินและการออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์				
4. ครูจัดกิจกรรมที่ทำให้นักเรียนแลกเปลี่ยนเรียนรู้กับสมาชิกในกลุ่ม				
5. ครูจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยเริ่มจากเนื้อที่ง่ายไปหายาก				
6. ครูใช้เทคนิคและวิธีการสอนที่หลากหลายและน่าสนใจ				
7. ครูอธิบายเนื้อหาและแนวทางในการแก้ปัญหาได้อย่างชัดเจน				
ด้านผลผลิต				
1. นักเรียนมีความพึงพอใจในการจัดการเรียนรู้ของครู				
2. นักเรียนเข้าใจ เนื้อหาความรู้ ที่เกี่ยวกับสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ด้านการประเมินและการออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์				
3. นักเรียนได้รับการสะท้อนจากครูหลังจากทำกิจกรรม				

ข้อคำถาม	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ			ข้อเสนอแนะ
	+1	0	-1	
4. นักเรียนรู้สึกมีความสุขและมีเจตคติที่ดีต่อการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์				
5. นักเรียนสามารถนำความรู้ที่ได้จากการเรียนเรื่องปฏิกิริยาเคมี ไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันได้				

ข้อเสนอแนะ/อื่นๆ

.....

.....

ลงชื่อ ..... ผู้ประเมิน

(.....)

ตำแหน่ง .....

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

แบบประเมินความพึงพอใจที่มีต่อการจัดการเรียนรู้โดยใช้การออกแบบ 6E ตามแนวคิด STEAM ร่วมกับปัญหาเป็นฐานเพื่อส่งเสริมสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ด้านการประเมินและการออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ปฏิกิริยาเคมี สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

(สำหรับนักเรียน)

คำชี้แจง : แบบประเมินฉบับนี้สร้างขึ้นมาเพื่อศึกษาความพึงพอใจที่มีต่อการจัดการเรียนรู้โดยใช้การออกแบบ 6E ตามแนวคิด STEAM ร่วมกับปัญหาเป็นฐานเพื่อส่งเสริมสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ด้านการประเมินและการออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ปฏิกิริยาเคมี สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ในการตอบคำถามของนักเรียนครั้งนี้ไม่มีถูกหรือผิด และไม่มีผลต่อการสอบ ดังนั้นจึงขอความร่วมมือในการตอบตามความเป็นจริง โดยเขียนเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องว่างที่ตรงกับระดับความพึงพอใจของนักเรียนเพียงช่องเดียวในแต่ละข้อ ซึ่งมี 5 ระดับ ดังนี้

5 หมายถึง พึงพอใจมากที่สุด
4 หมายถึง พึงพอใจมาก
3 หมายถึง พึงพอใจปานกลาง
2 หมายถึง พึงพอใจน้อย

ข้อ	รายการ	ระดับความพึงพอใจ				
		5	4	3	2	1
ด้านปัจจัยนำเข้า						
1	สื่อ วัสดุ และอุปกรณ์ที่ใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้มีความเหมาะสม					
2	กิจกรรมที่ใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้มีความเหมาะสม					
3	สถานที่ที่ใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้มีความเหมาะสม					
4	เวลาที่ใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้มีความเหมาะสม					
ด้านกระบวนการ						
1	ครูมีการแจ้งจุดประสงค์การเรียนรู้ก่อนเรียนในแต่ละกิจกรรม					

ข้อ	รายการ	ระดับความพึงพอใจ				
		5	4	3	2	1
2	ครูจัดกิจกรรมการเรียนรู้สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้					
3	ครูจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ส่งเสริมให้นักเรียนเกิดสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ด้านการประเมินและการออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์					
4	ครูจัดกิจกรรมที่ทำให้นักเรียนแลกเปลี่ยนเรียนรู้กับสมาชิกในกลุ่ม					
5	ครูจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยเริ่มจากเนื้อที่ง่ายไปหายาก					
6	ครูใช้เทคนิคและวิธีการสอนที่หลากหลายและน่าสนใจ					
7	ครูอธิบายเนื้อหาและแนวทางในการแก้ปัญหาได้อย่างชัดเจน					
ด้านผลผลิต						
1	นักเรียนมีความพึงพอใจในการจัดการเรียนรู้ของครู					
2	นักเรียนเข้าใจ เนื้อหาความรู้ ที่เกี่ยวกับสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ด้านการประเมินและการออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์					
3	นักเรียนได้รับการสะท้อนจากครูหลังจากทำกิจกรรม					
4	นักเรียนรู้สึกมีความสุขและมีเจตคติที่ดีต่อการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์					
5	นักเรียนสามารถนำความรู้ที่ได้จากการเรียนเรื่องปฏิกิริยาเคมี ไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันได้					

ข้อเสนอแนะ/อื่นๆ

.....

.....

.....

เกณฑ์การวัดและประเมินผลแบบประเมินสมรรถนะการประเมินและออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ปฏิกิริยาเคมี สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

ประเด็นการประเมิน	ระดับการให้คะแนน			
	3	2	1	0
สมรรถนะการประเมินและออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์				
1. สามารถระบุปัญหาที่ต้องการสำรวจในการศึกษาทางวิทยาศาสตร์	นักเรียนสามารถระบุประเด็นปัญหาสอดคล้องกับสถานการณ์ที่กำหนดให้ทั้งหมด	นักเรียนสามารถระบุประเด็นปัญหาสอดคล้องกับสถานการณ์ที่กำหนดให้บางส่วน	นักเรียนสามารถระบุประเด็นปัญหาได้แต่ไม่สอดคล้องกับสถานการณ์ที่กำหนดให้	นักเรียนไม่สามารถระบุประเด็นปัญหาได้
2. แยกแยะได้ว่าประเด็นปัญหาหรือคำถามใดสามารถตรวจสอบ ได้ด้วยวิธีการทางวิทยาศาสตร์	นักเรียนสามารถแยะแยะประเด็นปัญหาอย่างง่ายที่กำหนดให้ได้ว่าประเด็นใดเป็นปัญหาหรือคำถามที่สามารถตรวจสอบได้ด้วยวิธีการทางวิทยาศาสตร์ได้ถูกต้องครอบคลุม	นักเรียนสามารถแยะแยะประเด็นปัญหาอย่างง่ายที่กำหนดให้ได้ว่าประเด็นใดเป็นปัญหาหรือคำถามที่สามารถตรวจสอบได้ด้วยวิธีการทางวิทยาศาสตร์ได้ถูกต้องเป็นส่วนใหญ่	นักเรียนสามารถแยะแยะประเด็นปัญหาอย่างง่ายที่กำหนดให้ได้ว่าประเด็นใดเป็นปัญหาหรือคำถามที่สามารถตรวจสอบได้ด้วยวิธีการทางวิทยาศาสตร์ได้ไม่ครอบคลุม	นักเรียนไม่สามารถแยะแยะประเด็นปัญหาอย่างง่ายที่กำหนดให้ได้ว่าประเด็นใดเป็นปัญหาหรือคำถามที่สามารถตรวจสอบได้ด้วยวิธีการทางวิทยาศาสตร์

ประเด็นการประเมิน	ระดับการให้คะแนน			
	3	2	1	0
3. เสนอวิธีการสำรวจจากคำถามทางวิทยาศาสตร์ที่กำหนดให้	นักเรียนสามารถระบุตัวแปรต่างๆ ได้อย่างสอดคล้องและถูกต้องทั้งหมด เลือกใช้อุปกรณ์สารเคมีในการตรวจสอบได้อย่างถูกต้องทั้งหมด และมีขั้นตอนและกระบวนการตรวจสอบตามกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ได้อย่างถูกต้องทั้งหมด	นักเรียนสามารถระบุตัวแปรต่างๆ ได้อย่างสอดคล้องและถูกต้องบางส่วน เลือกใช้ อุปกรณ์สารเคมีในการตรวจสอบได้อย่างถูกต้องบางส่วน และมีขั้นตอนและกระบวนการตรวจสอบตามกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ได้อย่างถูกต้องบางส่วน	นักเรียนสามารถระบุตัวแปรต่างๆ ได้แต่ไม่สอดคล้องและถูกต้อง เลือกใช้อุปกรณ์สารเคมีในการตรวจสอบได้ไม่ถูกต้อง และมีขั้นตอนและกระบวนการตรวจสอบตามกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ได้ไม่ถูกต้อง	นักเรียนไม่สามารถระบุตัวแปรต่างๆ ได้ ไม่สามารถเลือกใช้อุปกรณ์สารเคมีในการตรวจสอบและขั้นตอนและกระบวนการตรวจสอบตามกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ได้
4. ประเมินวิธีสำรวจตรวจสอบปัญหาทางวิทยาศาสตร์ที่กำหนดให้ได้	นักเรียนสามารถประเมินวิธีการทดลองพร้อมให้เหตุผลได้ถูกต้องทั้งหมด	นักเรียนสามารถประเมินวิธีการทดลองพร้อมให้เหตุผลได้ถูกต้องบางส่วน	นักเรียนสามารถสามารถประเมินวิธีการทดลองได้แต่ไม่สามารถให้เหตุผลได้	นักเรียนไม่สามารถประเมินวิธีการทดลองได้

ประเด็นการประเมิน	ระดับการให้คะแนน			
	3	2	1	0
5. อธิบายและประเมินวิธีการที่นักวิทยา-ศาสตร์ใช้เพื่อให้แน่ใจถึงความน่าเชื่อถือของข้อมูลและความเป็นกลางของคำอธิบาย	นักเรียนมีการทดลองซ้ำและระบุชุดควบคุมในการออกแบบการทดลองและการปฏิบัติการทดลองตามการออกแบบและอ้างอิงแหล่งที่มาของข้อมูลได้ถูกต้องทั้งหมด	นักเรียนมีการการทดลองซ้ำและระบุชุดควบคุมในการออกแบบการทดลองและการปฏิบัติการทดลองตามการออกแบบและอ้างอิงแหล่งที่มาของข้อมูลได้ถูกต้องบางส่วน	นักเรียนมีการการทดลองซ้ำและระบุชุดควบคุมในการออกแบบการทดลองแต่ไม่สามารถปฏิบัติการทดลองตามการออกแบบและอ้างอิงแหล่งที่มาของข้อมูลได้	นักเรียนไม่มีการการทดลองซ้ำและระบุชุดควบคุมในการออกแบบการทดลองและการปฏิบัติการทดลองตามการออกแบบและอ้างอิงแหล่งที่มาของข้อมูล

แบบทดสอบวัดสมรรถนะการประเมินและออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ปฏิกิริยาเคมี

ชื่อ.....สกุล..... ชั้น.....เลขที่.....

คำชี้แจง

1. แบบทดสอบมีทั้งหมด 14 ข้อ ใช้เวลา 60 นาที
2. แบบเขียนตอบอิสระ ให้นักเรียนเขียนคำตอบที่ถูกต้องลงในช่องว่าง

สถานการณ์ที่ 1 การตรวจสอบความเป็นกรด - เบส ด้วยน้ำกะหล่ำปลีม่วง

การนำกะหล่ำปลีม่วงมาต้มผสมกับน้ำจะทำให้ได้น้ำม่วงออกมา กะหล่ำปลีสีม่วงมีสารแอนโทไซยานิน (Anthocyanin) ซึ่งเป็นสารที่มีคุณสมบัติเป็นอินดิเคเตอร์ธรรมชาติ (Indicator) เช่นเดียวกับกระดาษลิตมัส (Litmus) หรือยูนิเวอร์แซลอินดิเคเตอร์ (Universal Indicator) โดยสามารถใช้ทดสอบความเป็นกรด-เบสของสารเคมีได้ ถ้านำน้ำกะหล่ำปลีม่วงมาทำการทดลองโดยการนำมาผสมกับน้ำมะนาว น้ำกะหล่ำปลีม่วงจะเปลี่ยนสีเป็นสีชมพูอมแดง แสดงถึงคุณสมบัติบัติของน้ำมะนาวที่นำมาใช้ในการทดสอบว่าเป็นสารที่มีคุณสมบัติเป็นกรด แต่ถ้าหากผสมกับสารที่มีคุณสมบัติเป็นกรดมาก ๆ จะเปลี่ยนสีเป็นชมพูจนถึงสีแดงเข้ม แต่ถ้านำสารที่มีคุณสมบัติเป็นเบสมาใส่ลงในน้ำกะหล่ำปลีม่วงสีจะเปลี่ยนไปเป็นสีเขียว แต่ถ้าเป็นสารที่มีคุณสมบัติเป็นเบสที่เข้มข้นมาก ๆ จะเปลี่ยนเป็นสีน้ำเงินเข้ม จากการทดลองที่กล่าวมานั้นจะเห็นได้ว่าเราสามารถนำน้ำดอกกะหล่ำปลีม่วงไปทดสอบสารต่าง ๆ ที่เราใช้ในชีวิตประจำวันที่อยากทราบว่าสารใดที่มีคุณสมบัติเป็นกรดและเบส สามารถรู้และตรวจสอบได้จากน้ำกะหล่ำปลีม่วง

ภาพ การเปลี่ยนสีค่า pH ของอินดิเคเตอร์จากกะหล่ำปลีม่วง

ที่มา : https://www.compoundchem.com/2017/05/18/red-cabbage/

คำถาม 1 : การตรวจสอบความเป็นกรด - เบส ด้วยน้ำกะหล่ำปลีม่วง (3 คะแนน)

หากนำน้ำส้มสายชูใส่ไปในน้ำกะหล่ำปลีม่วง ทำให้น้ำกะหล่ำปลีม่วงเปลี่ยนจากสีม่วงเป็นสีชมพูอมแดง การทดลองใดที่ควรนำมาใช้ทดสอบเพื่อเปรียบเทียบว่าส้มสายชูมีผลทำให้น้ำกะหล่ำปลีม่วงเกิดการเปลี่ยนสี

การทดลองที่ 1 น้ำเปล่า 100 มิลลิลิตร ที่ไม่ผสมน้ำส้มสายชู

การทดลองที่ 2 น้ำกะหล่ำปลีม่วง 100 มิลลิลิตร ที่ไม่ผสมน้ำส้มสายชู

การทดลองที่ 3 น้ำเปล่า 100 มิลลิลิตรผสมกับน้ำส้มสายชู 5 มิลลิลิตร

การทดลองที่ 4 น้ำกะหล่ำปลีม่วง 100 มิลลิลิตรผสมกับน้ำส้มสายชู 5 มิลลิลิตร

นักเรียนควรเลือกการทดลองใดเพื่อเปรียบเทียบความเป็นกรดที่จะส่งผลทำให้น้ำกะหล่ำปลีม่วงเปลี่ยนสีไปได้

.....

