ผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง สารละลาย ที่มีต่อความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ และความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ ของนักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนเตรียมอุดมศึกษาพัฒนาการ พัทลุง

นายจิรยุทธ ขุนอักษร

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต วิชาเอก วิทยาศาสตร์ศึกษา

สาขาวิชาศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช

พ.ศ. 2566

The Effects of Model-based Learning Instruction in the Topic of Solution on Scientific Modeling Ability and Scientific Explanation Ability of Grade 8 Students in Triamudomsuksapattanakarn Phatthalung School

Mr. JIRAYUT KHUNAKSON

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for

the Degree of Master of Education in Science Education

School of Educational Studies

Sukhothai Thammathirat Open University

2023

หัวข้อวิทยานิพนธ์	ผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง สารละลาย ที่มีต่อความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ และความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนเตรียมอุดมศึกษาพัฒนาการ พัทลุง
ชื่อและนามสกุล	นายจิรยุทธ ขุนอักษร
แขนงวิชา / วิชาเอก	วิทยาศาสตร์ศึกษา
สาขาวิชา	ศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช
อาจารย์ที่ปรึกษา	1. รองศาสตราจารย์ ดร.นวลจิตต์ เชาวกีรติพงศ์
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	2. รองศาสตราจารย์ ดร.ดวงเดือน สุวรรณจินดา

วิทยานิพนธ์นี้ได้รับความเห็นชอบให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรระดับปริญญาโท เมื่อวันที่ 23 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2567

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

---------- กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.นวลจิตต์ เชาวกีรติพงศ์)

---------- กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.ดวงเดือน สุวรรณจินดา)

---------- ประธานกรรมการบัณฑิตศึกษา
(รองศาสตราจารย์ ดร.นราธิป ศรีราม)

ชื่อวิทยานิพนธ์ ผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง สารละลาย ที่มีต่อความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ และความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ ของนักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนเตรียมอุดมศึกษาพัฒนาการ พัทลุง
ผู้วิจัย นายจิรยุทธ ขุนอักษร รหัสนักศึกษา 2642000331
ปริญญา: ศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต (วิทยาศาสตร์ศึกษา)
อาจารย์ที่ปรึกษา (1) รองศาสตราจารย์ ดร.นวลจิตต์ เชาวกีรติพงศ์ (2) รองศาสตราจารย์ ดร.ดวงเดือน สุวรรณจินดา ปีการศึกษา 2566

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) เปรียบเทียบความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานกับนักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบปกติ 2) เปรียบเทียบความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานระหว่างก่อนเรียนกับหลังเรียน 3) เปรียบเทียบความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานกับนักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบปกติ และ 4) เปรียบเทียบความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานระหว่างก่อนเรียนกับหลังเรียน

กลุ่มตัวอย่างในการวิจัย ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนเตรียมอุดมศึกษาพัฒนาการ พัทลุง ปีการศึกษา 2566 จำนวน 70 คน 2 ห้องเรียน ได้มาโดยการสุ่มแบบกลุ่ม ซึ่งแบ่งเป็นกลุ่มทดลอง และกลุ่มควบคุม เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ 1) แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง สารละลาย จำนวน 4 แผน ใช้เวลาเรียน 18 ชั่วโมง 2) แผนการจัดการเรียนรู้แบบปกติจำนวน 4 แผน ใช้เวลาเรียน 18 ชั่วโมง 3) แบบวัดความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ และ 4) แบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และการทดสอบค่าที

ผลการวิจัยปรากฏว่า 1) นักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานมีความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์สูงกว่านักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 2) นักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน มีความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 3) นักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานมีความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์สูงกว่านักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และ 4) นักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานมีความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

คำสำคัญ การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน แบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ การสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ มัธยมศึกษา

Thesis title: “The Effects of Model-based Learning Instruction in the Topic of Solution on Scientific Modeling Ability and Scientific Explanation Ability of Grade 8 Students in Triamudomsuksapattanakarn Phatthalung School”
Researcher: “Mr. JIRAYUT KHUNAKSON”; ID: “2642000331”;
Degree: Master of Education (Science Education);
Thesis advisors: (1) Associate Professor Dr. Nuanjid Chaowakeratipong;(2) Associate Professor Dr. Duongdearn Suwanjinda ; Academic year: 2023

Abstract

The purposes of this research were to 1) compare the scientific modeling ability of grade 8 students who learned through model-based learning instruction and the students who learned through traditional instruction, 2) compare the scientific modeling ability of grade 8 students before and after learning through model-based learning instruction 3) compare the scientific explanation ability of grade 8 students who learned by model-based learning instruction and the students who learned through traditional instruction, and 4) compare the scientific explanation ability of grade 8 students before and after learning through model-based learning instruction.

The research sample consisted of 70 grade 8 students from 2 classrooms of Triamudomsuksapattanakarn Phatthalung School who studied in the academic year 2023, obtained by cluster random sampling. One class was randomly assigned as an experiment group and another group was assigned as a control group. The research instruments were 1) 4 lesson plans based on model-based learning instruction in the topic of solution for 18 hours, 2) 4 lesson plans based on traditional instruction for 18 hours, 3) a scientific modeling ability test, and 4) a scientific explanation ability test. The statistics used for data analysis were the mean, standard deviation, and t-test.

The research findings showed that 1) the scientific modeling ability of students who learned through model-based learning instruction was higher than those of the students who learned by traditional instruction at the .05 level of statistical significance, 2) the scientific modeling ability of the students who learned through model-based learning instruction was higher than their pre-learning counterpart ability at the .05 level of statistical significance, 3) the scientific explanation ability of students who learned through model-based learning instruction was higher than those of the students who learned through traditional instruction at the .05 level of statistical significance and 4) the scientific explanation ability of students who learned through model-based learning instruction was higher than their pre-learning counterpart ability at the .05 level of statistical significance.

Keywords : Model-based Learning Instruction Scientific modeling Scientific explanation, Secondary Education

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความกรุณา และอนุเคราะห์อย่างดียิ่ง จาก รองศาสตราจารย์ ดร.นวลจิตต์ เชาวกีรติพงศ์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก และรองศาสตราจารย์ ดร. ดวงเดือน สุวรรณจินดา อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม นับตั้งแต่เริ่มต้นจนสำเร็จสมบูรณ์ที่ให้ความช่วยเหลือ ให้คำปรึกษา ข้อความคิดและความเห็นทางวิชาการอันเป็นประโยชน์อย่างยิ่ง ตลอดจนตรวจสอบแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ติดตามการทำวิทยานิพนธ์อย่างดีเสมอมา ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งในความกรุณาของท่านเป็นอย่างยิ่ง และขอขอบพระคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กุลธิดา นุกูลธรรม ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ที่กรุณาให้คำแนะนำและตรวจพิจารณาแก้ไขอันเป็นประโยชน์ต่อความถูกต้องและความสมบูรณ์ในวิทยานิพนธ์ยิ่งขึ้น ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

ขอขอบพระคุณ นางสาวพัศยา สันสน นางศศิธร เต็มสิริโชติ และนางสาวเสาวรภย์ แสงอรุณ ที่ให้ความอนุเคราะห์เป็นผู้เชี่ยวชาญในการพิจารณาคุณภาพเครื่องมือวิจัยและให้คำแนะนำอื่น ๆ ต่อการทำวิจัย ขอขอบคุณผู้อำนวยการโรงเรียน คณะครูกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี และนักเรียนที่มีส่วนเกี่ยวข้องที่ให้ความร่วมมือ อำนวยความสะดวกในการทดลอง และเก็บรวบรวมข้อมูลเป็นอย่างดี

ขอขอบพระคุณ คณาจารย์สาขาวิชาศึกษาศาสตร์ วิชาเอกวิทยาศาสตร์ศึกษา ทุกท่านที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ และเพื่อนร่วมเอกวิทยาศาสตร์ศึกษาที่คอยให้ความช่วยเหลือในการเรียนตลอดระยะเวลาที่ศึกษา

สุดท้าย ขอขอบพระคุณ บิดา มารดา พี่ น้อง เพื่อน ตลอดจนผู้ที่ให้การสนับสนุนช่วยเหลือเป็นแรงผลักดันและคอยให้กำลังใจจนทำให้การวิจัยสำเร็จไปได้ด้วยดี คุณค่าและประโยชน์อันพึงมีจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้วิจัยมอบให้ผู้สนใจในการศึกษา และผู้มีส่วนสำคัญต่อความสำเร็จในการวิจัยครั้งนี้

นายจิรยุทธ ขุนอักษร

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ

กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ

สารบัญตาราง ..... ฌ

สารบัญภาพ ..... ฏ

บทที่ 1 บทนำ 1

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1

วัตถุประสงค์การวิจัย 4

กรอบแนวคิดการวิจัย 5

สมมติฐานการวิจัย 5

ขอบเขตการวิจัย 6

นิยามศัพท์เฉพาะ 7

ประโยชน์ที่ได้รับ 8

บทที่ 2 วรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง 9

หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ปรับปรุง พุทธศักราช 2560) 10

การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน 17

ความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ 34

ความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ 44

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 52

บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย 57

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง 57

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย 57

การสร้างและหาคุณภาพเครื่องมือ 58

การเก็บรวบรวมข้อมูล 74

การวิเคราะห์ข้อมูล 74

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล 77
ตอนที่ 1 ผลการเปรียบเทียบความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานกับนักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบปกติ 78
ตอนที่ 2 ผลการเปรียบเทียบความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานระหว่างก่อนเรียนกับหลังเรียน 80
ตอนที่ 3 ผลการเปรียบเทียบความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานกับนักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบปกติ 82
ตอนที่ 4 ผลการเปรียบเทียบความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานระหว่างก่อนเรียนกับหลังเรียน 84
บทที่ 5 สรุปการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ 86
สรุปการวิจัย 86
อภิปรายผล 89
ข้อเสนอแนะ 94
บรรณานุกรม 96
ภาคผนวก 104
ก รายนามผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือวิจัย 105
ข - ตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน
- ตัวอย่างแผนการจัดการเรียนแบบปกติ 107
ค เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล 124
ประวัติผู้วิจัย 148

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 2.1 โครงสร้างหน่วยการเรียนรู้ รายวิชาวิทยาศาสตร์ ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 16
ตารางที่ 2.2 ความสอดคล้องของขั้นตอนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน 29
ตารางที่ 2.3 ความสัมพันธ์ของบทบาทของครู และนักเรียน กับขั้นตอนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน 32
ตารางที่ 2.4 องค์ประกอบความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ 37
ตารางที่ 2.5 พฤติกรรมบ่งชี้ที่แสดงถึงความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ด้านการสร้างและใช้แบบจำลอง 38
ตารางที่ 2.6 พฤติกรรมบ่งชี้ที่แสดงถึงความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ด้านปรับปรุงและประเมินแบบจำลอง 39
ตารางที่ 2.7 ความสอดคล้องของขั้นตอนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน องค์ประกอบความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ ตัวบ่งชี้ความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ และองค์ประกอบในแบบวัดความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ 42
ตารางที่ 2.8 กรอบแนวคิดแบบวัดความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ของผู้วิจัย 43
ตารางที่ 2.9 พฤติกรรมบ่งชี้ความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ 48
ตารางที่ 2.10 ความสอดคล้ององค์ประกอบคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ ตัวบ่งชี้ความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ และองค์ประกอบในแบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักการศึกษา 51
ตารางที่ 2.11 กรอบแนวคิดแบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของผู้วิจัย 52
ตารางที่ 3.1 รายละเอียดขั้นตอนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน 58
ตารางที่ 3.2 โครงสร้างแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง สารละลาย 61
ตารางที่ 3.3 กรอบแนวคิดการวัดความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ 68

สารบัญตาราง (ต่อ)

หน้า

ตารางที่ 3.4 เกณฑ์การให้คะแนนแบบวัดความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ ข้อที่ 1 การสร้างแบบจำลอง 69
ตารางที่ 3.5 เกณฑ์การให้คะแนนแบบวัดความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ ข้อที่ 2 การแก้ไขปรับปรุงแบบจำลอง 70
ตารางที่ 3.6 เกณฑ์การให้คะแนนแบบวัดความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ ข้อที่ 3 การเปรียบเทียบและประเมินแบบจำลอง 70
ตารางที่ 3.7 กรอบแนวคิดการวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ 72
ตารางที่ 3.8 เกณฑ์การให้คะแนนแบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ 72
ตารางที่ 4.1 ผลการเปรียบเทียบคะแนนความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน กับนักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบปกติ 78
ตารางที่ 4.2 ผลการเปรียบเทียบคะแนนความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนของนักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานกับนักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบปกติแยกตามองค์ประกอบ 79
ตารางที่ 4.3 ผลการเปรียบเทียบคะแนนความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานระหว่างก่อนเรียนกับหลังเรียน 80
ตารางที่ 4.4 ผลการเปรียบเทียบคะแนนความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานระหว่างก่อนเรียนกับหลังเรียนแยกตามองค์ประกอบ 80
ตารางที่ 4.5 ผลการเปรียบเทียบคะแนนความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน กับนักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบปกติ 82

สารบัญตาราง(ต่อ)

หน้า

ตารางที่ 4.6 ผลการเปรียบเทียบคะแนนความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์หลังเรียนของนักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานกับนักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบปกติ แยกตามองค์ประกอบ 83
ตารางที่ 4.7 ผลการเปรียบเทียบคะแนนความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานระหว่างก่อนเรียนกับหลังเรียน 84
ตารางที่ 4.8 ผลการเปรียบเทียบคะแนนความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานระหว่างก่อนเรียนกับหลังเรียน แยกตามองค์ประกอบ 84