.....

คำถาม 2 : การตรวจสอบความเป็นกรด - เบส ด้วยน้ำกะหล่ำปลีม่วง (3 คะแนน)

จากการทำการทดลองเกี่ยวกับการศึกษาคุณสมบัติของอินดิเคเตอร์ธรรมชาติจากน้ำกะหล่ำปลีม่วง โดยการศึกษาว่าการใส่น้ำส้มสายชูลงไปในน้ำกะหล่ำปลีม่วงจะสามารถทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของสีได้หรือไม่ จงระบุตัวแปรต่าง ๆ ต่อไปนี้

1. ตัวแปรต้น

.....

.....

2. ตัวแปรตาม

.....

.....

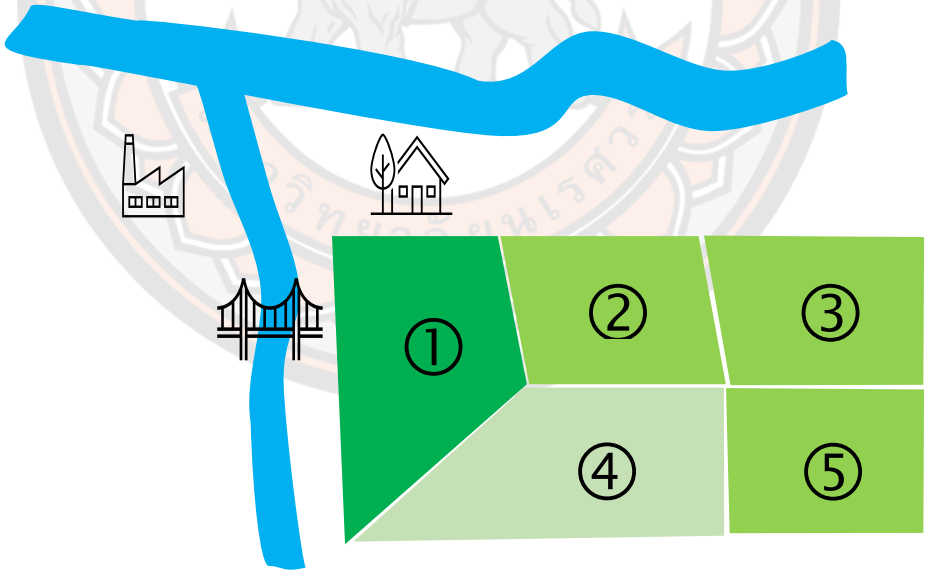
3. ตัวแปรควบคุม

.....

.....

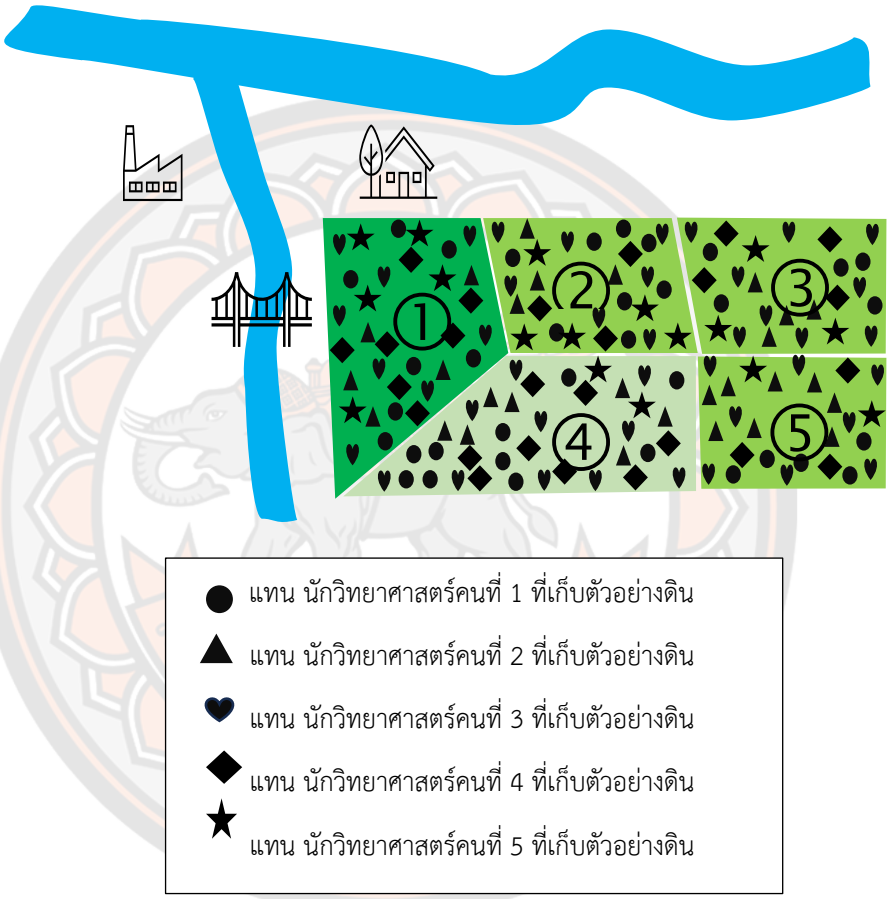
สถานการณ์ที่ 2 การตรวจสอบความเป็นกรด - เบส ของดิน

ภัทรเดชเป็นเกษตรกรที่ปลูกข้าวเป็นอาชีพหลัก อยู่ที่จังหวัดอุทัยธานี โดยมีที่ดินจำนวน 10 ไร่ แหล่งที่ตั้งของที่ดินอยู่ใกล้แหล่งแม่น้ำสะแกกรัง เป็นแหล่งน้ำสายหลักที่เกษตรกรในหมู่บ้านใช้เป็นแหล่งน้ำที่ใช้สูบน้ำเข้ามาใช้ในไร่นา ดังรูปด้านล่าง ในช่วงปี 2561 – 2566 ภัทรเดชมีรายได้จากผลผลิตเฉลี่ย 15,000 บาท/ไร่ ต่อมาในปี พ.ศ.2567 เกิดความเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้นในหมู่บ้านหลังจากมีโรงงานผลิตปุ๋ยเคมีมาตั้งอยู่ใกล้แหล่งน้ำในหมู่บ้านของภัทรเดช ผลผลิตที่ภัทรเดชเคยได้นั้นลดลง รวมไปถึงรายได้ที่ได้จากการขายข้าวนั้นลดลงเหลือเฉลี่ยเพียง 8,000 – 10,000 บาท/ไร่ ภัทรเดชสังเกตเห็นการเปลี่ยนแปลงของแหล่งน้ำว่ามีสีเปลี่ยนแปลงไปจากเดิมและมีกลิ่นเหม็น ภัทรเดชจึงปรึกษากับชาวเกษตรกรในหมู่บ้านมาหาวิธีการแก้ไข เกษตรกรทุกคนร่วมกันหาแนวทางจนสรุปได้ว่าเกษตรกรทุกคนในพื้นที่ที่ได้รับผลกระทบในครั้งนี้เดินทางไปยื่นคำร้องที่สำนักงานเกษตรและสหกรณ์จังหวัดอุทัยธานี เพื่อหาทางแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นในการทำการเกษตร



คำถาม 3 : การตรวจสอบความเป็นกรด - เบส ของดิน (2

ภัทรเดชได้ติดต่อให้บริษัท เคมิคอล จำกัด มาทำการตรวจสอบคุณภาพดินของแปลงนาทั้ง 5 แปลง โดยบริษัทส่งนักวิทยาศาสตร์มาเก็บตัวอย่างดินจำนวน 5 คน ซึ่งนักวิทยาศาสตร์กำหนดจุดเก็บตัวอย่างดิน ดังรูป



ในการเก็บตัวอย่างดินจากแปลงนาทั้ง 5 แปลง สำหรับนำมาใช้ในการตรวจสอบค่าความเป็นกรด-เบส นักเรียนคิดว่าผลการตรวจสอบของนักวิทยาศาสตร์คนใดที่น่าเชื่อถือและเหมาะสมที่สุด เพราะเหตุใด

.....

.....

.....

คำถาม 4 : การตรวจสอบความเป็นกรด - เบส ของดิน (2

ภัทรเดชได้รับผลกระทบจากแหล่งน้ำที่สูบมาใช้ในแปลงนาส่งผลต่อการเสื่อมโทรมของดินในแปลงนา และเมื่อรับการตรวจสอบจากบริษัทพบว่า แปลงนาที่ 1 ถึง 5 ของภัทรเดช มีปัญหาดินเป็นกรด ภัทรเดชจึงไปขอคำแนะนำจากนักวิทยาศาสตร์ของบริษัทว่าควรปรับปรุงสภาพดินอย่างไรให้คุณภาพดีขึ้น

หากนักเรียนเป็นนักวิทยาศาสตร์ของบริษัท นักเรียนจะออกแบบโดยใช้วิธีการในการปรับปรุงคุณภาพดิน พร้อมอธิบายเหตุผลประกอบ

.....

.....

.....

.....

สถานการณ์ที่ 3 ผลิตภัณฑ์เร่งผิวขาว

ผลิตภัณฑ์เร่งผิวขาวหรืออาจเรียกอีกชื่อหนึ่งได้ว่า “โดสเร่งขาว” เป็นผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะเป็นน้ำสีต่างๆ อาทิ สูตรสีแดง สูตรสีเขียว สูตรสีฟ้า สูตรสีเหลือง สูตรสีชมพู เป็นต้น โดยข้อมูลบางส่วนในอินเทอร์เน็ตระบุว่าอาจผลิตมาจากกรด AHA 70% มาผสมกับน้ำกลั่นและผสมสีลงไป ทำให้ผู้ใช้บางรายมีอาการแสบผิวยามโดนแสงแดด หากผลิตภัณฑ์ดังกล่าวใช้กรด AHA 70% จริง ถือว่ามีความเข้มข้นสูง การนำมาใช้กับผิวถือว่ามีอันตรายอย่างมาก เพราะจะทำให้เกิดอาการระคายเคืองผิว ปวดแสบร้อนเหมือนผิวไหม้ หรือต่อให้ไม่เกิดอาการข้างเคียงดังกล่าว แต่การใช้เป็นเวลานานจะทำให้ชั้นผิวบอบบางลงเรื่อยๆ เพราะชั้นผิวถูกลอกออกไปเร็วกว่าตามธรรมชาติ และเมื่อผิวหนังบอบบางก็จะทำให้เกิดผิวแพ้ง่าย เซนซิทีฟ และไวต่อแสงแดด “เมื่อผิวบางลงทำให้เกิดอาการอักเสบง่าย และหากเกิดอาการอักเสบซ้ำๆ บ่อยๆ ในระยะยาว ก็มีโอกาสที่จะเปลี่ยนการเป็นมะเร็งผิวหนังที่สำคัญหากนำมาทาบริเวณที่บอบบาง เช่น รอบดวงตาก็จะเกิดอาการระคายเคืองง่าย และหากกระเด็นถูกตาก็มีโอกาสทำให้ตาบอดได้เช่นกัน นับว่าเป็นโทษมากกว่าประโยชน์”

ภาพ ผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะเป็นน้ำสีต่างๆของโดสเร่งขาว

ที่มา : https://www.komchadluek.net/kom-lifestyle/167272

คำถาม 5 : ผลิตภัณฑ์เร่งผิวขาว (2 คะแนน)

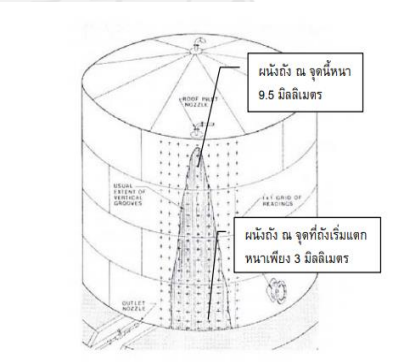
จากสถานการณ์ข้างต้น อันตรายที่เกิดจากการใช้ผลิตภัณฑ์เร่งผิวขาวหรือที่เรียกว่า “โดสเร่งขาว” หากนักเรียนต้องการตรวจสอบค่า pH ในผลิตภัณฑ์เร่งผิวขาว นักเรียนจะมีวิธีการตรวจสอบค่า pH อย่างไร

.....

.....

สถานการณ์ที่ 4 ถังเก็บกรดซัลฟิวริกแตก เนื่องจากการกัดกร่อน

ถังเก็บกรดซัลฟิวริกขนาด 3,000 ตัน (ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 15.55 เมตร สูง 7.92 เมตร ผนังของถังเก็บทำด้วยแผ่นเหล็กกล้าตามมาตรฐาน ASTM เกรด C มีอายุการใช้งาน 14 ปี ความหนาของ ผนังส่วนล่างเมื่อเริ่มใช้งานเท่ากับ 12.7 มิลลิเมตร ผนังส่วนบนเท่ากับ 9.5 มิลลิเมตรและหลังคาถังเท่ากับ 12.7 มิลลิเมตร) แตกและแยกจากพื้นถัง ทำให้กรดซัลฟิวริกที่บรรจุในถังไหลทะลักออกจากถังเก็บทั้งหมด โดยถังเริ่มแตกที่แผ่นเหล็กของผนังที่ต่อกับพื้นถังไปตามแนวตั้งกับผนัง และตามแนวเดียวกับท่อเติมกรดเข้าถังเก็บ (Roof inlet nozzle) โดยตำแหน่งที่แผ่นเหล็กเริ่มแตกมีความหนาของผนังเหลือเพียง 3 มิลลิเมตร (จากเดิม 12.7 มิลลิเมตร) ซึ่งบางมาก ส่วนความหนาของผนังถังตามรอยแตกใน แนวตั้งบริเวณรอยต่อระหว่างผนังกับหลังคามีความหนาเท่ากับ 9.5 มิลลิเมตร (ความหนาของถังบริเวณ รอยแตกจากด้านล่างไปด้านบนถังมีความหนาระหว่าง 3-9.5 มิลลิเมตร) แสดงลักษณะการกัดกร่อนของกรดซัลฟิวริกในถังเก็บในที่เกิดเหตุ ดังรูป



ภาพ ลักษณะการกัดกร่อนของกรดซัลฟิวริกในถังเก็บที่เกิดเหตุ

ที่มา : http://reg3.diw.go.th/safety/wp-content/uploads/2015/01/sulfuric-acid.pdf

คำถาม 6 : ถังเก็บกรดซัลฟิวริกแตก เนื่องจากการกัดกร่อน (2 คะแนน)

จากสถานการณ์ถังเก็บกรดซัลฟิวริกแตก เกิดปฏิกิริยาเคมีเกิดขึ้นทำให้เกิดแก๊สไฮโดรเจนเป็นสารผลิตภัณฑ์ นักเรียนจะตั้งสมมติฐานถึงการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นนี้ได้อย่างไร

.....

.....

.....

.....

.....

คำถาม 7 : ถังเก็บกรดซัลฟิวริกแตก เนื่องจากการกัดกร่อน (2 คะแนน)

จากสถานการณ์ถังเก็บกรดซัลฟิวริกแตก หากสารละลายกรดไฮโดรคลอริก และโลหะ ดังนี้ สังกะสี อลูมิเนียม และตะปูเหล็ก นักเรียนจะสามารถออกแบบตารางบันทึกผลการทดลองที่เกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นนี้ได้อย่างไร

.....

.....

.....

.....

.....

.....

สถานการณ์ที่ 5 การสังเคราะห์ด้วยแสงของพืช

ภาพการสังเคราะห์ด้วยแสง (Photosynthesis)

ที่มา : https://www.ipst.ac.th/learning/21712/20220310-photosynthesis.html

แสง เป็นปัจจัยที่สำคัญมากในการสร้างอาหารของพืช จึงเรียกกระบวนการสร้างอาหารของพืชว่า “การสังเคราะห์ด้วยแสง (photosynthesis)” ซึ่งเป็นกระบวนการเดียวที่นำพลังงานแสงมาเปลี่ยนวัตถุดิบ คือ แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำ ให้เป็นพลังงานเคมีในรูปของสารประกอบอินทรีย์หรือสารประกอบที่มีคาร์บอนเป็นองค์ประกอบ

คลอโรฟิลล์ เป็นสารสีเขียวมีหน้าที่สำคัญในการดูดซับพลังงานแสงมาใช้ในกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง ดังนั้น ส่วนที่มีสีเขียวของพืช เช่น ใบ กลีบเลี้ยง ลำต้น ผลที่มีเปลือกสีเขียว หรือแม้แต่รากอากาศของกล้วยไม้ที่มีสีเขียวก็สามารถเกิดการสังเคราะห์ด้วยแสงได้

นอกจากคลอโรฟิลล์แล้ว ยังมีสารสีอื่น ๆ เช่น แคโรทีนอยด์ ซึ่งเป็นสารสีเหลือง ส้ม แดง ที่สามารถดูดซับพลังงานแสงแล้วส่งต่อพลังงานแสงนั้นไปยังคลอโรฟิลล์เพื่อใช้ในการสังเคราะห์ด้วยแสงต่อไป

ผลผลิตที่ได้จากการสังเคราะห์ด้วยแสง คือ น้ำตาล และแก๊สออกซิเจน ซึ่งพืชจะนำไปใช้ในกระบวนการหายใจเพื่อสร้างพลังงานให้กับพืช

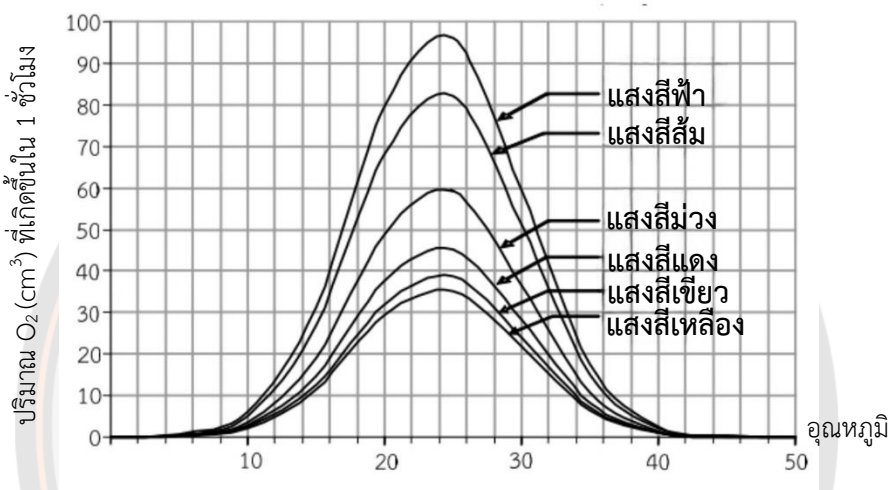
นอกจากนี้น้ำตาลยังเป็นสารตั้งต้นในการสังเคราะห์เป็นสารประกอบอินทรีย์อื่น ๆ ที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตและการดำรงชีวิตของพืช เช่น แป้ง เซลลูโลส ไขมัน โปรตีน น้ำมันหอมระเหย ซึ่งสารบางอย่างเป็นส่วนประกอบของโครงสร้างเซลล์ หรือใช้ในการซ่อมแซมเซลล์ สารบางอย่างพืชสะสมน้ำตาลไว้ตามลำต้น ผล ราก ใบ เมล็ด บางส่วนกลายเป็นเนื้อไม้ สารบางอย่างที่พืชใช้ป้องกันตนเอง หรือใช้ล่อแมลง

นอกจากน้ำตาลและแก๊สออกซิเจนจะมีประโยชน์ต่อพืชแล้ว ยังมีประโยชน์ต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อมอีกด้วยเพราะสารอินทรีย์ที่พืชสะสมไว้นี้เองที่เป็นอาหารของสิ่งมีชีวิตชนิดอื่น ๆ รวมทั้งมนุษย์ นอกจากกินเป็นอาหารแล้ว มนุษย์ยังใช้ประโยชน์จากพืชอีกหลายด้าน เช่น ใช้ทำกระดาษ สร้างที่อยู่อาศัย ใช้เป็นยารักษาโรค ส่วนแก๊สออกซิเจน มีความสำคัญในกระบวนการหายใจของสิ่งมีชีวิตทุกชนิด

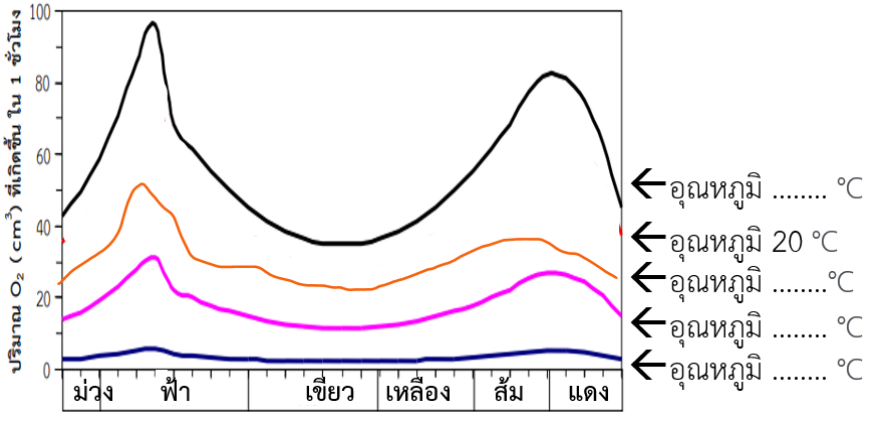
กระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงเป็นกระบวนการที่มีความสำคัญต่อการดำรงชีวิตของพืชและสิ่งมีชีวิตชนิดอื่น ๆ รวมทั้งมีผลต่อสิ่งแวดล้อม เพราะเป็นกระบวนการเดียวที่นำพลังงานแสงมาเปลี่ยนให้เป็นพลังงานเคมีเก็บไว้ในรูปของสารประกอบอินทรีย์ที่เป็นอาหารสำหรับสิ่งมีชีวิตทุกชนิดบนโลก และยังช่วยลดปริมาณแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ในอากาศซึ่งเป็นสาเหตุของการเกิดภาวะโลกร้อน และช่วยรักษาสมดุลของปริมาณแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์และแก๊สออกซิเจนในอากาศ ทำให้สิ่งมีชีวิตชนิดต่าง ๆ สามารถดำรงชีวิตอยู่ได้

คำถาม 8 : การสังเคราะห์ด้วยแสงของพืช (2 คะแนน)

จากสถานการณ์ที่กำหนดให้นั้น “แสง” ถือเป็นปัจจัยที่สำคัญมากในการสร้างอาหารของพืช นักวิจัยจึงได้ทำการทดลองปลูกพืชชนิดหนึ่งไว้โดยให้พืชที่ปลูกนั้นรับแสงสีจากหลอดไฟที่มีแสงสีแตกต่างกัน เช่น สีฟ้า สีม่วง สีแดง สีส้ม สีเขียว และสีเหลือง เป็นต้น ในการทดลองการปลูกพืชครั้งนี้จะทำการจดบันทึกค่าปริมาณออกซิเจนที่เกิดขึ้นจากการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืชชนิดนี้ที่ได้รับแสงสีต่าง ๆ ในช่วงอุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส ถึง 50 องศาเซลเซียส ได้ดังกราฟ



เมื่อนักวิจัยทำการควบคุมอุณหภูมิของสิ่งแวดล้อมให้เป็น 10, 15, 20 และ 25 องศาเซลเซียส พบว่า ปริมาณของออกซิเจนที่เกิดขึ้นจากการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืชที่ได้รับแสงสีต่างๆ ให้นักเรียนเขียนเส้นกราฟแสดงปริมาณออกซิเจนที่เกิดขึ้นจากการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืชที่ได้รับแสงสีต่าง ๆ เมื่ออุณหภูมิของสิ่งแวดล้อมเท่ากับ 20 องศาเซลเซียส ลงในกราฟด้านล่างนี้พร้อมทั้งระบุอุณหภูมิของกราฟแสดงปริมาณออกซิเจนจากการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืชที่ได้รับแสงสีต่างๆ ดังกราฟ



คำถาม 9 : การสังเคราะห์ด้วยแสงของพืช (3 คะแนน)

จากสถานการณ์การสังเคราะห์ด้วยแสงของพืช จงระบุตัวแปรต่าง ๆ ต่อไปนี้

1. ตัวแปรต้น

.....

.....

2. ตัวแปรตาม

.....

.....

3. ตัวแปรควบคุม

.....

.....