มหาวิทยาลัย
สุโขทัยธรรมาธิราช

สารบัญรูปภาพ

หน้า

ภาพที่ 1.1 กรอบแนวคิดการวิจัย 5
ภาพที่ 2.1 การเรียนรู้อย่างมีความหมาย 24

บทที่ 1
บทนำ

1. ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมีความสำคัญกับการดำเนินชีวิตของมนุษย์ เป็นกลไกสำคัญในการขับเคลื่อนพัฒนาประเทศชาติไปสู่ความเจริญในทุกด้าน ข้อมูลข่าวสารต่าง ๆ สามารถเผยแพร่ถึงกันได้อย่างไร้พรมแดน แต่ละประเทศต้องเร่งพัฒนาคนให้มีความรู้เท่าทันวิทยาการต่าง ๆ เพื่อให้สามารถพัฒนาประเทศให้ก้าวหน้าทัดเทียมกัน ประเทศที่พัฒนาวิทยาศาสตร์พื้นฐานได้ดีย่อมอยู่ในฐานะที่ได้เปรียบ เพราะสามารถนำองค์ความรู้ไปประยุกต์เพื่อทำให้เกิดผลิตภัณฑ์ใหม่ บริการใหม่ ทำให้มีฐานะที่ดีขึ้น สร้างความยั่งยืนและมั่นคงได้ โจทย์สำคัญของประเทศจึงอยู่ที่การพัฒนาขีดความสามารถพื้นฐานซึ่งเกิดขึ้นจากการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ของสังคม (พรชัย มาตังคสมบัติ, 2565) การเรียนวิทยาศาสตร์จะช่วยให้เข้าใจชีวิต และโลกที่อยู่รอบตัวได้ดีขึ้น ทำให้เข้าใจธรรมชาติ สามารถตอบคำถามต่าง ๆ ได้อย่างมีเหตุผล และที่สำคัญคือทำให้มีเครื่องมือในการแก้ปัญหาต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นในโลกของความเป็นจริงได้มากขึ้น หัวใจสำคัญของการเรียนวิทยาศาสตร์ คือ ต้องแก้ปัญหาเป็น ตอบโจทย์ความต้องการของสังคมได้ พัฒนาชีวิตโดยมีวิทยาศาสตร์เป็นพื้นฐานในการพัฒนาเทคโนโลยีรองรับความจำเป็นในการดำรงชีวิตของมนุษย์และสามารถอยู่ร่วมกับสิ่งแวดล้อมได้อย่างยั่งยืน (ธัชชัย สุมิตร, 2565)

เป้าหมายหนึ่งของการศึกษาวิทยาศาสตร์ในประเทศไทย คือ การเตรียมนักเรียนให้เป็นผู้ที่มีความเป็นเหตุเป็นผลในการแก้ปัญหา โดยจะต้องใช้เหตุผลจากหลักการทางวิทยาศาสตร์เพื่อหาคำตอบ ซึ่งการได้คำตอบที่ถูกต้องอาจมาจากการใช้กลยุทธ์ที่แตกต่างกัน สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2564) กล่าวว่า การรู้วิทยาศาสตร์ เป็นเป้าหมายของการจัดการศึกษาด้านวิทยาศาสตร์และเป็นสิ่งสำคัญที่ต้องพัฒนาประชาชนในประเทศให้มีความเข้าใจที่ถูกต้องเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์เพื่อนำไปสู่สังคมวิทยาศาสตร์ที่มีคุณภาพชีวิตที่ดี บุคคลที่ได้ชื่อว่า เป็นผู้รู้วิทยาศาสตร์ (Scientifically Literate Person) คือ ผู้ที่สามารถสื่อสารหรือโต้แย้งในประเด็นที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอย่างเป็นเหตุเป็นผล ซึ่งบุคคลนั้นจำเป็นต้องรู้และใช้องค์ประกอบหลายอย่าง ได้แก่ บริบทหรือสถานการณ์ของวิทยาศาสตร์ ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ และสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์

สมเกียรติ ยังจีน (2564) กล่าวถึง สมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ว่า สมรรถนะหมายถึง ความรู้ความสามารถ ทักษะและคุณลักษณะที่มีอยู่ในตัวบุคคลที่สามารถวัดได้จากพฤติกรรมการทำงานที่แสดงออกมาให้เห็นและส่งผลให้บุคคลนั้น ๆ สามารถปฏิบัติงานให้บรรลุเป้าหมายของงานที่ตั้งไว้ได้อย่างมี

ประสิทธิภาพ โดยสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2564) กำหนดสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ไว้ 3 ประการ ได้แก่ (1) การอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ (2) การประเมินและออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ และ (3) การแปลความหมายข้อมูลและการใช้ประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์ องค์ประกอบหนึ่งของสมรรถนะที่ 1 การอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ คือ การนำความรู้ทางวิทยาศาสตร์มาใช้สร้างคำอธิบาย โดย National Research Council (1996) กล่าวว่า การอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์เป็นความสามารถพื้นฐานและความเข้าใจพื้นฐานของการสืบสอบทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งนักเรียนควรจะให้ความสำคัญกับหลักฐานที่ช่วยให้สามารถพัฒนาคำอธิบายและประเมินผลคำอธิบายที่มุ่งตอบคำถามทางวิทยาศาสตร์ มีความเข้าใจที่ชัดเจนว่าคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ให้ความสำคัญกับหลักฐาน และการใช้หลักการทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์

นอกจากนี้สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2564) ยังกำหนดให้ การระบุใช้ และสร้างแบบจำลอง เป็นอีกองค์ประกอบหนึ่งของสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ เป็นความสามารถในการสร้างแบบจำลองเชิงอธิบายที่ใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์เพื่อนำเสนอความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบของแบบจำลองที่เกี่ยวข้องกับปรากฏการณ์นั้นได้อย่างสมเหตุสมผล สำหรับการสอนวิทยาศาสตร์ที่มีเนื้อหาเข้าใจยากจำเป็นต้องใช้แบบจำลองทางวิทยาศาสตร์เป็นตัวช่วยในการอธิบายให้เข้าใจง่ายขึ้น (Gilbert, 2004) เพราะแบบจำลองเป็นสื่อกลางที่นักเรียนสามารถนำมาใช้ตีความสิ่งต่าง ๆ รวมทั้งนำแง่มุมที่หลากหลายของข้อเท็จจริงมาใช้อธิบาย โดยการนำเสนอความเชื่อมโยงของข้อเท็จจริงเหล่านั้นในรูปแบบที่เข้าใจได้ง่าย แบบจำลองจึงเป็นเครื่องมือหนึ่งที่ช่วยให้ครูเข้าถึงการสร้างความเข้าใจของนักเรียนต่อสิ่งที่เรียนรู้ได้ (Acher et. al., 2007) ดังที่สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ได้เพิ่มทักษะการสร้างแบบจำลองเป็นทักษะที่ 14 ของกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ปรับปรุง พุทธศักราช 2560) ระบุว่าทักษะการสร้างแบบจำลอง คือ การสร้างและใช้สิ่งที่สร้างขึ้นมา เพื่อเลียนแบบจำลองสถานการณ์และอธิบายปรากฏการณ์ที่เราศึกษาหรือสนใจ เพื่อนำเสนอและรวบยอดความคิดให้ผู้อื่นเข้าใจได้ง่าย เช่น การสร้างกราฟแผนภาพ ภาพเคลื่อนไหว เป็นต้น (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี., 2561)

จากการประเมินผลนักเรียนนานาชาติ (Program for International Student Assessment : PISA) มีการประเมินสมรรถนะใน 3 ด้าน คือ การรู้เรื่องการอ่าน การรู้เรื่องคณิตศาสตร์ และการรู้เรื่องวิทยาศาสตร์ โดยผลการทดสอบการรู้เรื่องวิทยาศาสตร์ เป็นตัวสะท้อนความสำเร็จของการศึกษาวิทยาศาสตร์ได้เป็นอย่างดี ผลการทดสอบการรู้เรื่องวิทยาศาสตร์ของประเทศไทยในปี 2018 พบว่า นักเรียนไทยมีคะแนนวิทยาศาสตร์ 426 คะแนน (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2564) ซึ่งต่ำกว่าค่าเฉลี่ย OECD โดยประเทศไทยมีนักเรียนร้อยละ 56 ที่มีความสามารถทางวิทยาศาสตร์ตั้งแต่ระดับ 2 ขึ้นไป ซึ่งนักเรียนระดับนี้สามารถรู้คำอธิบายที่ถูกต้องของปรากฏการณ์เชิงวิทยาศาสตร์ที่คุ้นเคยและสามารถใช้ความรู้ดังกล่าวเพื่อระบุประเด็นต่าง ๆ ได้ รวมทั้งยังมีนักเรียนไทยร้อยละ 44

ที่มีความสามารถทางวิทยาศาสตร์ไม่ถึงระดับ 2 แสดงให้เห็นว่านักเรียนดังกล่าวยังขาดสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์

เช่นเดียวกับผลการทดสอบทางการศึกษาระดับชาติขั้นพื้นฐาน (O - NET) ของกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี โรงเรียนเตรียมอุดมศึกษาพัฒนาการ พัทลุง พบว่า คะแนนเฉลี่ยของการทดสอบในปีการศึกษา 2563 - 2565 ต่ำกว่าระดับชาติ และจากการติดตามผลการจัดการเรียนรู้รายวิชาวิทยาศาสตร์ โดยพิจารณาจากผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียน การสัมภาษณ์ครูผู้สอน บันทึกหลังการจัดการเรียนรู้ พบว่า ผลการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ยังไม่ประสบผลสำเร็จเท่าที่ควร โดยเฉพาะในระหว่างการจัดกระบวนการเรียนรู้ สังเกตได้ว่าความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์และความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนยังอยู่ในระดับที่ต้องพัฒนา การที่จะพัฒนาให้นักเรียนมีความสามารถทั้งสองนั้นมีหลักสำคัญ คือ การให้นักเรียนทำความเข้าใจปรากฏการณ์ที่อยู่บนพื้นฐานของข้อเท็จจริงทางวิทยาศาสตร์ (Osborne & Patterson, 2011) ดังนั้นการปรับเปลี่ยนวิธีการจัดการเรียนรู้ของครูเป็นสิ่งที่จำเป็นอย่างยิ่ง โดยต้องเปลี่ยนวิธีการจัดการเรียนรู้ที่เน้นให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติ และสามารถสร้างความรู้ด้วยตนเอง เพื่อเป็นพื้นฐานไปสู่ความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งจะมีผลในการพัฒนาความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนได้ด้วย

จากการศึกษาทฤษฎีการสร้างความรู้ ซึ่งเป็นทฤษฎีการเรียนรู้ในกลุ่มปัญญานิยม มีประเด็นสำคัญคือ ผู้เรียนเป็นผู้สร้างองค์ความรู้จากความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งที่พบใหม่กับความรู้เดิมที่มีอยู่โดยกระบวนการทางปัญญาของตน และกระบวนการทางปัญญาเป็นผลของความพยายามทางความคิดที่ผู้เรียนใช้สร้างเสริมความรู้ของตัวเองผ่านกระบวนการทางจิตวิทยา ผู้สอนไม่สามารถปรับเปลี่ยนโครงสร้างทางสติปัญญาของผู้เรียนได้ แต่สามารถช่วยให้ผู้เรียนเปลี่ยนโครงสร้างทางสติปัญญาของตัวเองได้โดยการจัดสถานการณ์ทำให้ผู้เรียนเกิดภาวะสมดุลขึ้น ผู้เรียนจะปรับโครงสร้างความรู้ของตัวเองใหม่เพื่อเข้าสู่ภาวะสมดุลอีกครั้ง โดยศาสตร์การสอนที่สอดคล้องกับทฤษฎีการสร้างความรู้ได้แก่ วิธีสอนโดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน (Model Based Instruction) (นวลจิตต์ เชาวกีรติพงศ์, 2565)

การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานเป็นวิธีการจัดการเรียนรู้ที่มีพื้นฐานมาจากทฤษฎีการเรียนรู้ตามแนวคิดการสร้างความรู้ (Gobert & Buckley, 2000; นวลจิตต์ เชาวกีรติพงศ์, 2565; Buckley et al., 2004 และ Gilbert, 2004) กล่าวว่า การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานเป็นการจัดการเรียนรู้ที่ผู้เรียนได้เรียนรู้ผ่านการสร้างแบบจำลอง เปิดโอกาสให้นักเรียนรู้จักเลือกใช้แบบจำลองที่เหมาะสม มีการพัฒนา ทดสอบ แก้ไข หรือสร้างแบบจำลองใหม่ เพื่อให้เป็นตัวแทนของปรากฏการณ์ และสอดคล้องกับข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ สอดคล้องกับแนวคิดของ ชาตรี ฝ่ายคำตา (2563) ที่ได้เสนอรูปแบบการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน แบ่งออกเป็น 4 ขั้น ได้แก่ (1) การสร้างแบบจำลอง เป็นการสร้างแบบจำลองขึ้นมาเพื่ออธิบายปรากฏการณ์ที่กำหนด (2) การประเมินแบบจำลอง

ผู้เรียนได้ทำการศึกษาค้นคว้า หรือออกแบบการทดลอง ดำเนินการทดลอง เพื่อรวบรวมข้อมูลเชิงประจักษ์ แล้วประเมินแบบจำลองของตนว่ามีความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์หรือไม่เพียงใด (3) การดัดแปลงแก้ไขแบบจำลอง ผู้เรียนดัดแปลง แก้ไขแบบจำลองเพิ่มเติมจนได้แบบจำลองที่สามารถอธิบายข้อมูลที่ได้อย่างถูกต้อง สอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์ และ (4) การขยายแบบจำลองผู้เรียนใช้แบบจำลองที่ผ่านการดัดแปลงแก้ไขแล้วมาอธิบายและทำนายปรากฏการณ์อื่น ๆ หรือสถานการณ์อื่น

จากข้อมูลข้างต้นอาจกล่าวได้ว่าการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานมีผลต่อการพัฒนาแบบจำลองทางความคิดของนักเรียน ผู้สอนควรออกแบบกิจกรรมที่นักเรียนได้สร้าง แสดงออก ทดสอบ ประเมินและปรับปรุงแบบจำลอง จะช่วยให้นักเรียนมีความเข้าใจธรรมชาติของแบบจำลอง รวมไปถึงเข้าใจกระบวนการสร้างแบบจำลองของนักวิทยาศาสตร์และเห็นความสำคัญของแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์มากขึ้น การเรียนผ่านกระบวนการสร้างแบบจำลอง ทำให้นักเรียนมีการแสวงหาความรู้อย่างนักวิทยาศาสตร์ นักเรียนได้ทำการสืบค้นข้อมูลแล้วนำความรู้นั้นมาใช้ในการปรับปรุงแบบจำลองของตนเองและทำให้นักเรียนมีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับแบบจำลองที่ตัวเองสร้างเพิ่มมากยิ่งขึ้น (Schwarz et al., 2009) เมื่อนักเรียนมีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับแบบจำลองของตนมากยิ่งขึ้นนักเรียนจะสามารถใช้แบบจำลองนั้นสร้างความเข้าใจ และใช้ในการสื่อสารความรู้ได้ (Harrison & Treagust, 2000; Schwarz et al., 2009 และภรทิพย์ สุภัทรชัยวงศ์, 2556)

ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ปรับปรุงพุทธศักราช 2560 กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี เนื้อหาเรื่อง สารละลาย เป็นเนื้อหาที่มีความเป็นนามธรรมสูง เนื่องจากมุ่งเน้นให้เข้าใจลักษณะการละลาย และสมบัติการละลายของสารที่สังเกตเห็นและวัดได้โดยอธิบายในระดับอนุภาค จึงมีผลให้นักเรียนมีปัญหาในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ และความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ ผู้วิจัยจึงมีความสนใจจะนำการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานมาใช้แก้ปัญหาดังกล่าว

2. วัตถุประสงค์การวิจัย

2.1 เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานกับนักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบปกติ

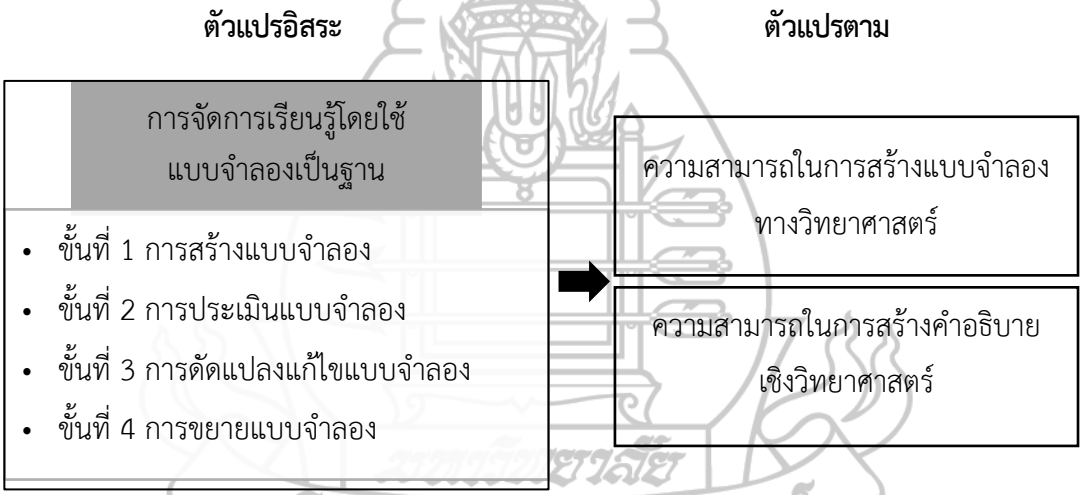
2.2 เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานระหว่างก่อนเรียนกับหลังเรียน

2.3 เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานกับนักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบปกติ

2.4 เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานระหว่างก่อนเรียนกับหลังเรียน

3. กรอบแนวคิดการวิจัย

จากแนวคิดการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน สามารถพัฒนาความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ และความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ สรุปเป็นกรอบแนวคิดการวิจัยได้ดังนี้



ภาพที่ 1.1 กรอบแนวคิดการวิจัย

4. สมมติฐานการวิจัย

4.1 นักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานมีความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์สูงกว่านักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบปกติ

4.2 นักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานมีความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน

4.3 นักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานมีความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์สูงกว่านักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบปกติ

4.4 นักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานมีความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน

5. ขอบเขตการวิจัย

5.1 ประชากร

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนเตรียมอุดมศึกษาพัฒนาการ พัทลุง ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2566 จำนวน 7 ห้องเรียน มีนักเรียน 252 คน ซึ่งจัดห้องเรียนโดยคละความสามารถ

5.2 กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนเตรียมอุดมศึกษาพัฒนาการ พัทลุง ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2566 จำนวน 2 ห้องเรียน มีนักเรียน 70 คน ซึ่งได้มาจากการสุ่มแบบกลุ่ม และจับฉลากเป็นกลุ่มทดลอง และกลุ่มควบคุม

5.3 ขอบเขตเนื้อหาที่ใช้ในการวิจัย

เนื้อหาที่ใช้ทำการวิจัย คือ เนื้อหากลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 เรื่อง สารละลาย

5.4 ตัวแปรที่ศึกษา

5.4.1 ตัวแปรอิสระ

ได้แก่ การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

5.4.2 ตัวแปรตาม

ได้แก่ ความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ และ ความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์

5.5 ระยะเวลาที่ใช้ในการวิจัย

ดำเนินการวิจัยในช่วงเวลา ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2566

6. นิยามศัพท์เฉพาะ

6.1 การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน หมายถึง การจัดการเรียนรู้ที่จัดให้ผู้เรียนได้เรียนรู้ผ่านการฝึกสร้างแบบจำลองจากความรู้ความเข้าใจเดิมของนักเรียน เปิดโอกาสให้มีการทดสอบแบบจำลองว่า แบบจำลองนั้นสามารถอธิบายปรากฏการณ์ หลักฐาน ข้อมูลเชิงประจักษ์ หรือหลักการทางวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้องได้หรือไม่ ถ้าไม่ได้ หรือได้แต่ไม่สมบูรณ์ ก็ต้องมีการปรับปรุงแก้ไขหรือสร้างแบบจำลองขึ้นมาใหม่เพื่อให้ได้แบบจำลองที่สมบูรณ์ยิ่งขึ้น ประกอบด้วย 4 ขั้น ได้แก่ ขั้นที่ 1 การสร้างแบบจำลอง (Generating Model) ขั้นที่ 2 การประเมินแบบจำลอง (Evaluating Model) ขั้นที่ 3 การดัดแปลงแก้ไขแบบจำลอง (Modifying Model) และขั้นที่ 4 การขยายแบบจำลอง (Elaborating Model)

6.2 การจัดการเรียนรู้แบบปกติ หมายถึง การจัดการเรียนรู้แบบการสืบเสาะหาความรู้ โดยมีองค์ประกอบ ได้แก่ ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement) ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration) ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation) ขั้นขยายความรู้ (Elaboration) และขั้นประเมิน (Evaluation)

6.3 ความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความสามารถในการสร้างสิ่งที่มาจากปรากฏการณ์ สิ่งที่ศึกษา สิ่งที่สนใจ ตลอดจนแนวคิด ความคิดรวบยอดทางวิทยาศาสตร์ ให้ออกมาในรูปต่าง ๆ เช่น กราฟ สมการ รูปวาด สิ่งประดิษฐ์ เพื่อให้ผู้อื่นเข้าใจได้ง่ายขึ้น ซึ่งสามารถวัดได้จากแบบวัดความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น เป็นข้อสอบประเภทเขียนตอบ ประกอบด้วยโจทย์สถานการณ์ให้ผู้ตอบสร้างแบบจำลอง 3 องค์ประกอบ คือ 1) การสร้างแบบจำลองการสร้างแบบจำลองจากสถานการณ์และข้อมูลที่กำหนดให้ตามความเข้าใจของตนเอง 2) การแก้ไขปรับปรุงแบบจำลอง โดยการนำสัญลักษณ์/ขอบเขต/ข้อมูล ที่ได้รับเพิ่มเติมมาสร้างแบบจำลองให้สอดคล้องกับสถานการณ์ที่กำหนด และ 3) การเปรียบเทียบและประเมินแบบจำลอง โดยการเปรียบเทียบความเหมือนหรือความต่าง จุดเด่น หรือ จุดด้อย ระหว่างแบบจำลองในองค์ประกอบที่ 1 และ 2 และเสนอแนวทางในการปรับเปลี่ยนแบบจำลองในองค์ประกอบที่ 1 ให้ดียิ่งขึ้น

6.4 ความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความสามารถในการสร้างข้อความเพื่ออธิบาย หรือให้ความหมายปรากฏการณ์ หรือสถานการณ์ต่าง ๆ โดยใช้เหตุผลเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างหลักฐาน ข้อมูลเชิงประจักษ์ กับข้อสรุป ประกอบด้วย 3 องค์ประกอบ ได้แก่ ข้อกล่าวอ้าง หลักฐาน และการให้เหตุผล ซึ่งสามารถวัดได้โดยใช้แบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น เป็นข้อสอบประเภทเขียนตอบ ประกอบด้วยโจทย์สถานการณ์และข้อคำถามที่สอดคล้องกับตัวชี้วัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์

7. ประโยชน์ที่ได้รับ

7.1 นักเรียนมีความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ และความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์สูงขึ้น ส่งผลให้มีความรู้ ความเข้าใจเนื้อหาสาระในบทเรียนเรื่องสารละลาย ซึ่งมีความเป็นนามธรรม ได้มากขึ้น

7.2 นักเรียนมีสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ที่ดีขึ้นเนื่องจากความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ และความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์เป็นส่วนหนึ่งของสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ เป็นพื้นฐานในการเรียนวิทยาศาสตร์ในระดับสูงขึ้น โดยเฉพาะเนื้อหาที่มีความเป็นนามธรรมสูง

บทที่ 2
วรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

การวิจัยเรื่อง ผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง สารละลาย ที่มีต่อความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ และความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนเตรียมอุดมศึกษาพัฒนาการ พัทลุงผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสาร ตำรา และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องดังนี้

1. หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ปรับปรุง พุทธศักราช 2560)
   1.1 สาระสำคัญของหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ปรับปรุง พุทธศักราช 2560)
   1.2 สาระสำคัญของหลักสูตรสถานศึกษาโรงเรียนเตรียมอุดมศึกษาพัฒนาการ พัทลุง
2. การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน
   2.1 ความหมายและความสำคัญของแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์
   2.2 ความหมายของการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน
   2.3 ความสำคัญของการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน
   2.4 แนวคิด ทฤษฎีการเรียนรู้ที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน
   2.5 ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน
   2.6 บทบาทของครูและนักเรียนในการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน
3. ความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์
   3.1 ความหมายของความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์
   3.2 องค์ประกอบของความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์
   3.3 ตัวบ่งชี้ความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์
   3.4 การวัดความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์
4. ความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์
   4.1 ความหมายและความสำคัญของการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์
   4.2 องค์ประกอบของคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์
   4.3 ตัวบ่งชี้ความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์
   4.4 การวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์

5. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
   5.1 งานวิจัยในประเทศ
   5.2 งานวิจัยต่างประเทศ

1. หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ปรับปรุง พุทธศักราช 2560)

1.1 สาระสำคัญของหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ปรับปรุง พุทธศักราช 2560)

1.1.1 เป้าหมายของการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์

สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน (2560) กำหนดเป้าหมายของการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ไว้ในหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ปรับปรุง พุทธศักราช 2560) ดังนี้

1) เพื่อให้เข้าใจหลักการ ทฤษฎี และกฎที่เป็นพื้นฐานในวิชาวิทยาศาสตร์

2) เพื่อให้เข้าใจขอบเขตของธรรมชาติของวิชาวิทยาศาสตร์และข้อจำกัดในการศึกษาวิชาวิทยาศาสตร์

3) เพื่อให้มีทักษะที่สำคัญในการศึกษาค้นคว้าและคิดค้นทางเทคโนโลยี

4) เพื่อให้ตระหนักถึงความสัมพันธ์ระหว่างวิชาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี มวลมนุษย์และสภาพแวดล้อมในเชิงที่มีอิทธิพลและผลกระทบซึ่งกันและกัน

5) เพื่อนำความรู้ ความเข้าใจ ในวิชาวิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยีไปใช้ให้เกิดประโยชน์ต่อสังคมและการดำรงชีวิต

6) เพื่อพัฒนากระบวนการคิดและจินตนาการ ความสามารถในการแก้ปัญหา และการจัดการ ทักษะในการสื่อสาร และความสามารถในการตัดสินใจ

7) เพื่อให้เป็นผู้ที่มีจิตวิทยาศาสตร์ มีคุณธรรม จริยธรรม และค่านิยมในการใช้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอย่างสร้างสรรค์

1.1.2 สาระสำคัญของวิทยาศาสตร์

สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน (2560) กำหนดให้การจัดการเรียนรู้ในกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี เน้นการเชื่อมโยงความรู้กับกระบวนการ มีทักษะสำคัญในการค้นคว้าและสร้างองค์ความรู้ โดยใช้กระบวนการในการสืบเสาะหาความรู้ และแก้ปัญหาที่หลากหลาย

ให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการเรียนรู้ทุกขั้นตอน มีการทำกิจกรรมด้วยการลงมือปฏิบัติจริงอย่างหลากหลาย เหมาะสมกับระดับชั้นโดยกำหนดสาระสำคัญ ดังนี้

1) สาระวิทยาศาสตร์ชีวภาพ เรียนรู้เกี่ยวกับชีวิตในสิ่งแวดล้อม องค์ประกอบของสิ่งมีชีวิต การดำรงชีวิตของมนุษย์และสัตว์ การดำรงชีวิตของพืช พันธุกรรม ความหลากหลายทางชีวภาพ และวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิต

2) สาระวิทยาศาสตร์กายภาพ เรียนรู้เกี่ยวกับ ธรรมชาติของสาร การเปลี่ยนแปลงของสาร การเคลื่อนที่ พลังงาน และคลื่น

3) สาระวิทยาศาสตร์โลก และอวกาศ เรียนรู้เกี่ยวกับ องค์ประกอบของเอกภพ ปฏิสัมพันธ์ภายในระบบสุริยะ เทคโนโลยีอวกาศ ระบบโลก การเปลี่ยนแปลงทางธรณีวิทยา กระบวนการเปลี่ยนแปลงลมฟ้าอากาศ และผลต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม

4) สาระเทคโนโลยี

(1) การออกแบบและเทคโนโลยี เรียนรู้เกี่ยวกับ เทคโนโลยีเพื่อการดำรงชีวิตในสังคมที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว ใช้ความรู้และทักษะทางด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์และศาสตร์อื่น ๆ เพื่อแก้ปัญหาหรือพัฒนางานอย่างมีความคิดสร้างสรรค์ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เลือกใช้เทคโนโลยีอย่างเหมาะสมโดยคำนึงถึงผลกระทบต่อชีวิต สังคม และสิ่งแวดล้อม

(2) วิทยาการคำนวณ เรียนรู้เกี่ยวกับ การคิดเชิงคำนวณ การคิดวิเคราะห์แก้ปัญหาเป็นขั้นตอนและเป็นระบบ ประยุกต์ใช้ความรู้ด้านวิทยาการคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร ในการแก้ปัญหาที่พบในชีวิตจริงได้อย่างมีประสิทธิภาพ