สถานการณ์ที่ 6 ภัยเงียบจากภาชนะอะลูมิเนียม

ภาชนะอะลูมิเนียม เป็นภาชนะในครัวเรือนที่สามารถพบเห็นได้ในชีวิตประจำวัน แทบทุกบ้าน ต่างมีภาชนะดังกล่าวไว้ใช้งานกัน เช่น หม้อ กระทะ จาน ชาม ช้อน ถาดใส่อาหาร เป็นต้น ข้อดีของภาชนะ อะลูมิเนียม คือ มีน้ำหนักเบา คงทน ความหนาแน่นน้อย นำความร้อนได้ดีและมีราคาถูก ทำให้ในปัจจุบันภาชนะอะลูมิเนียมจึงเป็นที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย อย่างไรก็ตามผู้บริโภคควรเลือกใช้ภาชนะอะลูมิเนียมให้เหมาะสมกับการใช้งานและประเภทของอาหารเพื่อป้องกันอันตรายที่อาจเกิดขึ้น โดยภาชนะอะลูมิเนียมที่ไม่มีคุณภาพ หากนำมาหุงต้มอาหาร มีความเสี่ยงต่อการปนเปื้อนของสารตะกั่ว สังกะสี หรืออะลูมิเนียม ถ้าเข้าสู่ร่างกายในปริมาณมากจะส่งผลต่อระบบประสาท และเสี่ยงต่อการเกิดโรคมะเร็ง อีกทั้งการปรุงอาหารที่มีรสเปรี้ยว และรสเค็มมากซึ่งมีความเป็นกรด และด่างสูง ด้วยการต้ม ตุ๋น หรือเคี่ยว จะทำให้ภาชนะประเภทสังกะสี อะลูมิเนียม หรือภาชนะที่ใช้ตะกั่วบัดกรี เกิดการกัดกร่อนปนเปื้อนในอาหารได้ จึงแนะนำให้ใช้วัสดุประเภทสแตนเลสแทน ดังนั้น เพื่อความปลอดภัยของผู้บริโภค ควรเลือกซื้อภาชนะอะลูมิเนียมที่มีคุณภาพ อย่าเห็นแก่ ของราคาถูก รวมถึงไม่ควรนำภาชนะอลูมิเนียมมาใช้บรรจุอาหารที่มีรสเปรี้ยว เช่น น้ำส้มสายชู แกงส้ม ต้มยำ เนื่องจากอาหารเหล่านี มีฤทธิ์ความเป็นกรด ซึ่งจะไปทำปฏิกิริยากับภาชนะอะลูมิเนียมทำให้โลหะหนัก เช่น อะลูมิเนียม ตะกั่ว ทองแดง สังกะสี อาจหลุดออกมาปนเปื้อนกับอาหารที่เรารับประทานได้ อย่างไรก็ตาม การปนเปื้อนของโลหะจากภาชนะจะก่ออันตรายมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับปัจจัยอื่นด้วยไม่ว่าจะเป็นประเภทอาหารที่ปรุง ระยะเวลา อุณหภูมิ โดยอันตรายของอะลูมิเนียมนั้นมีวารสารหลายเล่มกล่าวว่า อะลูมิเนียมมีส่วนทำให้เกิดโรคหลายโรค เนื่องจากอะลูมิเนียม เป็นธาตุที่เป็นพิษต่อระบบประสาท (neurotoxin) การได้รับอะลูมิเนียมมากเกินไปอาจเสี่ยงต่อการเกิดโรคทางสมองหลายชนิด เช่น โรคพากินสัน โรคอัลไซเมอร์ แต่ยังไม่มีผู้ใดสามารถพิสูจน์ ได้ว่าอะลูมิเนียมเป็นสาเหตุของโรคเหล่านี หรือไม่ ซึ่งทางทีดีผู้บริโภคก็ควรหลีกเลี่ยงการใช้ภาชนะอลูมิเนียมโดย ใช้ภาชนะอื่นแทน หรือหากหลีกเลี่ยงไม่ได้ก็ควรใช้ด้วยความระมัดระวังและเหมาะสมกับอาหารเพื่อความปลอดภัยของท่านเอง

ภาพ ภัยเงียบจากภาชนะอะลูมิเนียม

ที่มา : https://today.line.me/th/v2/article/เครื่องครัวที่ต้องระวังเป็นพิเศษ

คำถามที่ 10 : ภัยเงียบจากภาชนะอะลูมิเนียม (4 คะแนน)

จากสถานการณ์ภัยเงียบจากภาชนะอะลูมิเนียม จงวาดรูปออกแบบโมเลกุลของกลไกการเกิดสารที่มีฤทธิ์เป็นกรด เช่น กรดไฮโดรคลอริก (HCl) กับอะลูมิเนียม (Al) สมการเคมีการเกิดปฏิกิริยามีดังนี้

$$HCl\,(aq) + Al\,(s) \longrightarrow AlCl_3\,(aq) + H_2\,(g)$$

กำหนดให้ ○ แทน อะตอมของ H

△ แทน อะตอมของ Cl

□ แทน อะตอมของ Al

คำถาม 11 : ภัยเงียบจากภาชนะอะลูมิเนียม (2 คะแนน)

จากสถานการณ์ภัยเงียบจากภาชนะอะลูมิเนียม แก๊สที่เกิดขึ้นจากปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นจากคำถามข้อที่ 10 คือแก๊สใด และหากปฏิบัติการทดลองสามารถสังเกตเห็นได้จากสิ่งใดที่เป็นการบ่งบอกว่าเกิดปฏิกิริยาเคมี

.....

.....

.....

สถานการณ์ที่ 7 น้ำเป็นสนิมส่งผลเสียต่อสุขภาพ

สนิมเป็นปัญหาหนักอีกรูปแบบหนึ่งของระบบที่เกี่ยวข้องกับน้ำ โดยปกติทั่วไปน้ำต้องมี เหล็ก Fe และแมงกานีส Mn ไม่เกิน 0.1-0.3 มิลลิกรัม/ลิตร หากในน้ำมีค่าสนิมมากเกินกว่าที่กำหนด จะทำให้น้ำมีสี กลิ่น และรสชาติผิดปกติ สนิมที่เกิดขึ้นเมื่อสัมผัสกับอุปกรณ์ที่เป็นโลหะเหล็กเป็นเวลานานจะทำให้เกิดปฏิกิริยา

สนิม (rust) เป็นโลหะส่วนที่มีการเปลี่ยนสภาพไปจากเดิม เนื่องจากได้รับปฏิกิริยาเคมีที่มีอากาศ น้ำ หรือความร้อนเป็นตัวการสำคัญทำให้โลหะมีคุณสมบัติแตกต่างไปจากเดิม เช่น สีที่เปลี่ยนไป มีความแข็งแรงลดลง และทำให้เกิดการผุกร่อน ตัวอย่างที่เราพบเห็นอยู่บ่อย ๆ ได้แก่ เหล็ก

กระบวนการออกซิเดชั่น กัดกร่อนอุปกรณ์ให้ผุพังเสียหาย ปัญหาน้ำมีสนิมพบได้ทั้งในระบบน้ำบาดาล ระบบชลประทาน เกษตรกรรม สระว่ายน้ำ ระบบไหลเวียนน้ำเชิงพาณิชยกรรม เช่น โรงแรม รีสอร์ท คอนโด หมู่บ้าน และเชิงอุตสาหกรรม เช่น โรงงานผลิตกระดาษ โรงงานผลิตบรรจุภัณฑ์กระป๋อง โรงงานสิ่งทอ ฯ โดยปกติการกำจัดสนิมที่นิยมใช้กันได้แก่ การเติมสารเคมีเข้าไปในน้ำ วิธีนี้จะทำให้เกิดการปล่อยสารพิษออกสู่สิ่งแวดล้อมและต้องเสียค่าใช้จ่ายเพื่อเติมสารเคมีเป็นประจำทุกปี อีกวิธีหนึ่งคือผ่านน้ำเข้าระบบกรองสนิม ซึ่งมีขนาดใหญ่

ภาพ สนิมกัดกร่อน / น้ำเป็นสนิม

ที่มา : https://waterinnovationgroup.com/ปัญหาสนิมกัดกร่อน

คำถาม 12 : น้ำเป็นสนิมส่งผลเสียต่อสุขภาพ (3 คะแนน)

จากสถานการณ์ที่น้ำเป็นสนิมส่งผลเสียต่อสุขภาพให้นักเรียนวาดภาพออกแบบการทดลองตามสถานการณ์ ดังนี้

ภาพการทดลอง A ตะปูกับอากาศ

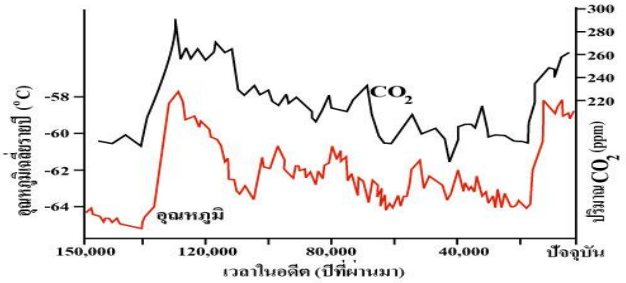
ภาพการทดลอง B ตะปูที่ใส่ในน้ำต้มที่ไล่อากาศออกไปจนหมดและใส่น้ำมันพืชลงไปบนผิวน้ำ

ภาพการทดลอง C ตะปูที่ใส่สารดูดความชื้นเป็นระบบปิด

การทดลอง		
A	B	C

สถานการณ์ที่ 8 ปรากฏการณ์เรือนกระจก

สิ่งมีชีวิตทุกชีวิตนั้นต้องการพลังงานในการดำรงชีวิต และพลังงานสำหรับสิ่งมีชีวิตบนโลกมาจากดวงอาทิตย์ ซึ่งแผ่มาในอวกาศได้ แต่พลังงานที่มาถึงโลกมีสัดส่วนเพียงเล็กน้อยเท่านั้น บรรยากาศของโลกทำตัวเหมือนผ้าห่มคลุมป้องกันผิวโลกของเรา คอยป้องกันการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ ซึ่งจะเกิดขึ้นหากโลกนี้ไม่มีอากาศ พลังงานที่แผ่มาจากดวงอาทิตย์ส่วนใหญ่จะผ่านบรรยากาศของโลก โลกจะดูดซับพลังงานไว้บางส่วน และสะท้อนพลังงานบางส่วนกลับไป พลังงานที่สะท้อนกลับนี้บางส่วนจะถูกดูดซับโดยชั้นบรรยากาศ ผลที่เกิดขึ้นคือ หากไม่มีบรรยากาศดังกล่าวอุณหภูมิโดยเฉลี่ยเหนือผิวโลกจะสูงกว่าที่เป็นอยู่นี้ ทำให้บรรยากาศของโลกเกิดผลทำนองเดียวกับเรือนกระจก จึงเรียกว่า “ปรากฏการณ์เรือนกระจก” บรรยากาศของโลกประกอบด้วย ก๊าซไนโตรเจน 78% ก๊าซออกซิเจน 21% ก๊าซอาร์กอน 0.9% นอกจากนั้นเป็น ไอน้ำ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จำนวนเล็กน้อย แม้ว่าไนโตรเจน ออกซิเจน และอาร์กอน จะเป็นองค์ประกอบหลักของบรรยากาศ แต่ก็มิได้มีอิทธิพลต่ออุณหภูมิของโลก ในทางตรงกันข้ามก๊าซโมเลกุลใหญ่ เช่น ไอน้ำ คาร์บอนไดออกไซด์ มีเทน ไนตรัสออกไซด์ และโอโซน แม้จะมีอยู่ในบรรยากาศเพียงเล็กน้อยแต่มีความสามารถในการดูดกลืนรังสีอินฟราเรด ทำให้อุณหภูมิพื้นผิวโลกอบอุ่น เหมาะแก่การดำรงชีวิต เราเรียกก๊าซจำพวกนี้ว่า “ก๊าซเรือนกระจก” (Greenhouse gas) เนื่องจากคุณสมบัติในการเก็บกักความร้อน หากปราศจากก๊าซเรือนกระจกแล้ว พื้นผิวโลกจะมีอุณหภูมิเพียง -18°C ซึ่งนั่นก็หมายความว่า น้ำทั้งหมดบนโลกนี้จะกลายเป็นน้ำแข็ง นักวิทยาศาสตร์ทำการศึกษาอุณหภูมิของโลกย้อนกลับไปในอดีตสี่แสนปี โดยการวิเคราะห์ฟองอากาศในแท่งน้ำแข็ง ซึ่งทำการขุดเจาะที่สถานีวิจัยวอสต็อก ทวีปแอนตาร์คติก พบว่าอุณหภูมิของโลกแปรผันตามปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ดังกราฟในภาพ



ภาพ กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

ที่มา : https://www.pw.ac.th/emedia/media/science/lesa/5/global_warming/global_warming/global_warming.html

คำถาม 13 : ปรากฏการณ์เรือนกระจก (2 คะแนน)

จากสถานการณ์ปรากฏการณ์เรือนกระจก กล่าวว่า อุณหภูมิเฉลี่ยของบรรยากาศของโลกที่สูงขึ้น เป็นผลมาจากการเพิ่มขึ้นของคาร์บอนไดออกไซด์ ก่อนที่นักเรียนจะยอมรับข้อสรุปนี้ นักเรียนต้องแน่ใจว่าปัจจัยอื่น ๆ ที่อาจมีผลต่อปรากฏการณ์เรือนกระจกต้องมีค่าคงที่” จงระบุปัจจัยของแก๊สที่นักเรียนคิดว่ามีผลต่อปรากฏการณ์เรือนกระจก พร้อมอธิบายโดยสังเขป

.....

.....

.....

.....

.....

ตัวอย่างแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้การจัดการเรียนรู้โดยใช้การออกแบบ 6E ตามแนวคิด STEAM ร่วมกับปัญหาเป็นฐานเพื่อส่งเสริมสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ด้านการประเมินและการออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ปฏิกิริยาเคมี

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4

รายวิชา วิทยาศาสตร์ **รหัสวิชา** ว23101 **ชั้น** มัธยมศึกษาปีที่ 3 **ภาคเรียนที่** 1

หน่วยการเรียนรู้ที่ 1 **เรื่อง** ปฏิกิริยาเคมี **เวลา** 12 **คาบ**

หน่วยการเรียนรู้ย่อยที่ 1 ออกแบบวิธีการลดปริมาณแก๊สเรือนกระจก **เวลา** 3 **คาบ**

****

1. มาตรฐานการเรียนรู้/ตัวชี้วัด

มาตรฐานการเรียนรู้

ว 2.1 เข้าใจสมบัติของสสาร องค์ประกอบของสสาร ความสัมพันธ์ระหว่างสมบัติของสสารกับโครงสร้างและแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาค หลักและธรรมชาติของการเปลี่ยนแปลงสถานะของสสารการเกิดสารละลาย และการเกิดปฏิกิริยาเคมี

ตัวชี้วัด

ว 2.1 ม.3/8 ออกแบบวิธีแก้ปัญหาในชีวิตประจำวัน โดยใช้ความรู้เกี่ยวกับปฏิกิริยาเคมี โดยบูรณาการวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยี และวิศวกรรมศาสตร์

2. จุดประสงค์การเรียนรู้

1) ด้านความรู้

- นักเรียนอธิบายการสร้างนวัตกรรมที่เกี่ยวกับปฏิกิริยาเคมีโดยบูรณาการวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยี และกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

2) ด้านทักษะ/กระบวนการ

- นักเรียนใช้ทักษะการจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล โดยนำเสนอข้อมูลที่ได้จากการออกแบบวิธีการลดปริมาณแก๊สเรือนกระจก

3) ด้านคุณลักษณะอันพึงประสงค์

- นักเรียนสามารถร่วมกันทำงานเป็นทีมได้

4) สมรรถนะทางวิทยาศาสตร์

สมรรถนะการประเมินและออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ของ PISA ดังนี้

- นักเรียนสามารถระบุปัญหาที่ต้องการสำรวจในการศึกษาทางวิทยาศาสตร์

- นักเรียนสามารถแยกแยะได้ว่าประเด็นปัญหาหรือคำถามใดสามารถตรวจสอบได้ด้วยวิธีการทางวิทยาศาสตร์

- นักเรียนสามารถเสนอวิธีการสำรวจจากประเด็นปัญหาทางวิทยาศาสตร์ที่กำหนดให้

- นักเรียนสามารถประเมินวิธีสำรวจตรวจสอบปัญหาทางวิทยาศาสตร์ที่กำหนดให้ได้

- นักเรียนสามารถอธิบายและประเมินวิธีการที่นักวิทยาศาสตร์ใช้เพื่อให้แน่ใจถึงความน่าเชื่อถือของข้อมูลและความเป็นกลางของคำอธิบาย

3. สาระสำคัญ

ความรู้เกี่ยวกับปฏิกิริยาเคมี สามารถนำไปใช้ประโยชน์ในชีวิตประจำวัน และสามารถบูรณาการกับคณิตศาสตร์ เทคโนโลยี และวิศวกรรมศาสตร์เพื่อใช้ปรับปรุงผลิตภัณฑ์ให้มีคุณภาพตามต้องการหรืออาจสร้างนวัตกรรม เพื่อป้องกันและแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นจากปฏิกิริยาเคมี โดยใช้ความรู้เกี่ยวกับปฏิกิริยาเคมี เช่น การเปลี่ยนแปลงพลังงาน ความร้อนอันเนื่องมาจากปฏิกิริยาเคมี การเพิ่มปริมาณผลผลิต

4. สาระการเรียนรู้

ผลปฏิกิริยาเคมีต่อชีวิตและสิ่งแวดล้อม

ทำให้เกิดปฏิกิริยาเคมี ซึ่งบางปฏิกิริยาทำให้เกิดผลิตภัณฑ์ที่ก่อให้เกิดปัญหาด้านสิ่งแวดล้อม ซึ่งมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมดังนี้

ปรากฏการณ์เรือนกระจก (greenhouse gases) เกิดจากแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) แก๊สมีเทน (CH_4) แก๊สไดไนโตรเจนมอนอกไซด์ (N_2O) และแก๊สที่มีฟลูออรีนเป็นองค์ประกอบ (fluorinated gases) เช่น คลอโรฟลูออโรคาร์บอน (CFC_S) ซึ่งเป็นแก๊สที่พบในบรรยากาศโลก เนื่องจากการกิจกรรมอันหลากหลายของมนุษย์ เมื่อได้รับพลังงานจากดวงอาทิตย์ รังสีอัลตราไวโอเลต (UV) จากดวงอาทิตย์มีพลังงานสูงทะลุผ่านชั้นก๊าซเรือนกระจก เมื่อผิวโลกร้อนขึ้นจะคายพลังงานความร้อนในรูปของรังสีอินฟาเรด ซึ่งมีพลังงานต่ำไม่สามารถทะลุผ่านชั้นก๊าซเรือนกระจกออกไปได้ ทำให้อุณหภูมิของโลกสูงขึ้น คาดว่าอีกประมาณ 100 ปีข้างหน้าอุณหภูมิของโลกจะสูงขึ้น 1- 5 องศาเซลเซียส ส่วนใหญ่ก๊าซที่ทำให้เกิดชั้นเรือนกระจก ได้แก่ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์(CO_2) เกิดปรากฏการณ์เรือนกระจกได้ถึง 57 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งเกิดจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงเป็นส่วนใหญ่ ดังสมการ

สารเชื้อเพลิง + ก๊าซออกซิเจน + ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ + ไอน้ำ

ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เพิ่มขึ้นเกิดจากกิจกรรมต่าง ๆ เช่น โรงงานอุตสาหกรรม การเผาไหม้เชื้อเพลิงจากยานพาหนะ การตัดไม้ทำลายป่า การเผาป่า

แนวทางในการป้องกันปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เพิ่มขึ้น เช่น ควบคุมเครื่องยนต์ในยาพาหนะ ให้มีสภาพดี และเลือกใช้น้ำมันเชื้อเพลิงคุณภาพดี ลดปริมาณการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิล แก้ไขปัญหาจราจรหนาแน่นปฏิบัติตามกฎหมายเกี่ยวกับเรื่องควบคุมปริมาณควันไอเสียของโรงงานและยานพาหนะสู่บรรยากาศ ไม่ตัดไม้ทำลายป่า เผาป่า และเผาฟางข้าวในนา กำจัดขยะให้ถูกวิธี หลีกเลี่ยงการเผาขยะ ก๊าซโอโซนถูกทำลาย การที่ก๊าซโอโซนถูกทำลายทำให้บรรยากาศของโลกมีอุณหภูมิสูงขึ้น เป็นต้น

5. กิจกรรมการจัดการเรียนรู้

ใช้รูปแบบการพัฒนาการจัดการเรียนรู้โดยใช้การออกแบบ 6E ตามแนวคิดสตีมศึกษาร่วมกับปัญหาเป็นฐาน

ขั้นที่ 1 ขั้นกำหนดปัญหาเพื่อสร้างความสนใจ

1) ครูกระตุ้นความสนใจของนักเรียน เพื่อนำเข้าสู่เรื่อง ผลปฏิกิริยาเคมีต่อชีวิตและสิ่งแวดล้อม โดยให้นักเรียนดูวิดีโอเกี่ยวกับ ผลปฏิกิริยาเคมีต่อชีวิตและสิ่งแวดล้อม โดยใช้สื่อวีดิทัศน์เรื่อง เข้าใจ "ภาวะเรือนกระจก" ใน 2 นาที - วิทยาศาสตร์รอบตัว (จากเว็บไซต์ https://www.youtube.com/watch?v=jUkWypOxKbM)

2) ครูแบ่งกลุ่มนักเรียนกลุ่มละ 5-6 คน โดยการคละความสามารถของนักเรียนเก่งปานกลางและอ่อน

3) ครูนำสถานการณ์ ปรากฏการณ์เรือนกระจก มาให้นักเรียนร่วมกันอภิปรายในห้องเรียน โดยครูใช้คำถามประกอบคำอภิปราย

3.1) สถานการณ์ดังกล่าวเกี่ยวส่งผลกระทบกับการดำรงชีวิตของมนุษย์อย่างไร (ส่งผลต่อการดำรงชีวิต เช่น อากาศร้อนจัด สภาพอากาศที่มีอุณหภูมิสูงขึ้นมีผลต่อมนุษย์ที่ทำงานกลางแจ้งเป็นระยะเวลานาน อาจทำให้เป็นโรคฮีทสโตรก (Heat Stroke) หรือโรคลมแดดได้ เป็นต้น)

3.2) นักเรียนคิดว่ามีสาเหตุใดบ้างที่ทำให้เกิดปรากฏการณ์เรือนกระจก (เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติจะเกิดขึ้นอย่างค่อยเป็นค่อยไป ทำให้ระบบนิเวศและสิ่งมีชีวิตสามารถปรับตัวได้อย่าง และเกิดจากกิจกรรมของมนุษย์ ที่ทำให้ปริมาณก๊าซเรือนกระจกเพิ่มมากขึ้นอย่างรวดเร็วนั้น เช่น การขุดพลังงานฟอสซิล อย่างน้ำมัน ถ่านหิน ก๊าซธรรมชาติมาใช้ ทำให้เกิดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ขึ้นสู่ชั้นบรรยากาศเป็นจำนวนมากและรวดเร็ว เป็นต้น)

3.3) ปรากฏการณ์เรือนกระจกส่งผลของปฏิกิริยาเคมีต่อชีวิตและสิ่งแวดล้อมด้านไหนได้บ้าง (ผลกระทบต่อสภาพภูมิอากาศ ผลกระทบต่อแหล่งน้ำ ผลกระทบต่อแหล่งพลังงาน ผลกระทบต่อการเกษตรกรรม ผลกระทบต่อสุขภาพอนามัยของมนุษย์ ผลกระทบต่อระบบนิเวศวิทยาของโลก ผลกระทบต่อสุขภาพอนามัยของมนุษย์ เป็นต้น)

3.4) นักเรียนมีวิธีการลดปริมาณแก๊สเรือนกระจกอย่างไร (ไม่เผาป่า ฟางข้าว หรือขยะมูลฝอย เพื่อลดปริมาณแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ แก้ไขรถควันดำเพื่อลดปริมาณแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ เป็นต้น)

4) ครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันระบุประเด็นปัญหาจากสถานการณ์ที่กำหนดให้ที่นักเรียนต้องการสำรวจลงในใบบันทึกการค้นคว้ากิจกรรม เรื่อง การสังเคราะห์แสงของพืชช่วยแก้ปัญหาแก๊สเสียจากการไฟป่า

5) ครูถามคำถามเพื่อกระตุ้นให้นักเรียนระบุประเด็นปัญหาทางวิทยาศาสตร์

5.1) นักเรียนคิดว่าปัญหาที่เกิดขึ้นเป็นปัญหาทางวิทยาศาสตร์หรือไม่ สามารถใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ตรวจสอบได้อย่างไร (เป็นปัญหาทางวิทยาศาสตร์ สามารถตรวจสอบได้โดยการทำการทดลอง โดยสามารถออกแบบวิธีการลดปริมาณแก๊สเรือนกระจกได้ เป็นต้น)

ขั้นที่ 2 ขั้นสำรวจตรวจสอบ

6) ครูสำรวจความรู้พื้นฐานของนักเรียนใน เรื่อง ความรู้เกี่ยวกับปฏิกิริยาเคมี บูรณาการกับคณิตศาสตร์ เทคโนโลยี และกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

7) ครูให้นักเรียนรวบรวมหาข้อมูล เรื่อง วิธีการลดปริมาณแก๊สเรือนกระจกได้อย่างไร พร้อมยกตัวอย่างประกอบ

ขั้นที่ 3 ขั้นอธิบายและเข้าใจปัญหา

8) ครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มออกมาอธิบาย นำเสนอข้อมูลที่ได้รวบรวมหามา เรื่อง ออกแบบวิธีการลดปริมาณแก๊สเรือนกระจกได้อย่างไร

9) ครูนำอภิปรายเนื้อหาเรื่อง ความรู้ด้านวิทยาศาสตร์เพื่อหาปฏิกิริยาเคมีที่สามารถลดปริมาณแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ ต้องใช้ความรู้ด้านคณิตศาสตร์ในการคำนวณหาปริมาณแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ที่ลดลงด้วยวิธีต่าง ๆ ต้องใช้ความรู้ด้านเทคโนโลยีในการสืบค้นและออกแบบ และใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมในการดำเนินงานเพื่อแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบ เพื่อให้นักเรียนสรุปสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง

ขั้นที่ 4 ขั้นดำเนินการออกแบบเชิงวิศวกรรม

10) ครูชี้แนะในการทำงานกลุ่มร่วมกัน พร้อมทั้งกำหนดเงื่อนไขการออกแบบวิธีการลดปริมาณแก๊สเรือนกระจก เช่น วัสดุอุปกรณ์ เวลา ความสำเร็จของชิ้นงาน

11) ครูให้นักเรียนบันทึกการทำกิจกรรมลงใบบันทึกการค้นคว้ากิจกรรม เรื่อง ออกแบบวิธีการลดปริมาณแก๊สเรือนกระจกได้อย่างไร เพื่อให้ได้ข้อสรุปจากกิจกรรมว่าปัญหาของสถานการณ์ ประเด็นปัญหาสามารถตรวจสอบได้ด้วยวิธีการศึกษาทางวิทยาศาสตร์ได้ด้วยวิธีการใด พร้อมทั้งออกแบบกระบวนการตรวจสอบแก๊สออกซิเจนในการสังเคราะห์แสงของ จากอุปกรณ์ที่มีให้

โดยนักเรียนสามารถศึกษาหาความรู้จากแหล่งเรียนรู้ต่าง ๆ เช่น สื่ออินเตอร์เน็ต สื่อสารสนเทศ หนังสือ ใบความรู้

12) พร้อมทั้งครูใช้คำถามเพื่อชี้แนะให้นักเรียนอยากค้นหาคำตอบโดยการออกแบบและปฏิบัติด้วยตนเองที่จะนำไปสู่แนวทางการศึกษาข้อมูลในส่วนที่จำเป็นต่อการแก้ไขปัญหา การออกแบบ การสร้างสรรค์ และการทดลอง

13) ครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอแนวทางออกแบบวิธีการลดปริมาณแก๊สเรือนกระจกเพื่อแลกเปลี่ยนความรู้และประเมินผลการออกแบบกับเพื่อนต่างกลุ่ม