1.1.3 คุณภาพผู้เรียนที่จบชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 - 3

1) เข้าใจลักษณะและองค์ประกอบที่สำคัญของเซลล์สิ่งมีชีวิต ความสัมพันธ์ของการทำงานของระบบต่าง ๆ ในร่างกายมนุษย์ การดำรงชีวิตของพืช การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม การเปลี่ยนแปลงของยีนหรือโครโมโซม และตัวอย่างโรคที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงทางพันธุกรรมประโยชน์และผลกระทบของสิ่งมีชีวิตดัดแปรพันธุกรรม ความหลากหลายทางชีวภาพ ปฏิสัมพันธ์ขององค์ประกอบของระบบนิเวศและการถ่ายทอดพลังงานในสิ่งมีชีวิต

2) เข้าใจองค์ประกอบและสมบัติของธาตุ สารละลาย สารบริสุทธิ์ สารผสม หลักการแยกสาร การเปลี่ยนแปลงของสารในรูปแบบของการเปลี่ยนสถานะ การเกิดสารละลาย และการเกิดปฏิกิริยาเคมี และสมบัติทางกายภาพ และการใช้ประโยชน์ของวัสดุประเภทพอลิเมอร์เซรามิก และวัสดุผสม

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

4) เข้าใจสมบัติของคลื่น และลักษณะของคลื่นแบบต่าง ๆ แสง การสะท้อน การหักเหของแสงและทัศนอุปกรณ์

5) เข้าใจการโคจรของดาวเคราะห์รอบดวงอาทิตย์ การเกิดฤดู การเคลื่อนที่ปรากฏของดวงอาทิตย์ การเกิดข้างขึ้นข้างแรม การขึ้นและตกของดวงจันทร์ การเกิดน้ำขึ้นน้ำลง ประโยชน์ของเทคโนโลยีอวกาศ และความก้าวหน้าของโครงการสำรวจอวกาศ

6) เข้าใจลักษณะของชั้นบรรยากาศ องค์ประกอบและปัจจัยที่มีผลต่อลมฟ้าอากาศ การเกิดและผลกระทบของพายุฟ้าคะนอง พายุหมุนเขตร้อน การพยากรณ์อากาศ สถานการณ์การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศโลก กระบวนการเกิดเชื้อเพลิงซากดึกดำบรรพ์และการใช้ประโยชน์ พลังงานทดแทนและการใช้ประโยชน์ ลักษณะโครงสร้างภายในโลก กระบวนการเปลี่ยนแปลงทางธรณีวิทยาบนผิวโลก ลักษณะชั้นหน้าตัดดิน กระบวนการเกิดดิน แหล่งน้ำผิวดิน แหล่งน้ำใต้ดิน กระบวนการเกิดและผลกระทบของภัยธรรมชาติ และธรณีพิบัติภัย

7) เข้าใจแนวคิดหลักของเทคโนโลยี ได้แก่ ระบบทางเทคโนโลยี การเปลี่ยนแปลงของเทคโนโลยี ความสัมพันธ์ระหว่างเทคโนโลยีกับศาสตร์อื่น โดยเฉพาะวิทยาศาสตร์ หรือคณิตศาสตร์ วิเคราะห์ เปรียบเทียบ และตัดสินใจเพื่อเลือกใช้เทคโนโลยี โดยคำนึงถึงผลกระทบต่อชีวิต สังคม และสิ่งแวดล้อม ประยุกต์ใช้ความรู้ ทักษะ และทรัพยากรเพื่อออกแบบและสร้างผลงานสำหรับการแก้ปัญหาในชีวิตประจำวันหรือการประกอบอาชีพ โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม รวมทั้งเลือกใช้วัสดุ อุปกรณ์ และเครื่องมือได้อย่างถูกต้อง เหมาะสม ปลอดภัย รวมทั้งคำนึงถึงทรัพย์สินทางปัญญา

8) นำข้อมูลปฐมภูมิเข้าสู่ระบบคอมพิวเตอร์ วิเคราะห์ ประเมิน นำเสนอข้อมูลและสารสนเทศได้ตามวัตถุประสงค์ ใช้ทักษะการคิดเชิงคำนวณในการแก้ปัญหาที่พบในชีวิตจริงและเขียนโปรแกรมอย่างง่ายเพื่อช่วยในการแก้ปัญหา ใช้เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารอย่างรู้เท่าทันและรับผิดชอบต่อสังคม

9) ตั้งคำถามหรือกำหนดปัญหาที่เชื่อมโยงกับพยานหลักฐาน หรือหลักการทางวิทยาศาสตร์ที่มีการกำหนดและควบคุมตัวแปร คิดคาดคะเนคำตอบหลายแนวทาง สร้างสมมติฐานที่สามารถนำไปสู่การสำรวจตรวจสอบ ออกแบบและลงมือสำรวจตรวจสอบโดยใช้วัสดุและเครื่องมือที่เหมาะสม เลือกใช้เครื่องมือและเทคโนโลยีสารสนเทศที่เหมาะสมในการเก็บรวบรวมข้อมูลทั้งในเชิงปริมาณและคุณภาพที่ได้ผลเที่ยงตรงและปลอดภัย

10) วิเคราะห์และประเมินความสอดคล้องของข้อมูลที่ได้จากการสำรวจตรวจสอบจากพยานหลักฐาน โดยใช้ความรู้และหลักการทางวิทยาศาสตร์ในการแปลความหมายและลงข้อสรุปและสื่อสารความคิด ความรู้ จากผลการสำรวจตรวจสอบหลากหลายรูปแบบ หรือใช้เทคโนโลยีสารสนเทศเพื่อให้ผู้อื่นเข้าใจได้อย่างเหมาะสม

11) แสดงถึงความสนใจ มุ่งมั่น รับผิดชอบ รอบคอบ และซื่อสัตย์ ในสิ่งที่จะเรียนรู้ มีความคิดสร้างสรรค์เกี่ยวกับเรื่องที่จะศึกษาตามความสนใจของตนเอง โดยใช้เครื่องมือและวิธีการที่ให้ได้ผลถูกต้อง เชื่อถือได้ ศึกษาค้นคว้าเพิ่มเติมจากแหล่งความรู้ต่าง ๆ แสดงความคิดเห็นของตนเอง รับฟังความคิดเห็นผู้อื่น และยอมรับการเปลี่ยนแปลงความรู้ที่ค้นพบ เมื่อมีข้อมูลและประจักษ์พยานใหม่เพิ่มขึ้นหรือโต้แย้งจากเดิม

12) ตระหนักในคุณค่าของความรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่ใช้ในชีวิตประจำวันใช้ความรู้และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีในการดำรงชีวิต และการประกอบอาชีพแสดงความชื่นชม ยกย่อง และเคารพสิทธิในผลงานของผู้คิดค้น เข้าใจผลกระทบทั้งด้านบวกและด้านลบของการพัฒนาทางวิทยาศาสตร์ต่อสิ่งแวดล้อมและต่อบริบทอื่น ๆ และศึกษาหาความรู้เพิ่มเติม ทำโครงงานหรือสร้างชิ้นงานตามความสนใจ

13) แสดงถึงความซาบซึ้ง ห่วงใย มีพฤติกรรมเกี่ยวกับการดูแลรักษาความสมดุลของระบบนิเวศ และความหลากหลายทางชีวภาพ

1.2 หลักสูตรสถานศึกษาโรงเรียนเตรียมอุดมศึกษาพัฒนาการ พัทลุง

1.2.1 วิสัยทัศน์ของหลักสูตรสถานศึกษา

มุ่งพัฒนาผู้เรียนทุกคน ซึ่งเป็นกำลังของชาติให้เป็นมนุษย์ที่มีความสมดุลทั้งด้านร่างกาย ความรู้คุณธรรม มีจิตสำนึกในความเป็นพลเมืองไทยและเป็นพลโลก ยึดมั่นในการปกครองตามระบอบประชาธิปไตยอันมีพระมหากษัตริย์ทรงเป็นประมุข มีความรู้และทักษะพื้นฐาน รวมทั้ง เจตคติที่จำเป็นต่อการศึกษาต่อ การประกอบอาชีพและการศึกษาตลอดชีวิต โดยมุ่งเน้นผู้เรียนเป็นสำคัญบนพื้นฐานความเชื่อว่า ทุกคนสามารถเรียนรู้และพัฒนาตนเองได้เต็มตามศักยภาพ

1.2.2 จุดมุ่งหมายของหลักสูตรสถานศึกษา

หลักสูตรโรงเรียนเตรียมอุดมศึกษาพัฒนาการ พัทลุง พุทธศักราช 2566 มีจุดมุ่งหมายเพื่อให้เกิดกับผู้เรียนดังนี้

1) มีความรูทางวิชาการรอบด้าน เป็นสากล สามารถเรียนรูได้ด้วยตนเองและประยุกต์ความรู้ศาสตร์ต่าง ๆ ไปใช้ในการแกปญหา และสร้างสรรค์ผลงานได้อย่างถูกต้องและเหมาะสม

2) มีคุณธรรม จริยธรรมและค่านิยมที่พึงประสงค์ เห็นคุณค่าของตนเอง มีวินัยและปฏิบัติตนตามหลักธรรมของศาสนาที่นับถือ ยึดหลักปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง

3) มีสุขภาพกายและสุขภาพจิตที่ดี มีสุขนิสัย และรักการออกกำลังกาย

4) มีความรักชาติ มีจิตสำนึกในการเป็นพลเมืองไทยและพลโลก ยึดมั่นในวิถีชีวิตและการปกครองตามระบอบประชาธิปไตยอันมีพระมหากษัตริย์เป็นประมุข

5) มีจิตสำนึกในการอนุรักษ์วัฒนธรรมและภูมิปัญญาไทย การอนุรักษ์และพัฒนาสิ่งแวดล้อม

6) มีจิตสาธารณะที่มุ่งทำประโยชน์และสร้างสิ่งที่ดีงามในสังคมและอยู่ร่วมกันอย่างมีความสุข

7) มีความรู้ความสามารถและทักษะในการสื่อสารอย่างน้อยสองภาษา

8) นำความรู้ความสามารถและทักษะมาใช้ในการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ทั้งภายในและภายนอกและสังคมโลก

1.2.3 สาระสำคัญของหลักสูตรกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ดำเนินการวิเคราะห์หลักสูตรสาระ มาตรฐานการเรียนรู้ และตัวชี้วัด ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ปรับปรุง พุทธศักราช 2560) และหลักสูตรสถานศึกษา นำมาจัดทำหลักสูตรกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ซึ่งจะนำเสนอข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยดังนี้

1) คำอธิบายรายวิชา วิทยาศาสตร์ ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ศึกษาเกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ผลของชนิดตัวละลาย ชนิดตัวทำละลาย อุณหภูมิที่มีต่อสภาพละลายได้ของสาร ผลของความดันที่มีต่อสภาพละลายได้ของสาร ปริมาณตัวละลายในสารละลายในหน่วยความเข้มข้นเป็นร้อยละ ปริมาตรต่อปริมาตร มวลต่อมวล และมวลต่อปริมาตร อวัยวะและหน้าที่ของอวัยวะที่เกี่ยวข้องในระบบหายใจ กลไกการหายใจเข้าและออก กระบวนการแลกเปลี่ยนแก๊ส ความสำคัญของระบบหายใจ อวัยวะและหน้าที่ของอวัยวะในระบบขับถ่ายในการกำจัดของเสียทางไต ความสำคัญของระบบขับถ่ายในการกำจัดของเสียทางไต โครงสร้างและหน้าที่ของหัวใจ หลอดเลือด และเลือด การทำงานของระบบหมุนเวียนเลือด อัตราการเต้นของหัวใจ ความสำคัญของระบบหมุนเวียนเลือด อวัยวะและหน้าที่ของอวัยวะในระบบประสาทส่วนกลางในการควบคุมการทำงานต่าง ๆ ของร่างกาย ความสำคัญของระบบประสาท อวัยวะและหน้าที่ของอวัยวะในระบบสืบพันธุ์ของเพศชายและเพศหญิง ผลของฮอร์โมนเพศชายและเพศหญิงที่ควบคุมการเปลี่ยนแปลงของร่างกายเมื่อเข้าสู่วัยหนุ่มสาว การเปลี่ยนแปลงของร่างกายเมื่อเข้าสู่วัยหนุ่มสาว การตกไข่ การมีประจำเดือน การปฏิสนธิและการพัฒนาของไซโกตจนคลอดเป็นทารก วิธีการคุมกำเนิด ผลกระทบของการตั้งครรภ์ก่อนวัยอันควร การเคลื่อนที่ของวัตถุที่เป็นผลของแรงลัพธ์ที่เกิดจากแรงหลายแรง ที่กระทำต่อวัตถุในแนวเดียวกัน ปัจจัยที่มีผลต่อความดันของของเหลว แรงพยุงและการจมการลอยของวัตถุในของเหลว แรงเสียดทานสถิตและแรงเสียดทานจลน์ ปัจจัยที่มีผลต่อขนาดของแรงเสียดทาน ประโยชน์ของแรงเสียดทาน โมเมนต์ของแรง แหล่งของสนามแม่เหล็ก สนามไฟฟ้า และสนามโน้มถ่วง และทิศทางของแรงที่กระทำต่อวัตถุในแต่ละสนาม อัตราเร็วและความเร็วของการเคลื่อนที่ของวัตถุ

การกระจัดและความเร็ว โดยใช้สืบเสาะหาความรู้ การสำรวจตรวจสอบ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และทักษะการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 ใช้การระบุ บรรยาย อธิบาย บอกแนวทาง เลือกวิธีการ นำไปใช้ในชีวิตประจำวัน ออกแบบการทดลอง ทดลอง พยากรณ์ เขียนแผนภาพ วิเคราะห์ เปรียบเทียบ เพื่อให้ผู้เรียนมีจิตวิทยาศาสตร์ จริยธรรม คุณธรรม แสดงถึงความสนใจ ความมุ่งมั่น ตระหนัก มีความคิดสร้างสรรค์ แสดงความคิดเห็นของตนเองและรับฟังความคิดเห็นผู้อื่น

2) มาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัด รายวิชา วิทยาศาสตร์ ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2

(1) มาตรฐาน ว 1.2 เข้าใจสมบัติของสิ่งมีชีวิต หน่วยพื้นฐานของสิ่งมีชีวิต การลำเลียงสารเข้าและออกจากเซลล์ ความสัมพันธ์ของโครงสร้างและหน้าที่ของระบบต่าง ๆ ของสัตว์และมนุษย์ที่ทำงานสัมพันธ์กัน ความสัมพันธ์ของโครงสร้างและหน้าที่ของอวัยวะต่าง ๆ ของพืชที่ทำงานสัมพันธ์กัน รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์ ประกอบด้วยตัวชี้วัด ม.2/1, ม.2/2, ม.2/3, ม.2/4, ม.2/5, ม.2/6, ม.2/7, ม.2/8, ม.2/9, ม.2/10, ม.2/11, ม.2/12, ม.2/13, ม.2/14, ม.2/15, ม.2/16 และ ม.2/17

(2) มาตรฐาน ว 2.1 เข้าใจสมบัติของสสาร องค์ประกอบของสสาร ความสัมพันธ์ระหว่างสมบัติของสสารกับโครงสร้างและแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาค หลักและธรรมชาติของการเปลี่ยนแปลงสถานะของสสาร การเกิดสารละลาย และการเกิดปฏิกิริยาเคมี ประกอบด้วย ตัวชี้วัด ม.2/4, ม.2/5 และ ม.2/6

(3) มาตรฐาน ว 2.2 เข้าใจธรรมชาติของแรงในชีวิตประจำวัน ผลของแรงที่กระทำต่อวัตถุ ลักษณะการเคลื่อนที่แบบต่าง ๆ ของวัตถุ รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์ ประกอบด้วยตัวชี้วัด ม.2/1, ม.2/2, ม.2/3, ม.2/4, ม.2/5, ม.2/6, ม.2/7, ม.2/8, ม.2/9, ม.2/10, ม.2/11, ม.2/12, ม.2/13, ม.2/14 และ ม.2/15

3) โครงสร้างหน่วยการเรียนรู้ รายวิชาวิทยาศาสตร์ ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2

ตารางที่ 2.1 โครงสร้างหน่วยการเรียนรู้ รายวิชาวิทยาศาสตร์ ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2

หน่วยที่	ชื่อหน่วยการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้	เวลา (คาบ)
1	ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์	- ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์	1
		- จิตวิทยาศาสตร์	1
2	**สารละลาย**	**- องค์ประกอบและสมบัติของสารละลาย**	**4**
		- สภาพละลายได้ของสาร และปัจจัยเกี่ยวกับชนิดของสารต่อสภาพละลายได้ของสาร	**4**
		- ปัจจัยเกี่ยวกับอุณหภูมิและความดันต่อสภาพละลายได้ของสาร	**4**
		- ความเข้มข้นของสารละลาย	**6**
3	ร่างกายมนุษย์	- ระบบหมุนเวียนเลือด	6
		- ระบบหายใจ	3
		- ระบบขับถ่าย	2
		- ระบบประสาท	4
		- ระบบสืบพันธุ์	5
4	การเคลื่อนที่และแรง	- ตำแหน่งของวัตถุ ระยะทาง และการกระจัด	2
		- อัตราเร็วและความเร็ว	2
		- แรงลัพธ์	3
		- แรงเสียดทาน	3
		- แรงและความดันของของเหลว	2
		- แรงพยุงของของเหลว	2
		- โมเมนต์ของแรง	2
		- แรงและสนามของแรง	2

2. การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

2.1 ความหมายและความสำคัญของแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์

2.1.1 ความหมายของแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์

1) ความหมายของแบบจำลอง

Gilbert, Boulter and Elmer (2000) กล่าวว่า แบบจำลอง หมายถึง ตัวแทนของปรากฏการณ์ วัตถุ หรือความคิด

ทิศนา แขมมณี (2548) กล่าวว่า แบบจำลอง หมายถึง รูปธรรมของความคิดที่บุคคลแสดงออกมาในลักษณะใดลักษณะหนึ่ง เช่น คำอธิบาย แผนผัง หรือแผนภาพ ที่ช่วยให้ตนเองหรือบุคคลอื่นเข้าใจได้ชัดเจนขึ้น

Frigg & Hartmann (2006) กล่าวว่า แบบจำลอง หมายถึง สิ่งที่เป็นวัสดุ วัสดุที่ประดิษฐ์ขึ้น โครงสร้างของทฤษฎี ภาพร่าง สมดุลสมการ หรือการผสมผสานกัน

Bryce et al. (2016) กล่าวว่า แบบจำลอง หมายถึง ตัวแทนความคิดที่ได้รับการจัดกระทำให้ง่ายขึ้นจากระบบที่มีความซับซ้อน เพื่อให้นักวิทยาศาสตร์เข้าใจองค์ความรู้ที่ได้มาและใช้สำหรับการสื่อสาร

ชาตรี ฝ่ายคำตา และ ภรทิพย์ สุภัทรชัยวงศ์ (2557) กล่าวว่า แบบจำลอง หมายถึง ตัวแทนของวัตถุ แนวคิด กระบวนการ หรือระบบ ซึ่งเป็นสิ่งที่เชื่อมโยงระหว่างทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์ กับความจริง

สรุปได้ว่า แบบจำลอง (model) หมายถึง สิ่งที่เป็นตัวแทนของวัตถุ ความคิด ปรากฏการณ์ ทฤษฎี ที่บุคคลแสดงออกมาในลักษณะ วัสดุ คำอธิบาย แผนผัง แผนภาพ สมการ หรือผสมผสานกัน เพื่อสื่อสารให้เข้าใจได้ง่ายขึ้น

2) ความหมายของแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์

Harrison and Treagust (2000) กล่าวว่า แบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ (scientific model) หมายถึง สิ่งที่เป็นตัวแทนอย่างง่ายของปรากฏการณ์ที่ทำให้เกิดความชัดเจนและมองเห็นได้ และสามารถนำไปใช้เพื่อสร้างคำอธิบายและทำนายได้

Lehrer and Schauble (2000) กล่าวว่า แบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง เครื่องมือที่ใช้เพื่ออธิบาย และสื่อสารปรากฏการณ์ทางธรรมชาติ โดยมาจากเหตุผล หรือข้อโต้แย้ง

Schwarz et al. (2009) กล่าวว่า แบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง ตัวแทนความคิดเชิงนามธรรมของวัตถุ ระบบ หรือปรากฏการณ์ ซึ่งจัดกระทำให้อยู่ในรูปแบบที่เข้าใจง่ายขึ้น โดยแบบจำลองมีลักษณะสำคัญ คือ การอธิบายและทำนายปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์

Nicolaou and Constantinou (2014) กล่าวว่า แบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ หมายถึงแบบจำลองที่เกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ซึ่งเป็นตัวแทนความคิดที่ได้เกิดขึ้นจากการแปลความหมาย และมักอยู่ในรูปของสัญลักษณ์ เป็นเครื่องมือเพื่อการพัฒนาความรู้ และการทดสอบทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์

ภรทิพย์ สุภัทรชัยวงศ์ และชาตรี ฝ่ายคำตา (2557) กล่าวว่า แบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง สิ่งที่แสดงถึงความคิดเกี่ยวกับกระบวนการที่เกิดขึ้นบนโลก สามารถแสดงออกมาได้หลายรูปแบบ เช่น ไดอะแกรม แผนผัง โปรแกรมคอมพิวเตอร์ หรือสมการทางคณิตศาสตร์ ที่มีความถูกต้องสมบูรณ์จนได้รับการยอมรับ

สรุปได้ว่า แบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ (scientific model) หมายถึง สิ่งที่เป็นตัวแทนของวัตถุ ความคิด ปรากฏการณ์ หรือสิ่งต่าง ๆ ซึ่งจัดกระทำให้อยู่ในรูปแบบที่เข้าใจง่ายขึ้น เพื่อช่วยในการอธิบาย หรือทำนายปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์

2.1.2 ความสำคัญของแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์

นักวิทยาศาสตร์ใช้แบบจำลอง เพื่ออธิบายปรากฏการณ์ต่าง ๆ ให้สามารถมองเห็นชัดเจน และสัมผัสได้ เพื่อเชื่อมโยงทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์ที่เป็นนามธรรมให้เข้าใจได้ง่ายขึ้น หรืออีกนัยหนึ่ง คือ นักวิทยาศาสตร์ใช้แบบจำลองเป็นเครื่องมือในการสื่อสาร รวมทั้งเป็นเครื่องมือสำคัญในการคิดการปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์ เนื่องจากแบบจำลองจะช่วยส่งเสริมการตรวจสอบ การสร้างความเข้าใจ และการสื่อสารความรู้ (Harrison & Treagust, 2000) นักวิทยาศาสตร์ จึงใช้แบบจำลองเพื่อวัตถุประสงค์ที่แตกต่างกัน เช่น สื่อสาร บรรยาย อธิบาย หรือพยากรณ์ (Schwarz et al., 2009) แบบจำลองยังเป็นพื้นฐานสำหรับการตีความหมายจากผลการทดลอง การพัฒนาคำอธิบาย และเป็นพื้นฐานที่ใช้ในการทำนายปรากฏการณ์ (Justi & Gilbert, 2002) แสดงให้เห็นว่าแบบจำลองเป็นทั้งผลผลิตทางวิทยาศาสตร์ วิธีการ และเป็นเครื่องมือในการเรียนรู้ (Gilbert, 2004)

ในทางการศึกษา แบบจำลองทางวิทยาศาสตร์เป็นเครื่องมือที่ช่วยให้นักเรียนสร้างแนวคิดใหม่ เนื่องจากแบบจำลองสามารถนำมาช่วยให้นักเรียนมองเห็นสิ่งที่เป็นนามธรรมให้เป็นรูปธรรมได้ (Yager, 1991) เช่น ในรายวิชาเคมีที่มีเนื้อหาค่อนข้างซับซ้อนเป็นนามธรรม ยากต่อการทำความเข้าใจ แต่หากนักเรียนเข้าใจแบบจำลองและการสร้างแบบจำลองก็จะสามารถเข้าใจแนวคิดในวิชาเคมีได้ง่ายขึ้นได้ (Gilbert et. al., 2000) นอกจากนี้ในการเรียนวิทยาศาสตร์มักจะอาศัยแบบจำลองเป็นสื่อกลางที่นักเรียนนำมาใช้ตีความสิ่งต่าง ๆ รวมทั้งนำแง่มุมที่หลากหลายของข้อเท็จจริงมาใช้อธิบาย โดยการนำเสนอความเชื่อมโยงของข้อเท็จจริงเหล่านั้นในรูปแบบที่เข้าใจได้ง่าย แบบจำลองจึงเป็นเครื่องมือหนึ่งที่ช่วยให้ครู

เข้าถึงการสร้างความเข้าใจของนักเรียนต่อสิ่งที่เรียนรู้ได้ (Acher et. al.,2007) ดังนั้น สำหรับการสอนวิทยาศาสตร์ที่มีเนื้อหาเข้าใจยาก จึงจำเป็นต้องใช้แบบจำลองทางวิทยาศาสตร์เป็นตัวช่วยในการอธิบายให้เข้าใจง่ายขึ้น ควรเปิดโอกาสให้นักเรียนสร้างแบบจำลองเพื่อใช้อธิบาย ทำนายปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์ หรือใช้แบบจำลองเป็นสมมติฐานเพื่อนำไปสู่ข้อค้นพบหรือคำอธิบายวิทยาศาสตร์ใหม่ ๆ (Gilbert, 2004)

2.2 ความหมายของการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

Gilbert, Bouter, & Elmer (2000) กล่าวว่า การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน หมายถึง การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่มีการสร้างแบบจำลองเพื่อนำมาอธิบายปรากฏการณ์ทางธรรมชาติ และประเมินแบบจำลองว่าสามารถอธิบายผลการศึกษาได้หรือไม่ รวมถึงการปรับปรุงแบบจำลองหากไม่สามารถอธิบายผลการศึกษาได้

Gobert & Buckley (2000) กล่าวว่า การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน หมายถึง การเรียนรู้โดยการสร้างแบบจำลองของปรากฏการณ์ แล้วทำการประเมินและแก้ไขโดยอาศัยข้อมูลต่าง ๆ

Buckley et al. (2004) กล่าวว่า การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน หมายถึง การจัดการเรียนรู้ที่ผู้เรียนได้เรียนรู้ผ่านการสร้างแบบจำลอง มีการพัฒนา ทดสอบ แก้ไข เมื่อมีข้อมูลใหม่จนกระทั่งได้แบบจำลองที่สอดคล้องกับข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ สามารถอธิบายและทำนายปรากฏการณ์ได้

Gilbert (2004) กล่าวว่า การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน หมายถึง การจัดการเรียนการสอนให้นักเรียนได้สร้างและทดสอบแบบจำลอง โดยเปิดโอกาสให้นักเรียนรู้จักเลือกใช้แบบจำลองที่เหมาะสม เรียนรู้ที่จะแก้ไข หรือสร้างแบบจำลองใหม่ เพื่อให้เป็นตัวแทนของปรากฏการณ์ในบริบทอื่น ๆ ได้

ชาตรี ฝ่ายคำตา และ ภรทิพย์ สุภัทรชัยวงศ์ (2557) กล่าวว่า การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน หมายถึง รูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่สอดคล้องกับการทำงานของนักวิทยาศาสตร์ โดยจัดการเรียนการสอนให้นักเรียนได้ฝึกปฏิบัติในการสร้างแบบจำลองเพื่ออธิบายสิ่งต่าง ๆ มีกระบวนการที่ต้องพิจารณาว่าแบบจำลองที่สร้างขึ้นสามารถอธิบายข้อสรุป หลักการ กฎ หรือผลการทดลองได้หรือไม่ ถ้าไม่ได้ก็จะต้องปรับปรุง หรือสร้างแบบจำลองขึ้นมาใหม่

JING-PING JONG et al. (2015) กล่าวว่า การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน หมายถึง การจัดการเรียนการสอนที่ให้นักเรียนได้สร้างแบบจำลอง โดยมีการเชื่อมโยงความคิด ปรับเปลี่ยนแก้ไข และสร้างแบบจำลองขึ้นใหม่เพื่อแก้ไขความเข้าใจผิดเดิม

สรุปได้ว่า การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน หมายถึง การจัดการเรียนรู้ที่จัดให้ผู้เรียนได้เรียนรู้ผ่านการฝึกสร้างแบบจำลองจากความรู้ความเข้าใจเดิมของนักเรียน เปิดโอกาสให้มีการทดสอบแบบจำลองว่า แบบจำลองนั้นสามารถอธิบายปรากฏการณ์ หลักฐาน ข้อมูลเชิงประจักษ์ หรือ

หลักการทางวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้องได้หรือไม่ ถ้าไม่ได้ หรือได้แต่ไม่สมบูรณ์ ก็ต้องมีการปรับปรุงแก้ไขหรือสร้างแบบจำลองขึ้นมาใหม่เพื่อให้ได้แบบจำลองที่สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

2.3 ความสำคัญและความเป็นมาของการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

2.3.1 ความสำคัญของการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

เคมีเป็นวิชาที่เนื้อหาส่วนใหญ่มีความเป็นนามธรรม เนื่องจากเป็นศาสตร์ที่ศึกษาเกี่ยวกับสารและการเปลี่ยนแปลงของสารทั้งระดับอะตอมและโมเลกุล ซึ่งไม่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า นักเคมีจะอธิบายการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมของสารใน 3 ระดับ ได้แก่ ระดับมหภาค (macroscopic level) หมายถึง การศึกษาจากปรากฏการณ์ที่สามารถมองเห็นได้ ระดับจุลภาค (Sub-microscopic level) การศึกษาจากปรากฏการณ์ในระดับอะตอมหรือโมเลกุล และระดับสัญลักษณ์ (Symbolic level) เป็นการใช้สิ่งต่าง ๆ เช่น สัญลักษณ์ สมการ หรือการคำนวณ เพื่อเชื่อมโยงการศึกษาทั้งในระดับมหภาค และระดับจุลภาค (Johnstone, 1993) ในการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ที่เกี่ยวข้องกับเคมี โดยส่วนใหญ่มุ่งเน้นให้นักเรียนสังเกต และศึกษาปรากฏการณ์ในระดับที่สามารถสังเกตได้ด้วยสายตา แต่ต้องการคำอธิบายในระดับที่ตาไม่สามารถมองเห็นได้ ในบางครั้งจึงเป็นเรื่องยากในการเชื่อมโยงข้อมูลในระดับอนุภาคกับปรากฏการณ์ที่มองเห็น ทำให้เคมีมีความเป็นนามธรรมและยากต่อการทำความเข้าใจของนักเรียน (ณัชธฤต เกื้อทาน, ชาตรี ฝ่ายคำตา และ สุดจิต สงวนเรือง, 2554) ในการอธิบายเพื่อสื่อความหมายของปรากฏการณ์ทางเคมี นักเคมีจึงมักใช้และสร้างแบบจำลองเพื่ออธิบายข้อมูล ทำนายเหตุการณ์ เพื่อช่วยสร้างความเข้าใจเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงทางเคมี (Justi & Gilbert, 2002)

การนำแบบจำลองไปใช้ในการจัดการเรียนการสอน หรือการสร้างแบบจำลองเป็นสิ่งจำเป็นในห้องเรียนวิทยาศาสตร์ โดยเฉพาะเนื้อหาที่เกี่ยวกับเคมี เพราะจะช่วยให้นักเรียนสามารถอธิบายสิ่งที่เป็นนามธรรมให้เข้าใจง่ายยิ่งขึ้น (Gilbert, 2005) รูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่ใช้กระบวนการสร้างแบบจำลองจะทำให้นักเรียนมีการพัฒนาความรู้ความเข้าใจ รวมทั้งส่งเสริมให้มีเจตคติที่ดีมากยิ่งขึ้น นั่นคือการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน โดยแบบจำลองและกระบวนการสร้างแบบจำลองจะส่งเสริมให้นักเรียนเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ รวมถึงขอบเขต และข้อจำกัดที่เกิดขึ้นในการใช้แบบจำลองของนักวิทยาศาสตร์ และทำให้นักเรียนเข้าใจบทบาทของแบบจำลองว่าเป็นผลลัพธ์ที่เกิดขึ้นมาจากกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ และจะช่วยให้นักเรียนสามารถสร้าง แสดงออก และทดสอบแบบจำลองได้ด้วยตัวเอง ซึ่งสอดคล้องกับการทำงานของนักวิทยาศาสตร์ (Justi & Gilbert, 2002)

2.3.2 ความเป็นมาของการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

ด้วยความสำคัญของแบบจำลองในการสร้างความรู้ทางวิทยาศาสตร์ และการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ นักวิจัยด้านวิทยาศาสตร์ศึกษาจึงพยายามคิดค้นแนวคิด แนวทางในการจัดการเรียนการสอนที่เน้นให้นักเรียนได้สร้าง ใช้ ทดสอบ และปรับเปลี่ยนแบบจำลองมากขึ้น

ในช่วงปี 1980-1990 แบบจำลอง ถูกนำมาใช้ในการจัดการศึกษามากขึ้นโดยได้รับการยอมรับในหมู่ขบวนการปฏิรูปการศึกษาวิทยาศาสตร์ (National Science Board Commission on Precollege Education in Mathematics, 1983; Giere, 1991; NRC, 1996 and AAAS,1993 อ้างถึงใน Gobert & Buckley, 2000)

Gobert and Buckley (2000) กล่าวว่า แบบจำลองมีความจำเป็นต่อการศึกษาทางวิทยาศาสตร์ จึงจำเป็นต้องมีวิธีการสอนโดยใช้แบบจำลองเป็นหลัก แต่ในระยะแรกยังไม่มีทฤษฎีที่สรุปกระบวนการหรือวิธีสอนโดยใช้แบบจำลองที่ได้รับการยอมรับให้ปฏิบัติตาม Gobert and Buckley จึงได้ศึกษาแนวคิดหลักพื้นฐานเกี่ยวกับแบบจำลอง โดยการศึกษางานของนักวิทยาศาสตร์และนักการศึกษาหลายท่าน ได้แก่ ศึกษาเกี่ยวกับแบบจำลองทางความคิด ของ Norman (1983) การสร้างแบบจำลองและคำจำกัดความของวิทยาศาสตร์ ของ Gilbert (1991) และ บทบาทของแบบจำลองและการสร้างแบบจำลองในการเล่าเรื่องบางเรื่องในการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ของ Gilbert (1995)

รวมทั้งรวบรวมแนวคิดเกี่ยวกับการสอนและการเรียนรู้ที่ใช้แบบจำลอง ได้แก่ การเรียนรู้ผ่านการสร้างแบบจำลองและการวิจารณ์ ของ Clement (1989) การใช้แบบจำลองโดยนักศึกษาวิชาเคมีในระดับอุดมศึกษา การเรียนรู้วิทยาศาสตร์ผ่านแบบจำลองและการสร้างแบบจำลอง ของ Gilbert และ Boulter (1998) แล้วนำนำแนวคิดต่างๆ มาสังเคราะห์

ปี 2002 Gobert and Buckley ได้นำเสนอรูปแบบการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานที่มีขั้นตอนชัดเจนเป็นครั้งแรก ซึ่งประกอบด้วย 6 ขั้นตอน

ปี 2009 Schwarz ได้เสนอแนวทางการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ซึ่งประกอบด้วย 7 ขั้นตอน และมีนักการศึกษาอีกหลายท่านที่เสนอรูปแบบขั้นตอนในการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ซึ่งจะมีลักษณะสำคัญที่คล้ายคลึงกัน

2.4 แนวคิด ทฤษฎีการเรียนรู้ที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

จากการศึกษางานของนักการศึกษา พบว่า การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานมีแนวคิด ทฤษฎีการเรียนรู้ที่เกี่ยวข้องได้แก่ ทฤษฎีการสร้างความรู้ (Constructivism), ทฤษฎีการเรียนรู้อย่างมีความหมาย (meaningful learning), ทฤษฎีการเรียนรู้แบบค้นพบ (discovery learning) และทฤษฎีการถ่ายโอนการเรียนรู้ (transfer of learning) มีรายละเอียดดังนี้

2.4.1 ทฤษฎีการสร้างความรู้

Gobert and Buckley (2000) กล่าวถึงรูปแบบการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานไว้สอดคล้องกับแนวคิดของ ชาตรี ฝ่ายคำตา และ ภรทิพย์ สุภัทรชัยวงศ์ (2557) และ นวลจิตต์ เชาวกีรติพงศ์ (2565) ว่าเป็นรูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่มีพื้นฐานมาจากทฤษฎีการเรียนรู้ตามแนวคิดการสร้างความรู้

ทฤษฎีการสร้างความรู้ (Constructivism) เป็นกระบวนการที่เกิดขึ้นภายในตัวผู้เรียนโดยผู้เรียนเป็นผู้สร้างความรู้ด้วยตนเอง โดยมีครูเป็นผู้อำนวยความสะดวกเพื่อเปลี่ยนมโนมติของผู้เรียน (ชัยวัฒน์ สุทธิรัตน์, 2553) ความรู้เป็นเรื่องของบุคคลซึ่งไม่สามารถถ่ายทอดจากบุคคลหนึ่งไปสู่บุคคลหนึ่งได้ แต่ต้องอาศัยความรู้เดิมของแต่ละคนเชื่อมโยงกับประสบการณ์หรือข้อมูลใหม่เกิดเป็นความรู้ใหม่ เป็นกระบวนการสร้างความรู้ด้วยตนเอง (นิพนธ์ จันเลน, 2563) ทฤษฎีการสร้างความรู้เกี่ยวข้องกับทฤษฎีการเรียนรู้พุทธิปัญญา (Cognitive constructivism) และ ทฤษฎีการเรียนรู้ทางสังคม (Social constructivism) (สุรางค์ โค้วตระกูล, 2552) โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1) ทฤษฎีการเรียนรู้พุทธิปัญญา (Cognitive constructivism)

ทฤษฎีการเรียนรู้พุทธิปัญญา เป็นแนวคิดการจัดการเรียนรู้แบบสร้างองค์ความรู้ที่พัฒนามาจากแนวคิดของ Jean Piaget ทฤษฎีนี้ถือว่าผู้เรียนเป็นผู้กระทำ (Active) และเป็นผู้สร้าง (construct) ความรู้ขึ้นภายในตัวผู้เรียนจากความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งที่พบเห็นกับความรู้ความเข้าใจที่มีอยู่เดิมโดยการปรับตัวด้วยกระบวนการสู่สภาวะสมดุล ซึ่งประกอบด้วยกลไกพื้นฐาน 2 อย่าง คือ การดูดซึมเข้าสู่โครงสร้าง (assimilation) และการปรับโครงสร้าง (accommodation) (ชัยวัฒน์ สุทธิรัตน์, 2553) เนื่องจากความคิดของแต่ละบุคคลมีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลาเพื่อปรับโครงสร้างทางสติปัญญาที่มีอยู่เดิมและเพิ่มความซับซ้อนขึ้นเรื่อย ๆ โดยใช้กระบวนการดูดซึม และปรับโครงสร้างให้เหมาะเพื่อสร้างประสบการณ์จนเกิดสภาวะสมดุล ทำให้บุคคลมีพัฒนาการทางความคิด จิตใจ และสติปัญญา ทั้งนี้การทำให้เกิดสภาวะไม่สมดุลมีความสำคัญต่อการเรียนรู้ เพราะเมื่อผู้เรียนไม่สามารถใช้ความรู้ที่มีอยู่เดิมแก้ปัญหาและอธิบายสิ่งที่เกิดขึ้นได้ จะทำให้ผู้เรียนต้องใช้ความคิดและแสวงหาความรู้เพื่อให้ได้คำตอบ เมื่อนำความรู้ความเข้าใจที่เพิ่มขึ้นมาสะท้อนและเรียนรู้ร่วมกันจะทำให้เกิดประสบการณ์การเรียนรู้เพิ่มขึ้น (กิ่งฟ้า สินธุวงษ์ และสุจินต์ วิศวธีรานนท์, 2561)

การจัดการเรียนการสอนตามแนวคิดทฤษฎีการเรียนรู้พุทธิปัญญา ของ Piaget มีแนวทางที่สำคัญ คือ การเรียนรู้ต้องเกิดขึ้นจากการที่ผู้เรียนเข้าไปเรียนรู้ด้วยตัวเอง โดยมีกระบวนการทางสังคมทำให้เกิดการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ มีการแสดงความคิดเห็น และอภิปรายแลกเปลี่ยนในกิจกรรม มีโอกาสได้ลงมือกระทำ ทั้งการใช้ความคิด จิตใจ และสติปัญญา มีการเชื่อมโยงสิ่งที่เรียนรู้เดิมกับความรู้ใหม่ โดยใช้กระบวนการเรียนรู้ด้วยตนเอง โดยครูมีบทบาทในการเกื้อหนุนและอำนวยการเรียนรู้ให้เป็นไปตามที่ผู้เรียนต้องการ (กิ่งฟ้า สินธุวงษ์ และสุจินต์ วิศวธีรานนท์, 2561)

2) ทฤษฎีการเรียนรู้ทางสังคม (Social constructivism)

ทฤษฎีการเรียนรู้ทางสังคม เป็นแนวคิดการจัดการเรียนรู้แบบสร้างองค์ความรู้ที่พัฒนามาจากแนวคิดของ Vygotsky ทฤษฎีนี้เชื่อว่า การเรียนรู้ส่วนใหญ่เกิดขึ้นผ่านกระบวนการทางสังคมในบรรยากาศและกระบวนการที่มีการแลกเปลี่ยน ไม่ใช่ที่ตัวผู้เรียนเองเท่านั้น แต่ต้องอาศัยชุมชนและสังคมที่มีส่วนช่วยให้ผู้เรียนได้มีโอกาสริเริ่ม ต่อรอง แลกเปลี่ยน จนเกิดการสร้างความเข้าใจในการเรียนรู้ ดังนั้น

การเรียนรู้จึงต้องอาศัยการช่วยเหลือของผู้ที่มีปฏิสัมพันธ์ร่วมกัน และสร้างความเข้าใจร่วมกัน (กิ่งฟ้า สินธุวงษ์ และสุจินต์ วิศวธีรานนท์, 2561) ชัยวัฒน์ สุทธิรัตน์ (2553) กล่าวว่า Vygotsky ให้ความสำคัญกับสังคมและวัฒนธรรมมาก เน้นความแตกต่างระหว่างบุคคลและการให้ความช่วยเหลือผู้เรียนเพื่อให้เกิดความก้าวหน้าจากระดับพัฒนาการที่เป็นอยู่ไปถึงระดับพัฒนาการที่ผู้เรียนมีศักยภาพจะไปถึงได้