14) ครูให้นักเรียนสร้างชิ้นงานในการออกแบบวิธีการลดปริมาณแก๊สเรือนกระจก (สร้างการทดลองการสังเคราะห์แสงของพืชเพื่อใช้ในการตรวจสอบแก๊สออกซิเจนที่เกิดขึ้น)

15) ครูสำรวจการทำงานของนักเรียนแต่ละกลุ่มโดยการใช้คำถามเพื่อให้นักเรียนเกิดแนวคิดในการออกแบบและตรวจสอบคุณภาพของงาน

ขั้นที่ 5 ขั้นสังเคราะห์ความรู้ ปรับปรุงและลงข้อสรุป

16) ครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอแนวทางออกแบบวิธีการลดปริมาณแก๊สเรือนกระจกภายในกลุ่ม

17) ครูให้นักเรียนสรุปผลการออกแบบวิธีการลดปริมาณแก๊สเรือนกระจกของกลุ่มตนเองและกลุ่มเพื่อนพร้อมทั้งอธิบายและให้เหตุผล

18) ครูให้คำแนะนำผลการนำเสนอแนวทางในออกแบบวิธีการลดปริมาณแก๊สเรือนกระจกแต่ละกลุ่มพร้อมทั้งให้คำแนะนำ

19) ครูให้นักเรียนปรับปรุงแนวทางในการออกแบบวิธีการลดปริมาณแก๊สเรือนกระจก

20) ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายผลการทดลองร่วมกันและให้นักเรียนประเมินแนวทางในการออกแบบวิธีการลดปริมาณแก๊สเรือนกระจก

ขั้นที่ 6 ขั้นสรุปและประเมินผล

21) ครูให้นักเรียนสรุปนำเสนอแนวทางในการออกแบบวิธีการลดปริมาณแก๊สเรือนกระจก ชิ้นงานในการออกแบบวิธีการลดปริมาณแก๊สเรือนกระจก แนวทางในการแก้ไขปัญหาปรากฏการณ์เรือนกระจก

22) ครูและนักเรียนร่วมกันสะท้อนผลการนำเสนอแนวทางการออกแบบวิธีการลดปริมาณแก๊สเรือนกระจก ชิ้นงานในการออกแบบวิธีการลดปริมาณแก๊สเรือนกระจก แนวทางในการแก้ไขปัญหาปรากฏการณ์เรือนกระจก พร้อมทั้งให้คำแนะนำ

23) ครูและนักเรียนร่วมกันสรุปและอภิปรายผลการทำกิจกรรมเรื่อง ออกแบบ

วิธีการลดปริมาณแก๊สเรือนกระจก โดยใช้ความรู้ด้านวิทยาศาสตร์เพื่อหาปฏิกิริยาเคมีที่สามารถลดปริมาณแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ ต้องใช้ความรู้ด้านคณิตศาสตร์ในการคำนวณหาปริมาณแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ที่ลดลงด้วยวิธีต่าง ๆ ต้องใช้ความรู้ด้านเทคโนโลยีในการสืบค้นและออกแบบ และใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมในการดำเนินงานเพื่อแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบ

24) ครูตรวจสอบการส่งแบบบันทึกการค้นคว้าของนักเรียนและให้คะแนนประเมินตามเกณฑ์การประเมิน (Rubrics Score)

6. สื่อการเรียนรู้/แหล่งเรียนรู้

6.1 อุปกรณ์ทำกิจกรรม : อุปกรณ์ที่ใช้ในการสืบค้น เช่น โทรศัพท์เคลื่อนที่ คอมพิวเตอร์

6.2 คลิปวีดิทัศน์ : เข้าใจ "ภาวะเรือนกระจก" ใน 2 นาที - วิทยาศาสตร์รอบตัว

6.3 ใบกิจกรรม : ใบกิจกรรมที่ 1.4 เรื่อง ออกแบบวิธีการลดปริมาณแก๊สเรือนกระจกได้อย่างไร

6.4 แบบบันทึกกิจกรรม : แบบบันทึกการค้นคว้ากิจกรรมที่ 1.4 เรื่อง ออกแบบวิธีการลดปริมาณแก๊สเรือนกระจกได้อย่างไร

6.5 แหล่งเรียนรู้ : - หนังสือเรียนรายวิชาพื้นฐานวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 เล่ม 2 ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ.2560) สสวท. กระทรวงศึกษาธิการ

7. การวัดผลและประเมินผล

จุดประสงค์การเรียนรู้	วิธีการวัด	เครื่องมือวัด	เกณฑ์การประเมิน
ด้านความรู้ (K)			
- นักเรียนอธิบายการสร้างนวัตกรรมที่เกี่ยวกับปฏิกิริยาเคมีโดยบูรณาการวิทยาศาสตร์	- ตรวจการตอบคำถามท้ายกิจกรรมที่ 1.4 ออกแบบวิธีการลดปริมาณ	- คำถามท้ายกิจกรรมที่ 1.4 ออกแบบวิธีการลดปริมาณแก๊สเรือนกระจกได้อย่างไร	- ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 60 ขึ้นไป ถือว่าผ่านการประเมินด้านความรู้

จุดประสงค์การเรียนรู้	วิธีการวัด	เครื่องมือวัด	เกณฑ์การประเมิน
คณิตศาสตร์ เทคโนโลยีและกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม	แก๊สเรือนกระจกได้อย่างไร		
ด้านทักษะ/กระบวนการ (P)			
- นักเรียนใช้ทักษะการจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล โดยนำเสนอข้อมูล ที่ได้จากการออกแบบวิธีการลดปริมาณแก๊สเรือนกระจก	- ตรวจการทำแบบบันทึกการ ค้นคว้ากิจกรรมที่ 1.4 ออกแบบวิธีการลดปริมาณแก๊สเรือนกระจกได้อย่างไร	- แบบบันทึกการค้นคว้ากิจกรรมที่ 1.4 ออกแบบวิธีการลดปริมาณแก๊สเรือนกระจกได้อย่างไร	- ได้ไม่น้อยกว่า 2 คะแนน ระดับคุณภาพดี ถือว่าผ่านการประเมินด้านกระบวนการ
ด้านคุณลักษณะอันพึงประสงค์ (A)			
- นักเรียนสามารถร่วมกันทำงานเป็นทีมได้	- สังเกตพฤติกรรมการทำงานกลุ่ม	- แบบประเมินพฤติกรรมการทำงานกลุ่ม	- ผ่านเกณฑ์ระดับดีขึ้นไป
สมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ (Science competency)			
- สามารถระบุประเด็นปัญหาที่ต้องการสำรวจตรวจสอบจากการศึกษาทางวิทยาศาสตร์ที่กำหนดให้ - แยกแยะได้ว่าประเด็นปัญหาหรือคำถามใดสามารถตรวจสอบได้ด้วยวิธีการทางวิทยาศาสตร์ - เสนอวิธีการสำรวจจากประเด็นปัญหาทาง	- ตรวจสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์และการวัดสมรรถนะการประเมินและออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์	- แบบประเมินสมรรถนะ	- ผ่านเกณฑ์ระดับดีขึ้นไป

จุดประสงค์การเรียนรู้	วิธีการวัด	เครื่องมือวัด	เกณฑ์การประเมิน
วิทยาศาสตร์ที่กำหนดให้ - ประเมินวิธีสำรวจตรวจสอบปัญหาทางวิทยาศาสตร์ที่กำหนดให้ได้ - บรรยายและประเมินวิธีการต่าง ๆ ที่นักวิทยาศาสตร์ใช้ในการยืนยันถึงความน่าเชื่อถือของข้อมูลและความเป็นกลางและการสรุปอ้างอิงจากคำอธิบาย			

8. กิจกรรมเสนอแนะ.

.....

.....

.....

.....

(ลงชื่อ).....ผู้สอน

(นางสาวภัทราภรณ์ เจริญศิลป์)

ตำแหน่ง ครู

บันทึกผลการจัดการเรียนรู้

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4

หน่วยการเรียนรู้ย่อยที่ 1 เรื่อง ออกแบบวิธีการลดปริมาณแก๊สเรือนกระจก

****

1. สรุปผลการจัดการเรียนรู้

.....

.....

.....

.....

2. ปัญหาและอุปสรรค

.....

.....

.....

.....

3. แนวทางการแก้ปัญหา

.....

.....

.....

.....

4. ข้อเสนอแนะ

.....

.....

.....

.....

(ลงชื่อ).....ผู้สอน

(นางสาวภัทราภรณ์ เจริญศิลป์)

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

แบบสังเกตการปฏิบัติกิจกรรมการทดลอง ใบบันทึกการค้นคว้ากิจกรรมที่ 1.4 เรื่อง ออกแบบวิธีการลดปริมาณแก๊สเรือนกระจก

กลุ่มที่	พฤติกรรมที่สังเกต/คะแนน								คะแนนรวม (24 คะแนน)
	การออกแบบการทดลอง	การทดลองตามแผนที่กำหนด	การใช้อุปกรณ์/เครื่องมือ	การบันทึกผลการทดลอง	การสรุปผลการทดลอง	การปรับปรุงการทดลอง	การนำเสนอข้อมูล	การดูแลและการเก็บอุปกรณ์/เครื่องมือ	
1									
2									
3									
4									
5									
6									
7									
8									

เกณฑ์การตัดสินคุณภาพ

คะแนน	ระดับคุณภาพ	เกณฑ์การตัดสิน
20-24	ดีมาก	นักเรียนได้คะแนนตั้งแต่ 14 ขึ้นไป หรือระดับดี ถือว่าผ่านการประเมิน
15-19	ดี	
10-14	พอใช้	
ต่ำกว่า 9	ปรับปรุง	

เกณฑ์การให้คะแนนกิจกรรมการทดลอง

ตัวบ่งชี้การปฏิบัติการทดลอง	ระดับคะแนน		
	3	2	1
1. การออกแบบการทดลอง	การออกแบบการทดลองด้วยตนเอง	การออกแบบการทดลองโดยมีครูแนะนำบางส่วน	การออกแบบการทดลองโดยมีครูแนะนำตลอดเวลา
2. การทดลองตามแผนที่ กำหนด	ทดลองตามวิธีและขั้นตอนที่กำหนดไว้อย่างถูกต้องด้วยตนเอง	ทดลองตามวิธีและขั้นตอนที่กำหนดไว้โดยมีครูแนะนำบางส่วน	ทดลองตามวิธีและขั้นตอนที่กำหนดไว้โดยมีครูแนะนำตลอดเวลา
3. การใช้อุปกรณ์/เครื่องมือ	ใช้อุปกรณ์ในการทดลองได้อย่างคล่องแคล่วและถูกต้องตามหลักปฏิบัติ	ใช้อุปกรณ์ในการทดลองได้และถูกต้องตามหลักปฏิบัติแต่ไม่คล่องแคล่ว	ใช้อุปกรณ์ในการทดลองไม่ถูกต้อง
4. การบันทึกผลการทดลอง	บันทึกผลการทดลองเป็นระยะอย่างถูกต้อง ครบถ้วน และเป็นระเบียบ	บันทึกผลการทดลองอย่างถูกต้องครบถ้วนแต่ไม่เป็นระเบียบ	บันทึกผลการทดลองถูกต้อง ไม่ครบถ้วนและไม่เป็นระเบียบ
5. การสรุปผลการทดลอง	สรุปผลการทดลองได้อย่างถูกต้อง กระชับ ชัดเจน และวิเคราะห์ข้อมูลครอบคลุมทั้งหมด	สรุปผลการทดลองได้อย่างถูกต้อง กระชับ ชัดเจน แต่วิเคราะห์ข้อมูลไม่ครอบคลุมทั้งหมด	สรุปผลการทดลองไม่เป็นไปตามผลการทดลอง

ตัวบ่งชี้การปฏิบัติการทดลอง	ระดับคะแนน		
	3	2	1
6. การปรับปรุงการทดลอง	แปลข้อมูลจากการทดลองได้อย่างถูกต้อง กระชับ ชัดเจน และปรับปรุงข้อมูลครอบคลุมทั้งหมด	แปลข้อมูลจากการทดลองได้อย่างถูกต้อง กระชับ ชัดเจน แต่ปรับปรุงข้อมูลไม่ครอบคลุมทั้งหมด	แปลข้อมูลจากการทดลอง ได้อย่างถูกต้อง กระชับ ชัดเจน แต่ไม่ปรับปรุงข้อมูล
7. การนำเสนอข้อมูล	นำเสนอข้อมูลจากผลการ ทดลองและการปรับปรุงได้ อย่างครบถ้วน ถูกต้อง พร้อมในการนำเสนอและนำเสนอข้อมูลด้วยความมั่นใจ นำเสนออย่างชัดเจน สามารถตอบคำถามได้สมเหตุสมผล	นำเสนอข้อมูลจากผลการทดลองและการปรับปรุงได้บางส่วน ถูกต้อง ไม่พร้อม ในการนำเสนอและนำเสนอ ข้อมูลด้วยความมั่นใจ นำเสนออย่างชัดเจน สามารถตอบคำถามได้บางส่วน	นำเสนอข้อมูลจากผลการทดลองและการปรับปรุงได้ไม่ครบถ้วน ไม่ถูกต้อง ไม่พร้อมในการนำเสนอ ไม่สามารถตอบคำถามได้
8. การดูแลและการเก็บอุปกรณ์และ/ หรือเครื่องมือ	ดูแลอุปกรณ์/เครื่องมือในการทดลองและมีการทำความสะอาด และเก็บอย่างถูกต้องตามหลักการ	ดูแลอุปกรณ์/เครื่องมือในการทดลองและมีการทำความสะอาด แต่เก็บไม่ถูกต้อง	ไม่ดูแลอุปกรณ์/เครื่องมือในการทดลอง และไม่สนใจทำความสะอาดรวมทั้งเก็บไม่ถูกต้อง

แบบประเมินผล/แบบประเมินพฤติกรรมการทำงานกลุ่ม

กลุ่มที่ .....