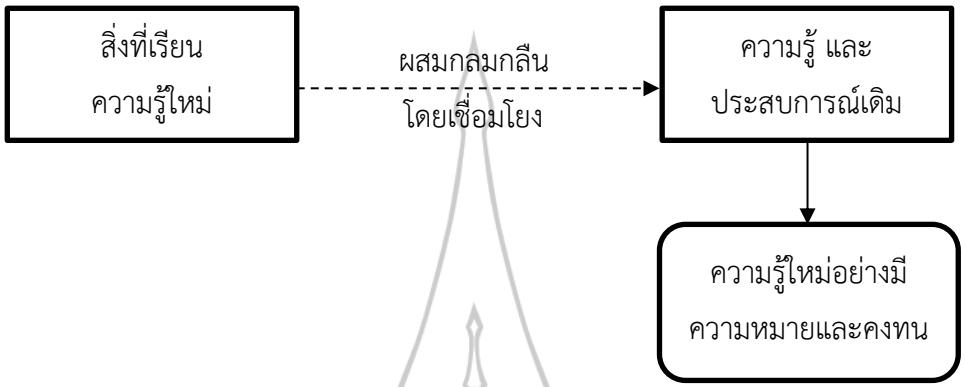
การจัดการเรียนการสอนตามแนวคิดทฤษฎีการเรียนรู้ทางสังคมของ Vygotsky มีแนวทางที่สำคัญคือ กิจกรรมการเรียนรู้ต้องให้ผู้เรียนเข้าไปมีส่วนร่วมอย่างผูกพันได้ปฏิบัติงานจริงด้วยตนเอง โดยมีผู้ใหญ่ รุ่นพี่ เพื่อน ช่วยเหลือ ให้ผู้เรียนได้มีประสบการณ์การเรียนรู้ที่เต็มไปด้วยการช่วยเหลือเกื้อกูล ได้รับการตอบสนองและประสบผลสำเร็จจากงาน มีกำลังใจ ทำให้ผู้เรียนมีพัฒนาการความสามารถจากที่เคยทำได้ไปสู่ความสามารถในระดับที่สูงขึ้นผ่านกระบวนการทางสังคม(กิ่งฟ้า สินธุวงษ์ และสุจินต์ วิศวธีรานนท์, 2561)

สรุปได้ว่า การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เกี่ยวข้องกับทฤษฎีการสร้างความรู้ที่มีกระบวนการที่ให้ผู้เรียนสร้างแบบจำลองตามความรู้เดิมที่มีอยู่ในตัว เมื่อแบบจำลองที่สร้างขึ้นไม่สามารถอธิบายปรากฏการณ์หรือสถานการณ์ที่กำหนดได้ ทำให้เกิดสภาวะไม่สมดุล ผู้เรียนจึงต้องใช้กระบวนการคิด การแสวงหาความรู้ ข้อมูลเพิ่มเติม เพื่อปรับปรุงหรือสร้างแบบจำลองใหม่ที่สมบูรณ์ยิ่งขึ้น ทำให้ผู้เรียนมีการสร้างความรู้ที่สมบูรณ์ยิ่งขึ้นด้วย นอกจากนี้ยังมีความเกี่ยวข้องในแง่ของการให้ความสำคัญกับกระบวนการทางสังคม โดยการใช้กระบวนการกลุ่มในการแลกเปลี่ยนความคิดเห็น การอภิปรายร่วมกันว่าแบบจำลองที่สร้างขึ้นมีความสอดคล้อง หรือสามารถอธิบายปรากฏการณ์ หรือตอบคำถามที่สงสัยได้หรือไม่ กระบวนการอภิปรายนี้คือกระบวนการที่ผู้เรียนจะได้รับความช่วยเหลือจากเพื่อนและครู ข้อมูลที่ผู้เรียนได้รับจะส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดกระบวนการคิด และพัฒนาเป็นความรู้ใหม่ที่มีความซับซ้อนและสมบูรณ์ขึ้นได้

2.4.2 ทฤษฎีการเรียนรู้อย่างมีความหมาย (meaningful learning)

ทฤษฎีการเรียนรู้อย่างมีความหมาย (meaningful learning) เป็นทฤษฎีการเรียนรู้ตามแนวคิดของ ออซูเบล (Ausubel) โดยการเรียนรู้อย่างมีความหมายเป็นการเรียนรู้โดยการนำสิ่งที่เรียนรู้เชื่อมโยงเข้ากับความรู้หรือประสบการณ์เดิม การสอนเพื่อให้เกิดการเรียนรู้อย่างมีความหมายขึ้นอยู่กับเงื่อนไข 3 ประการคือ 1) ความรู้ใหม่ต้องมีความหมายเชิงเหตุและผลต่อเนื่องกับความรู้เดิม 2) โครงสร้างความรู้เดิมของผู้เรียนต้องสัมพันธ์กับความรู้ใหม่ 3) ผู้เรียนต้องสนใจและมีเจตนาที่จะเรียนรู้อย่างมีความหมาย ผู้สอนต้องถ่ายทอดข้อมูลใหม่โดยการให้หลักการหรือมโนมติที่ครอบคลุมแก่ผู้เรียนเพื่อพัฒนาโครงสร้างความรู้ให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น และครอบคลุมจากมโนมติที่กว้างที่สุดไปยังมโนมติที่แคบลงอย่างเป็นลำดับและต่อเนื่องกัน เพื่อให้ผู้เรียนสามารถเชื่อมโยงความรู้ใหม่กับความรู้

หรือประสบการณ์ที่มีอยู่ในโครงสร้างของความรู้เดิมได้ ทำให้เกิดการเรียนรู้อย่างเข้าใจแจ่มแจ้งและมีความคงทนในการเรียนรู้ (กิ่งฟ้า สินธุวงษ์ และสุจินต์ วิศวธีรานนท์, 2561) ดังแสดงในภาพที่ 2.1



ภาพที่ 2.1 การเรียนรู้อย่างมีความหมาย

ในการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ให้ความสำคัญกับการสร้างแบบจำลองจากพื้นฐานประสบการณ์เดิม มีกระบวนการทดสอบแบบจำลองซึ่งเป็นกระบวนการที่ผู้เรียนได้ทำกิจกรรมต่าง ๆ ทำให้ได้มาซึ่งข้อมูล หลักฐาน องค์ความรู้ สำหรับนำไปเชื่อมโยงกับความรู้และประสบการณ์เดิม เกิดเป็นความรู้ใหม่ที่จะนำไปสู่การปรับปรุง แก้ไขแบบจำลอง กระบวนการดังกล่าวนี้ทำให้ความรู้ใหม่ที่เกิดขึ้นกับผู้เรียนมีความคงทน สอดคล้องกับทฤษฎีการเรียนรู้อย่างมีความหมาย

2.4.3 ทฤษฎีการเรียนรู้แบบค้นพบ (discovery learning)

ทฤษฎีการเรียนรู้แบบค้นพบ (discovery learning) เป็นทฤษฎีการเรียนรู้ตามแนวคิดของ Bruner โดยมีความเชื่อว่า การเรียนรู้จะเกิดขึ้นก็ต่อเมื่อผู้เรียนได้ประมวลข้อมูลข่าวสารจากการได้มีปฏิสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อมและสำรวจสิ่งแวดล้อม การเรียนรู้จะเกิดการค้นพบเนื่องจากผู้เรียนมีความอยากรู้อยากเห็น ซึ่งเป็นแรงผลักดันให้เกิดพฤติกรรมสำรวจสภาพสิ่งแวดล้อมและเกิดการเรียนรู้โดยการค้นพบขึ้น (พาสนา จุลรัตน์, 2548) แนวคิดพื้นฐานของทฤษฎีการเรียนรู้โดยการค้นพบ คือ

1) การเรียนรู้เป็นกระบวนการที่ผู้เรียนมีปฏิสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อมด้วยตนเองการเปลี่ยนแปลงที่เป็นผลของการปฏิสัมพันธ์ นอกจากจะเกิดขึ้นในตัวของผู้เรียนแล้วยังจะเป็นผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงในสิ่งแวดล้อมด้วย

2) ผู้เรียนแต่ละคนมีประสบการณ์และพื้นฐานความรู้แตกต่างกัน การเรียนรู้จะเกิดขึ้นจากการที่ผู้เรียนสร้างความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งที่พบใหม่กับประสบการณ์เดิมและมีความหมายใหม่

3) พัฒนาการทางเชาวน์ปัญญาจะเห็นได้ชัดโดยที่ผู้เรียนสามารถรับสิ่งเร้าที่ให้เลือกได้หลายอย่างพร้อม ๆ กัน

สรุปได้ว่า ทฤษฎีการเรียนรู้แบบค้นพบ เชื่อว่า การเรียนรู้จะเกิดขึ้นจากการที่ผู้เรียนอยากเรียนรู้ อยากค้นพบ นำไปสู่กิจกรรมการสำรวจ สืบค้น จนกระทั่งค้นพบข้อมูล และเกิดเป็นความรู้ขึ้นด้วยตนเอง แนวคิดดังกล่าวสอดคล้องกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ในขั้นกระบวนการทดสอบแบบจำลอง ที่เมื่อนักเรียนไม่สามารถใช้แบบจำลองอธิบายปรากฏการณ์ที่กำหนดจึงใช้กระบวนการต่าง ๆ เช่น การสืบค้น การทดลอง เพื่อให้ได้มาซึ่งข้อมูล หลักฐาน กระบวนการดังกล่าวนี้เป็นไปตามทฤษฎีการเรียนรู้แบบค้นพบ

2.4.4 การถ่ายโยงการเรียนรู้ (transfer of learning)

กิ่งฟ้า สินธุวงษ์ (2535) กล่าวว่า ธอร์นไดค์ ได้เสนอหลักการถ่ายโยงการเรียนรู้ไว้ว่า การถ่ายโยงจะเกิดขึ้นถ้าผลของการเรียนรู้ในครั้งแรกสัมพันธ์กับสภาพการณ์ครั้งต่อไป ในด้านเนื้อหาระเบียบวิธี และเจตคติ นอกจากนี้ จัดด์ ได้เสนอแนวคิดว่า การถ่ายโยงจะเกิดขึ้นเมื่อผู้เรียนมีโอกาสสรุปผลการเรียนรู้ของตนเองให้มีลักษณะเป็นหลักการทั่วไปที่นำไปประยุกต์ใช้ได้ และฝึกทักษะโดยการเอาผลการเรียนรู้ที่สรุปไว้ไปใช้ในโอกาสที่สถานการณ์ต่าง ๆ กัน โดยสามารถสรุปเป็นหลักการในการจัดการเรียนการสอนเพื่อให้นักเรียนมีความรู้ที่คงทนและถ่ายโยงความรู้ได้ ดังนี้

1) ให้ผู้เรียนได้เรียนและสามารถสรุปเป็นมโนมติด้วยตนเอง

2) ข้อสรุปที่ได้สามารถนำไปใช้เป็นหลักการกว้าง ๆ ที่นำไปประยุกต์กับสถานการณ์อื่นได้

3) สอนโดยให้ความสำคัญกับความเข้าใจ

4) ให้นักเรียนได้ฝึกฝน หรือฝึกทักษะเกี่ยวกับสิ่งที่เรียนรู้

5) ให้นักเรียนได้มีโอกาสนำไปใช้จริง

พาสนา จุลรัตน์ (2548) กล่าวว่า ในการจัดการเรียนสอนทุกระดับไม่ว่าจะเป็นระดับใดก็ตามต่างมุ่งหวังให้ผู้เรียนได้นำความรู้และประสบการณ์จากการเรียนรู้ไปใช้เป็นพื้นฐานสำหรับการเรียนรู้ในระดับสูง และสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหาใหม่ ๆ ที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวันได้ดีและมีประสิทธิภาพ เรียกว่า การถ่ายโยงการเรียนรู้ (Transfer of Learning) สามารถจำแนกออกเป็น 2 ชนิดดังนี้

1) การถ่ายโยงการเรียนรู้เชิงบวก (Positive Transfer of Learning) หมายถึง การที่การเรียนรู้หนึ่งมีผลทำให้เข้าใจการเรียนรู้หนึ่งดีขึ้น

2) การถ่ายโยงการเรียนรู้เชิงลบ (Negative Transfer of Learning) หมายถึง การที่การเรียนรู้หนึ่งมีผลทำให้เข้าใจการเรียนรู้หนึ่งเลวลงหรือช้าลง

สรุปได้ว่า การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานมีความสอดคล้องการแนวคิดการถ่ายโยงการเรียนรู้ คือ ในกระบวนการขยายแบบจำลอง หลังจากที่ผู้เรียนได้ข้อสรุปของแบบจำลองที่สมบูรณ์แล้ว แบบจำลองดังกล่าวสามารถเป็นความรู้ที่นำไปสู่การเรียนรู้ใหม่ คือ สามารถ

นำไปใช้อธิบายสถานการณ์อื่น ๆ ที่แตกต่างไปจากเดิม หรือนำไปสู้การพัฒนาแบบจำลองใหม่ได้ ตามทฤษฎีการถ่ายโยงการเรียนรู้

2.5 ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

จากการศึกษาแนวทางการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน พบว่ามีนักการศึกษาอธิบายถึงขั้นตอนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานไว้โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

Gobert and Buckley (2002) ได้นำเสนอขั้นตอนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ไว้ 6 ขั้น ดังนี้

1) ขั้นสร้างแบบจำลองทางความคิด โดยนักเรียนสร้างแบบจำลองเกี่ยวกับปรากฏการณ์ที่ศึกษา

2) ขั้นประเมินและทบทวนแนวคิด โดยครูสรุปแบบจำลองทางความคิดของนักเรียนจากที่นักเรียนใช้ในการอธิบายปรากฏการณ์ที่ศึกษา

3) ขั้นสร้างแบบจำลอง โดยการรวบรวมข้อมูลต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับปรากฏการณ์นั้น เขียนเป็นแผนผังแนวคิด เปรียบเทียบจากปรากฏการณ์ที่คล้ายคลึงกันกับที่นักเรียนทราบ จากนั้นลงมือสร้างแบบจำลอง

4) ขั้นทดลองใช้และประเมิน ว่าแบบจำลองสามารถอธิบายปรากฏการณ์ที่ศึกษาได้ครบถ้วนหรือไม่

5) ขั้นปรับปรุงและแก้ไขแบบจำลอง เมื่อแบบจำลองที่สร้างขึ้นอธิบายปรากฏการณ์ที่ศึกษาได้ไม่ดีพอ นักเรียนต้องปรับปรุงแก้ไขแบบจำลองเพื่อให้อธิบายปรากฏการณ์ต่าง ๆ ที่ศึกษาได้ดีขึ้น