รายชื่อสมาชิก

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

คำชี้แจง ทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องที่ตรงกับความจริงมากที่สุด

หัวข้อการประเมิน	**คะแนน**			
	3	**2**	**1**	**0**
1. การแบ่งหน้าที่ความรับผิดชอบภายในกลุ่มอย่างเหมาะสม				
2. การร่วมปรึกษาหารือและวางแผนการทำงานภายในกลุ่ม				
3. การทำงานตามที่ได้รับมอบหมาย และการช่วยเหลือกันภายในกลุ่ม				
4. การมีส่วนร่วมในการแสดงความคิดเห็นที่เป็นประโยชน์				
5. การยอมรับฟังความคิดเห็นผู้อื่น และยอมรับในหลักฐานเชิงประจักษ์				
รวม				

เกณฑ์การประเมินแบบประเมินผล/แบบประเมินการทำงานกลุ่ม

หัวข้อการประเมิน	คะแนน			
	3	2	1	0
1. การแบ่งหน้าที่ความรับผิดชอบภายในกลุ่มอย่างเหมาะสม	สมาชิกทุกคนมีบทบาทในการแบ่งหน้าที่รับผิดชอบภายในกลุ่มทุกคนได้ปฏิบัติงานที่เหมาะสมกับความสามารถของตนเอง	สมาชิกขาดบทบาท/การมีส่วนร่วมในการแบ่งหน้าที่รับผิดชอบภายในกลุ่มทุกคน ได้ปฏิบัติงานที่เหมาะสมกับความสามารถของตนเอง	สมาชิกขาดบทบาท/การมีส่วนร่วมในการแบ่งหน้าที่รับผิดชอบภายในกลุ่มสมาชิกบางคนไม่ได้ปฏิบัติงานที่เหมาะสมกับความสามารถของตนเอง	สมาชิกขาดบทบาท/การมีส่วนร่วมในการแบ่งหน้าที่รับผิดชอบภายในกลุ่มสมาชิกทุกคนไม่ได้ปฏิบัติงานที่เหมาะสมกับความสามารถของตนเอง
2. การร่วมปรึกษาหารือและวางแผนการทำงานภายในกลุ่ม	สมาชิกทุกคนร่วมกันปรึกษาหารือเพื่อวางแผนการทำงานและการทำงานภายในกลุ่มเป็นไปอย่างเป็นระบบตามแผนที่วางไว้	สมาชิกบางส่วนร่วมกันปรึกษาหารือเพื่อวางแผนการทำงานและการทำงานภายในกลุ่มเป็นไปอย่างเป็นระบบตามแผนที่วางไว้	สมาชิกบางส่วนร่วมกันปรึกษาหารือเพื่อวางแผนการทำงานภายในกลุ่มแต่การทำงานในกลุ่มไม่มีความเป็นระบบ	สมาชิกขาดการร่วมกันปรึกษาหารือเพื่อวางแผนการทำงานภายในกลุ่ม การทำงานในกลุ่มไม่มี ความเป็นระบบ
3. การทำงานตามที่ได้รับมอบหมายและ	สมาชิกทุกคนในกลุ่มร่วมมือร่วมใจกันทำงานตามหน้าที่	สมาชิกส่วนใหญ่ในกลุ่มร่วมมือร่วมใจกันทำงานตาม	สมาชิกบางส่วนไม่ให้ความร่วมมือในการทำงานตาม	สมาชิกในกลุ่มขาดการร่วมมือร่วมใจ กันทำงาน

หัวข้อการประเมิน	คะแนน			
	3	2	1	0
การช่วยเหลือกันภายในกลุ่ม	ที่ได้รับมอบหมายด้วยความเต็มใจและคอยให้การช่วยเหลือกันและกันภายในกลุ่ม	หน้าที่ที่ได้รับมอบหมายด้วยและคอยให้การช่วยเหลือกันและกันภายในกลุ่ม	หน้าที่ที่ได้รับมอบหมายด้วยและขาดการให้การช่วยเหลือกันและกันภายในกลุ่ม	ตามหน้าที่ที่ได้รับมอบหมายและขาดการให้การช่วยเหลือกันและกันภายในกลุ่ม
4. การมีส่วนร่วมในการแสดงความคิดเห็นที่เป็นประโยชน์	สมาชิกทุกคนมีส่วนร่วมในการแสดงความคิดเห็นและข้อเสนอแนะต่าง ๆ ที่เป็นประโยชน์ต่อการทำงานภายในกลุ่ม	สมาชิกส่วนใหญ่มีส่วนร่วมในการแสดงความคิดเห็นและข้อเสนอแนะต่าง ๆ ที่เป็นประโยชน์ต่อการทำงานภายในกลุ่ม	สมาชิกบางส่วนมีส่วนร่วมในการแสดงความคิดเห็นและข้อเสนอแนะต่าง ๆ ที่เป็นประโยชน์ต่อการทำงานภายในกลุ่ม	สมาชิกขาดการมีส่วนร่วมในการแสดงความคิดเห็นและข้อเสนอแนะต่าง ๆ ที่เป็นประโยชน์ต่อการทำงานภายในกลุ่ม
5. การยอมรับฟังความคิดเห็น ผู้อื่นและยอมรับในหลักฐานเชิงประจักษ์	สมาชิกทุกคนยอมรับฟังความคิดเห็นและเหตุผลที่ดีของสมาชิกคนอื่นภายในกลุ่มมีการสืบค้นข้อมูล จากแหล่งข้อมูลที่น่าเชื่อถือเพื่อใช้เป็นหลักฐานสนับสนุนความคิดเห็นและเหตุผล	สมาชิกส่วนใหญ่ยอมรับฟังความคิดเห็นและเหตุผลที่ดีของสมาชิกคนอื่นภายในกลุ่มมีการสืบค้นข้อมูลจากแหล่งข้อมูลที่น่าเชื่อถือเพื่อใช้เป็นหลักฐานสนับสนุนความคิดเห็นและเหตุผล	สมาชิกส่วนใหญ่ยอมรับฟังความคิดเห็นและเหตุผลของสมาชิกคนอื่นภายในกลุ่มแต่ไม่มีการสืบค้นข้อมูลจากแหล่งข้อมูลที่น่าเชื่อถือเพื่อใช้เป็นหลักฐานสนับสนุนความคิดเห็นและเหตุผล	สมาชิกขาดการยอมรับฟังความ คิดเห็นของกันและกัน

เกณฑ์การตัดสินคุณภาพ

คะแนน	ระดับคุณภาพ	เกณฑ์การตัดสิน
13-15	ดีมาก	นักเรียนได้คะแนนตั้งแต่ 9 ขึ้นไป หรือระดับดี ถือว่าผ่านการประเมิน
10-12	ดี	
7-9	พอใช้	
ต่ำกว่า 7	ปรับปรุง	

แบบประเมินสมรรถนะการประเมินและออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์

เรื่อง ออกแบบวิธีการลดปริมาณแก๊สเรือนกระจก

กลุ่มที่	ตัวบ่งชี้สมรรถนะการประเมินและออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ การประเมินและออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์						
	1. ระบุปัญหาที่ต้องการสำรวจ ใน การศึกษาทาง วิทยาศาสตร์ (3 คะแนน)	2. บอกได้ว่าประเด็น ปัญหา หรือคำถามใด สามารถตรวจสอบได้ด้วย วิธีการทางวิทยาศาสตร์ (3 คะแนน)	3. เสนอวิธีการสำรวจ จาก คำถามทางวิทยาศาสตร์ที่กำหนดให้ (9 คะแนน)	4. บอกและประเมินวิธีสำรวจตรวจสอบปัญหาทางวิทยาศาสตร์ได้ (3 คะแนน)	5. อธิบายและประเมินวิธีการที่นักวิทยาศาสตร์ใช้เพื่อให้แน่ใจถึงความน่าเชื่อถือของข้อมูล และความเป็นกลาง ของ คำอธิบาย (3 คะแนน)	รวม (21 คะแนน)	แปลผล
1							
2							
3							
4							
5							

เกณฑ์การตรวจสอบให้คะแนนสมรรถนะการประเมินและออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์

ตัวบ่งชี้สมรรถนะ	ตรวจได้จาก	ระดับคะแนน			
		3	2	1	0
1. สามารถระบุปัญหาที่ ต้องการสำรวจในการศึกษาทางวิทยาศาสตร์	การระบุปัญหาที่ต้องการสำรวจ	ระบุปัญหาได้ชัดเจนสอดคล้องกับสถานการณ์ที่กำหนดให้ดีมาก	ระบุปัญหาได้ชัดเจนสอดคล้องกับสถานการณ์ที่กำหนดให้เพียงบางส่วน	ระบุปัญหาได้ไม่ชัดเจนสอดคล้องกับสถานการณ์ที่กำหนดให้	ระบุปัญหาไม่ได้
2. แยกแยะได้ว่าประเด็นปัญหาหรือคำถามใดสามารถตรวจสอบได้ด้วยวิธีการทางวิทยาศาสตร์	การตอบคำถามที่แยกแยะได้ว่า ปัญหาที่เกิดขึ้นเป็นปัญหาที่สามารถใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ในการตรวจสอบได้หรือไม่อย่างไร	สามารถแยกแยะได้ว่าใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ที่ใช้ในการตรวจสอบได้ถูกต้องครอบคลุม	สามารถแยกแยะได้ว่าใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ที่ใช้ในการตรวจสอบได้ถูกต้องไม่ครอบคลุมบางส่วน	สามารถแยกแยะได้ว่าใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ที่ใช้ในการตรวจสอบได้ถูกต้องไม่ชัดเจน	ไม่สามารถแยกแยะได้
3. เสนอวิธีการสำรวจ จากคำถามทาง	การระบุตัวแปรต้น ตัวแปรตาม และตัวแปรควบคุม	สามารถระบุตัวแปรต้น ตัวแปรตาม และตัวแปรควบคุมได้ถูกต้อง	สามารถระบุตัวแปรต้น ตัวแปรตาม และตัวแปรควบคุม	สามารถระบุตัวแปรต้น ตัวแปรตาม และตัวแปรควบคุม	ไม่สามารถระบุตัวแปรต้น ตัวแปรตาม และตัวแปรควบคุมได้

ตัวบ่งชี้สมรรถนะ	ตรวจได้จาก	ระดับคะแนน			
		3	2	1	0
วิทยาศาสตร์ที่กำหนดให้		ครอบคลุม	ได้ถูกต้อง บางส่วน	ได้ไม่ชัดเจน	
	การเลือกใช้สารเคมีและอุปกรณ์ในการทดลอง	เลือกสารเคมีและอุปกรณ์ได้ครบถ้วนเหมาะสมเกี่ยวข้องกับการทดลองและระบุจำนวนที่ใช้ได้อย่างชัดเจน	เลือกสารเคมีและอุปกรณ์ได้ครบถ้วนเหมาะสมเกี่ยวข้องกับการทดลองและระบุจำนวนที่ใช้ได้บางส่วน	เลือกสารเคมีและอุปกรณ์ได้ครบถ้วนเหมาะสมเกี่ยวข้องกับการทดลองและไม่ระบุจำนวนที่ใช้	ไม่ได้ระบุสารเคมีและอุปกรณ์ที่ต้องใช้ในการทดลอง
	การออกแบบการทดลอง	ลำดับขั้นตอนการทดลองได้ถูกต้องชัดเจน เข้าใจง่ายและเกี่ยวข้องกับเรื่องที่กำหนด	ลำดับขั้นตอนการทดลองได้ถูกต้องชัดเจนบางส่วนและเกี่ยวข้องกับเรื่องที่กำหนด	ลำดับขั้นตอนการทดลองได้ไม่ถูกต้องไม่ชัดเจนและไม่เกี่ยวข้องกับเรื่องที่กำหนด	ขั้นตอนการทดลองไม่ถูกต้อง ไม่ชัดเจน ไม่เกี่ยวข้องกับเรื่องที่กำหนด
4. ประเมินวิธีสำรวจตรวจสอบปัญหาทางวิทยาศาสตร์	การประเมินวิธีสำรวจตรวจสอบปัญหาทางวิทยาศาสตร์	ประเมินได้ว่าวิธีการทดลองนั้นมีความถูกต้องหรือไม่ อย่างไร พร้อมให้เหตุผล	ประเมินได้ว่าวิธีการทดลองนั้นมีความถูกต้องและสามารถเลือกวิธีการทดลองที่มี	ประเมินได้ว่าวิธีการทดลองนั้นมีความถูกต้องและสามารถเลือกวิธีการทดลองที่มี	ไม่สามารถประเมินได้ว่าวิธีการทดลองนั้นมีความถูกต้องหรือไม่ อย่างไร สามารถเลือก

ตัวบ่งชี้ สมรรถนะ	ตรวจได้จาก	ระดับคะแนน			
		3	2	1	0
วิทยาศาสตร์ที่กำหนดให้		ประกอบอย่างสมเหตุสมผลและสามารถเลือกวิธีการทดลองที่มีความถูกต้องที่สุดพร้อมให้เหตุผลประกอบอย่างสมเหตุสมผล และสามารถระบุข้อบกพร่องของวิธีการนั้น ๆ และเสนอแนะแนวทางในการแก้ไข	ความถูกต้องที่สุดและสามารถระบุข้อบกพร่องของวิธีการนั้น ๆ และเสนอแนะแนวทางในการแก้ไขได้แต่ไม่สมเหตุสมผล	ความถูกต้องและสามารถระบุข้อบกพร่องของวิธีการนั้น ๆ และเสนอแนะแนวทางในการแก้ไขได้แต่ไม่มีการให้เหตุผล	วิธีการทดลองได้ และไม่สามารถระบุข้อบกพร่องของวิธีการนั้น ๆ ได้และไม่สามารถเสนอแนะแนวทางในการแก้ไขพร้อมให้เหตุผลประกอบอย่างไม่สมเหตุสมผล
5. บรรยายและประเมินวิธีการต่าง ๆ ที่นักวิทยาศาสตร์ใช้ในการยืนยันถึงความน่าเชื่อถือ	การยืนยันความน่าเชื่อถือของข้อมูล	มีการระบุการทดลองชุดควบคุมและการทดลองซ้ำในขั้นตอนการออกแบบ การทดลองและสามารถลงมือปฏิบัติการทดลองได้	มีการระบุการทดลองชุดควบคุมและการทดลองซ้ำ ในขั้นตอนการออกแบบการทดลองและสามารถ	มีการระบุการทดลองชุดควบคุมและการทดลองซ้ำ ในขั้นตอนการออกแบบการทดลองแต่ไม่สามารถลงมือปฏิบัติการจริงได้	ไม่มีการระบุการทดลองชุดควบคุมและการทดลองซ้ำในขั้นตอนการออกแบบการทดลองและไม่สามารถลงมือปฏิบัติ

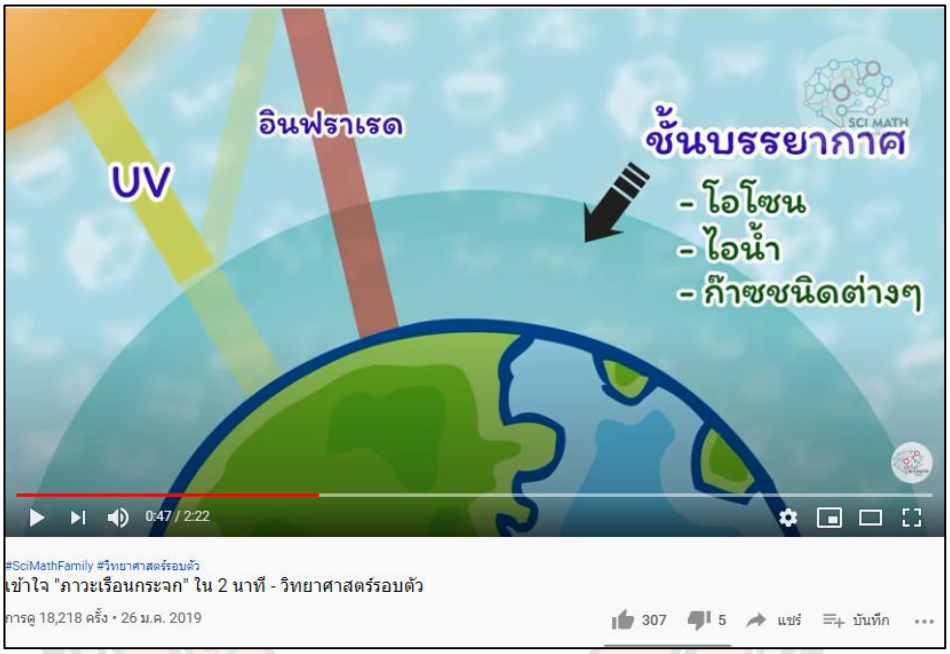
ตัวบ่งชี้ สมรรถนะ	ตรวจได้จาก	ระดับคะแนน			
		3	2	1	0
ของข้อมูล และความเป็นกลางและการสรุปอ้างอิง จากคำอธิบาย		จริงตามที่ออกแบบไว้หรือมีการระบุแหล่งที่มาของข้อมูล	ลงมือปฏิบัติการทดลองได้บางส่วน		การทดลองได้จริง

เกณฑ์การตัดสินคุณภาพ

คะแนน	ระดับคุณภาพ	เกณฑ์การตัดสิน
17-21	ดีมาก	นักเรียนได้คะแนนตั้งแต่ 7 ขึ้นไปหรือระดับดี ถือว่าผ่านการประเมิน
12-16	ดี	
7-11	พอใช้	
ต่ำกว่า 6	ปรับปรุง	

สื่อการเรียนรู้แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1: สื่อวีดิทัศน์

คลิปวีดีทัศน์: เข้าใจ "ภาวะเรือนกระจก" ใน 2 นาที - วิทยาศาสตร์รอบตัว



สื่อวีดิทัศน์เรื่อง ภาวะเรือนกระจก อธิบายเกี่ยวข้องกับกระบวนการการเกิดปรากฏการณ์ภาวะเรือนกระจก (greenhouse effect)

แหล่งที่มา: เว็บไซต์อ้างอิง
https://www.youtube.com/watch?v=jUkWypOxKbM
เผยแพร่เมื่อ 26 มกราคม พ.ศ. 2562
(ช่องYouTube: SciMathFamily)

ภาคผนวก ง การวิเคราะห์ข้อมูลการวิจัยโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป

1. ผลคะแนนการทดลองใช้กับกลุ่มตัวอย่าง คะแนนสอบก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้โดยใช้การออกแบบ 6E ตามแนวคิด STEAM ร่วมกับปัญหาเป็นฐานเพื่อส่งเสริมสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ด้านการประเมินและการออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ปฏิกิริยาเคมี สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 จำนวน 37 คน

2. ผลการวิเคราะห์การเปรียบเทียบสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ด้านการประเมินและการออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ปฏิกิริยาเคมี ระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียน โดยใช้การออกแบบ 6E ตามแนวคิด STEAM ร่วมกับปัญหาเป็นฐาน สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

3. ผลการวิเคราะห์การเปรียบเทียบสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ด้านการประเมินและการออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ปฏิกิริยาเคมี หลังเรียนเทียบกับเกณฑ์ร้อยละ 70 โดยใช้การออกแบบ 6E ตามแนวคิด STEAM ร่วมกับปัญหาเป็นฐาน สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

ตาราง 31 ผลคะแนนการทดลองใช้กับกลุ่มตัวอย่าง คะแนนสอบก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้โดยใช้การออกแบบ 6E ตามแนวคิด STEAM ร่วมกับปัญหาเป็นฐาน เพื่อส่งเสริมสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ด้านการประเมินและการออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ปฏิกิริยาเคมี สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 จำนวน 37 คน

คนที่	คะแนนก่อนเรียน													
	ข้อ 1	ข้อ 2	ข้อ 3	ข้อ 4	ข้อ 5	ข้อ 6	ข้อ 7	ข้อ 8	ข้อ 9	ข้อ 10	ข้อ 11	ข้อ 12	ข้อ 13	รวม (30)
1	1	1	2	1	1	1	1	1	0	1	1	1	0	12
2	0	2	2	1	2	2	1	1	0	1	1	0	2	15
3	1	1	1	1	2	2	0	2	2	2	1	1	0	16
4	0	1	1	0	2	1	2	2	2	2	1	1	2	17
5	1	2	0	2	2	2	1	1	2	2	1	1	1	18
6	0	1	1	1	2	0	1	0	0	1	1	1	1	10
7	1	2	1	1	1	1	1	1	1	2	1	0	1	14
8	1	2	2	1	1	1	1	0	1	1	0	0	2	13
9	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0	1	11
10	1	1	1	2	1	1	1	0	0	0	1	0	0	9
11	1	2	1	1	1	0	2	0	0	1	1	0	2	12
12	1	1	1	0	1	1	1	0	1	1	1	0	1	10
13	0	1	1	0	0	0	2	0	0	1	1	1	1	8
14	1	2	1	1	1	1	0	0	0	0	1	0	0	8
15	0	1	0	1	0	0	1	1	0	1	0	1	1	7
16	1	1	1	1	1	2	0	0	0	0	0	1	1	9
17	1	1	0	1	1	1	0	1	1	1	2	1	2	13
18	1	2	1	0	1	1	1	1	0	0	1	0	1	10
19	0	1	0	1	0	2	0	0	0	1	1	0	2	8
20	1	0	1	0	1	0	1	1	0	2	1	0	1	9
21	1	1	0	1	1	1	1	0	2	0	2	0	2	12

คนที่	คะแนนก่อนเรียน													
	ข้อ 1	ข้อ 2	ข้อ 3	ข้อ 4	ข้อ 5	ข้อ 6	ข้อ 7	ข้อ 8	ข้อ 9	ข้อ 10	ข้อ 11	ข้อ 12	ข้อ 13	รวม (30)
22	0	0	1	0	1	0	1	1	2	2	1	1	0	10
23	1	2	0	0	1	1	0	0	1	0	0	0	1	7
24	1	2	1	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	7
25	1	1	1	1	0	2	0	1	1	1	1	0	1	11
26	1	2	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	2	8
27	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	3
28	0	2	0	1	0	2	1	0	0	0	1	0	0	7
29	1	0	0	0	1	1	1	2	1	0	2	0	1	10
30	0	0	0	0	1	2	2	0	1	2	1	0	1	10
31	1	1	1	1	0	1	0	0	1	0	0	1	0	7
32	0	2	0	0	0	0	1	2	0	1	2	0	1	9
33	1	1	1	1	1	2	1	1	1	2	0	1	1	14
34	0	1	0	1	0	1	1	1	1	1	0	2	1	10
35	1	0	0	1	1	0	1	2	2	1	1	1	0	11
36	0	1	2	1	2	1	1	2	2	1	0	1	1	15
37	0	0	1	1	1	2	0	1	1	0	1	1	1	10
รวมคะแนนก่อนเรียน														**390**

คนที่	คะแนนหลังเรียน													
	ข้อ 1	ข้อ 2	ข้อ 3	ข้อ 4	ข้อ 5	ข้อ 6	ข้อ 7	ข้อ 8	ข้อ 9	ข้อ 10	ข้อ 11	ข้อ 12	ข้อ 13	รวม (30)
1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	4	3	1	1	27
2	2	2	2	2	2	1	2	2	3	2	1	2	2	25
3	1	1	2	2	2	2	2	2	3	2	2	1	2	24
4	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	2	25
5	2	2	2	2	2	2	2	2	3	2	3	1	2	27
6	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	2	25
7	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	2	25
8	2	2	2	2	1	2	2	2	3	1	1	1	2	23
9	1	1	2	1	2	2	2	2	2	3	3	1	2	24
10	1	1	2	2	2	2	2	1	2	3	1	1	2	22
11	2	3	0	2	2	2	2	2	3	3	2	1	2	26
12	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	2	25
13	1	1	2	2	2	2	2	1	2	2	2	1	2	22
14	2	2	2	1	2	2	2	2	2	3	2	1	2	25
15	1	1	2	1	2	2	2	2	2	2	3	1	2	23
16	2	1	2	2	2	2	2	2	2	2	3	1	2	25
17	2	1	2	2	2	2	2	2	3	4	2	1	1	26
18	1	2	1	1	2	2	2	2	2	2	2	1	2	22
19	2	1	2	2	2	2	2	2	2	4	3	1	2	27
20	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	2	23
21	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	2	25
22	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	23
23	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	2	1	1	25
24	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	24
25	2	2	2	2	2	2	2	2	1	2	1	1	2	23
26	2	2	2	2	2	2	2	1	2	1	1	1	2	22
27	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	2	1	2	24

คนที่	คะแนนหลังเรียน													
	ข้อ 1	ข้อ 2	ข้อ 3	ข้อ 4	ข้อ 5	ข้อ 6	ข้อ 7	ข้อ 8	ข้อ 9	ข้อ 10	ข้อ 11	ข้อ 12	ข้อ 13	รวม (30)
28	2	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	1	2	22
29	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	2	1	2	26
30	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	1	1	2	25
31	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	2	25
32	2	2	2	2	2	2	1	2	2	2	1	0	2	22
33	2	2	1	2	2	2	2	2	2	4	3	1	2	27
34	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	0	2	23
35	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	1	2	26
36	2	1	2	1	2	2	2	2	2	2	2	1	2	23
37	2	2	2	2	2	2	2	2	1	2	2	1	2	24
รวมคะแนนหลังเรียน														**900**

ตาราง 32 ผลการวิเคราะห์การเปรียบเทียบสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ด้านการประเมินและการออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ปฏิกิริยาเคมี ระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียน โดยใช้การออกแบบ 6E ตามแนวคิด STEAM ร่วมกับปัญหาเป็นฐาน สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

Paired Samples Statistics

		Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1	คะแนนหลังเรียน	24.3243	37	1.58209	.26009
	คะแนนก่อนเรียน	10.5405	37	3.19370	.52504

Paired Samples Correlations

		N	Correlation	Sig.
Pair 1	คะแนนหลังเรียน & คะแนนก่อนเรียน	37	.349	.034

Paired Samples Test

		Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference				
					Lower	Upper			
Pair 1	คะแนนหลังเรียน - คะแนนก่อนเรียน	13.78	3.0288	.4979	12.7739	14.7936	27.68	36	.000

ตาราง 33 ผลการวิเคราะห์การเปรียบเทียบสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ด้านการประเมินและการออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ปฏิกิริยาเคมี หลังเรียนเทียบกับเกณฑ์ร้อยละ 70 โดยใช้การออกแบบ 6E ตามแนวคิด STEAM ร่วมกับปัญหาเป็นฐาน สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

One-Sample Statistics

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
คะแนนหลังเรียน	37	24.3243	1.58209	.26009

One-Sample Test

	Test Value = 21					
	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
					Lower	Upper
คะแนนหลังเรียน	12.781	36	.000	3.32432	2.7968	3.8518