6) ขั้นขยายแบบจำลอง โดยให้นักเรียนนำแบบจำลองที่สร้างขึ้นไปสร้างเพิ่มเติม หรือนำไปรวมกับแบบจำลองอื่นเพื่อให้ได้แนวคิดที่กว้างขึ้น

Schwarz et al. (2009) ได้นำเสนอขั้นตอนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ไว้ 7 ขั้น ดังนี้

1) ขั้นกำหนดปรากฏการณ์ (Anchoring phenomena) ครูนำเสนอคำถาม หรือปรากฏการณ์ ซึ่งจำเป็นต้องใช้แบบจำลองประกอบการตอบคำถามหรืออธิบายปรากฏการณ์นั้น

2) ขั้นสร้างแบบจำลอง (Construct a model) นักเรียนสร้างแบบจำลองตามแนวคิดเดิมของตนเอง

3) ขั้นทดสอบแบบจำลองด้วยหลักฐานเชิงประจักษ์ (Empirically test the mode) นักเรียนรวบรวมหลักฐานด้วยวิธีการต่างๆ ตรวจสอบโดยใช้แบบจำลองที่สร้างขึ้นมาอธิบายหลักฐานดังกล่าว

4) ขั้นประเมินแบบจำลอง (Evaluate the model) นักเรียนเปรียบเทียบองค์ประกอบหรือคุณสมบัติของแบบจำลอง เพื่อประเมินความสอดคล้องของแบบจำลองกับหลักฐานต่าง ๆ

5) ขั้นทดสอบแบบจำลองกับแนวคิดอื่น (Test the model against other ideas) นักเรียนเปรียบเทียบแบบจำลองที่สร้างขึ้นกับทฤษฎี กฎ หรือแนวคิดอื่น ๆ

6) ขั้นแก้ไขแบบจำลอง (Revise the model) นักเรียนแก้ไข ปรับปรุงแบบจำลองของตนให้สอดคล้องกับหลักฐาน หรือองค์ความรู้ใหม่ นำมาเปรียบเทียบกับแบบจำลองของผู้อื่น และสร้างแบบจำลองที่สมบูรณ์

7) ขั้นใช้แบบจำลองทำนายหรืออธิบายปรากฏการณ์อื่น (Use the model to predict or explain) นักเรียนนำแบบจำลองที่สร้างขึ้นไปทำนายหรืออธิบายปรากฏการณ์อื่น ๆ

Hamin Baek et al. (2011) ได้นำเสนอขั้นตอนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ไว้ 9 ขั้น ดังนี้

1) ขั้นกำหนดสถานการณ์และคำถาม (Anchoring Phenomena and Central Question) ครูแนะนำปรากฏการณ์และคำถามหลัก ซึ่งเป็นปรากฏการณ์ที่พบได้ในชีวิตประจำวันของนักเรียน หรือปรากฏการณ์ที่น่าสนใจ

2) ขั้นสร้างแบบจำลองขั้นต้น (Construct an Initial Model) นักเรียนสร้างแบบจำลองตามแนวคิดเดิมเพื่อตอบคำถามในขั้นที่ 1

3) ขั้นตรวจสอบเชิงประจักษ์ (Empirical Investigations) นักเรียนดำเนินการตรวจสอบโดยอาจใช้ข้อมูล หรือทำการทดลองเพื่อให้ได้หลักฐานเชิงประจักษ์สำหรับใช้เป็นข้อมูลในการตอบคำถาม

4) ขั้นประเมินและแก้ไขแบบจำลองขั้นต้น (Evaluate and Revise the Initial Model) นักเรียนประเมินแบบจำลองที่สร้างขึ้นโดยใช้ข้อมูลเชิงประจักษ์ และแก้ไขแบบจำลองให้ดีขึ้น

5) ขั้นแนะนำแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ (Introduce Scientific Ideas and Simulations) นักเรียนได้รับแนวคิด ทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์ที่ไม่สามารถเข้าถึงได้ด้วยการค้นพบของตัวเองโดยการแนะนำจากครูหรือแหล่งข้อมูลอื่น ๆ

6) ขั้นประเมินและแก้ไขแบบจำลอง (Evaluate and Revise the Model) นักเรียนประเมินและแก้ไขแบบจำลองให้สอดคล้องกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ที่ได้รับ

7) ขั้นประเมินเพื่อนร่วมชั้น (Peer Evaluation) นักเรียนนำเสนอแบบจำลองของตนเองกับเพื่อน มีการแสดงข้อเสนอแนะ และร่วมกันตัดสินคุณภาพของแบบจำลอง

8) ขั้นสร้างแบบจำลองร่วมกัน (Construct a Consensus Model) นักเรียนร่วมกันเปรียบเทียบแบบจำลองต่าง ๆ และลงความเห็นเพื่อสร้างแบบจำลองร่วมกันให้ได้แบบจำลองที่สามารถทำนายและอธิบายปรากฏการณ์ได้ดีที่สุดโดยการใช้จุดเด่นของแบบจำลองของแต่ละคน

9) ขั้นใช้แบบจำลองเพื่อทำนายหรืออธิบายปรากฏการณ์อื่น (Use the Model to Predict or Explain) นักเรียนใช้แบบจำลองของกลุ่มในการทำนายหรืออธิบายปรากฏการณ์อื่นที่เกี่ยวข้อง

ชาตรี ฝ่ายคำตา (2563) ได้นำเสนอขั้นตอนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานไว้ 4 ขั้น ดังนี้

1) ขั้นสร้างแบบจำลอง (Generating Model) ประกอบด้วยการนำเข้าสู่บทเรียน มีการสร้างความสนใจแก่ผู้เรียนด้วยสื่อการเรียนรู้ต่าง ๆ รวมถึงตรวจสอบความรู้เดิม ใช้คำถามหรือกิจกรรมเพื่อกระตุ้นให้ผู้เรียนสังเกตและเปิดโอกาสให้ผู้เรียนแสดงแบบจำลองความคิดของตนเองออกมาให้มากที่สุด และสร้างแบบจำลองขึ้นมาเพื่ออธิบายปรากฏการณ์ที่กำหนด ขั้นตอนนี้จะทำให้ครูเข้าใจแบบจำลองทางความคิดของผู้เรียนว่าเป็นอย่างไร เหมือนหรือแตกต่างกับแบบจำลองที่ถูกต้องหรือไม่ เพื่อครูจะได้ส่งเสริมแบบจำลองทางความคิดของผู้เรียนให้เป็นแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ตามเป้าหมายที่วางไว้ได้

2) ขั้นประเมินแบบจำลอง (Evaluating Model) เป็นขั้นที่ผู้เรียนจะได้ประเมินความสอดคล้องของแบบจำลองที่ผู้เรียนสร้างขึ้นกับหลักฐานที่เป็นข้อมูลเชิงประจักษ์ โดยให้ผู้เรียนได้ออกแบบการทดลอง ดำเนินการทดลอง หรือทำการศึกษาค้นคว้าเพื่อรวบรวมข้อมูลเชิงประจักษ์ หรืออาจค้นคว้าข้อมูลเพิ่มเติมเกี่ยวกับปรากฏการณ์นั้นจากแหล่งข้อมูลอื่น ๆ แล้วนำมาใช้เป็นข้อมูลเพื่อประเมินแบบจำลองของตนในขั้นที่ 1 ว่าสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์หรือไม่เพียงใด และแบบจำลองของตนสามารถใช้อธิบายปรากฏการณ์อื่นได้อย่างกว้างขวางเพียงใด โดยการเชื่อมโยงความสัมพันธ์ของตัวแปรต่าง ๆ

3) ขั้นดัดแปลงแก้ไขแบบจำลอง (Modifying Model) เป็นขั้นที่ผู้เรียนดัดแปลง แก้ไขแบบจำลองเพิ่มเติมจนได้แบบจำลองที่สามารถอธิบายข้อมูลที่ได้อย่างถูกต้อง โดยเมื่อผู้เรียนได้ทำกิจกรรมแล้วค้นพบปรากฏการณ์ ข้อเท็จจริง หลักการหรือกฎใหม่ ๆ ที่ไม่อาจอธิบายได้ด้วยแบบจำลองที่ตั้งไว้ก็จำเป็นต้องมีการปรับปรุงแบบจำลองนั้น ผู้เรียนอาจจะเปรียบเทียบแบบจำลองของกลุ่มเพื่อนที่สร้างขึ้นและรวมแบบจำลองของแต่ละกลุ่มเข้าด้วยกันเพื่อสร้างเป็นแบบจำลองมติของกลุ่ม (Consensus Model) ที่เป็นแบบจำลองที่ดีที่สุดและสอดคล้องกับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์

4) ขั้นขยายแบบจำลอง (Elaborating Model) เป็นขั้นที่ผู้เรียนใช้แบบจำลองที่ผ่านการดัดแปลงแก้ไขแล้วมาอธิบายและทำนายปรากฏการณ์อื่น ๆ หรือสถานการณ์อื่น ซึ่งจะทำให้ผู้เรียนเชื่อและเข้าใจแบบจำลองที่ตนสร้างหรือที่ได้เรียนรู้ว่าสามารถอธิบายหรือทำนายปรากฏการณ์อื่นได้หรือไม่

จากการศึกษาขั้นตอนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานของนักการศึกษาสามารถนำมาสรุปความสอดคล้องได้ดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 2.2 ความสอดคล้องของขั้นตอนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน				ความสอดคล้องของกิจกรรม
Gobert and Buckley	Schwarz และคณะ	Hamin Baek และคณะ	ชาตรี ฝ่ายคำตา	
ขั้นสร้างแบบจำลองทางความคิด	ขั้นกำหนดปรากฏการณ์	ขั้นกำหนดสถานการณ์และคำถาม	ขั้นการสร้างแบบจำลอง	ครูกำหนดสถานการณ์และให้นักเรียนสร้างแบบจำลองจากความรู้เดิม
	ขั้นสร้างแบบจำลอง	ขั้นสร้างแบบจำลองขั้นต้น		
ขั้นประเมินและทบทวนแนวคิด	ขั้นทดสอบแบบจำลองด้วยหลักฐานเชิงประจักษ์	ขั้นตรวจสอบเชิงประจักษ์	ขั้นการประเมินแบบจำลอง	นักเรียนทำกิจกรรมเพื่อให้ได้ข้อมูล หลักฐาน เพื่อประเมินว่าแบบจำลองที่สร้างขึ้นสอดคล้อง หรือ สามารถอธิบายหลักฐานดังกล่าวได้หรือไม่
	ขั้นประเมินแบบจำลอง	ขั้นประเมินและแก้ไขแบบจำลองขั้นต้น		
	ขั้นทดสอบแบบจำลองกับแนวคิดอื่น	ขั้นแนะนำแนวคิดทางวิทยาศาสตร์		
ขั้นสร้างแบบจำลอง	ขั้นแก้ไขแบบจำลอง	ขั้นประเมินและแก้ไขแบบจำลอง	ขั้นการดัดแปลงแก้ไขแบบจำลอง	นักเรียนดัดแปลง แก้ไข เพื่อให้ได้แบบจำลองที่สมบูรณ์
ขั้นทดลองใช้และประเมิน		ขั้นประเมินเพื่อนร่วมชั้น		
ขั้นปรับปรุงและแก้ไขแบบจำลอง		ขั้นสร้างแบบจำลองร่วมกัน		
ขั้นขยายแบบจำลอง	ขั้นใช้แบบจำลองทำนายหรืออธิบายปรากฏการณ์อื่น	ขั้นใช้แบบจำลองเพื่อทำนายหรืออธิบายปรากฏการณ์อื่น	ขั้นการขยายแบบจำลอง	นำแบบจำลองไปใช้อธิบายสถานการณ์อื่น

สรุปได้ว่า แนวทางการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานของนักการศึกษาแต่ละท่านมีสาระสำคัญ และรูปแบบกิจกรรมที่ความสอดคล้องกัน โดยเริ่มต้นด้วยกิจกรรมที่เปิดโอกาสให้นักเรียนได้แสดงออกถึงแนวคิดที่มีอยู่เดิมของตนเองต่อปรากฏการณ์ หรือสถานการณ์ที่สนใจด้วยการสร้างแบบจำลองขั้นต้น จากนั้นนักเรียนตรวจสอบแบบจำลองว่าสามารถใช้อธิบายปรากกการณ์ที่สนใจได้หรือไม่ โดยใช้ข้อมูล หลักฐานเชิงประจักษ์ กฎ ทฤษฎี หลักการทางวิทยาศาสตร์ที่ได้จากการสืบค้น หรือกระบวนการสืบเสาะ แล้วทำการปรับปรุง ดัดแปลงแบบจำลองให้สมบูรณ์ขึ้น ในขั้นตอนการตรวจสอบประเมิน และปรับปรุงแบบจำลอง นักการศึกษาบางท่านเสนอให้ทำย้อนกลับมากกว่า 1 ครั้ง เมื่อได้แบบจำลองที่สมบูรณ์แล้วขั้นตอนสุดท้ายคือการนำแบบจำลองไปใช้อธิบายปรากฏการณ์อื่นที่เกี่ยวข้อง เรียกว่า การขยายแบบจำลอง

งานวิจัยนี้เลือกใช้แนวทางการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานของ ชาตรี ฝ่ายคำตา (2563) ซึ่งประกอบด้วย 4 ขั้น ได้แก่ 1) ขั้นการสร้างแบบจำลอง (Generating Model) 2) ขั้นการประเมินแบบจำลอง (Evaluating Model) 3) ขั้นการดัดแปลงแก้ไขแบบจำลอง (Modifying Model) และ 4) ขั้นการขยายแบบจำลอง (Elaborating Model) เนื่องจากมีความครอบคลุมทุกขั้นตอนสอดคล้องกับนักการศึกษาท่านอื่น และไม่ซับซ้อน รวมทั้งเหมาะสมกับระดับการเรียนรู้ของนักเรียนในชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น

2.6 บทบาทครูและนักเรียนในการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

ในการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ครูมีบทบาทในการกระตุ้น และส่งเสริมให้นักเรียนสร้างแบบจำลองแนวคิดของตนเอง ในการกิจกรรมไม่เพียงแต่นำแบบจำลองมาใช้เป็นสื่อ แต่ต้องให้ผู้เรียนได้มีโอกาสลงมือปฏิบัติ หรือคิดวิเคราะห์ เกี่ยวกับแบบจำลองและสร้างแบบจำลอง รวมทั้งให้โอกาสนักเรียนได้สะท้องความคิด ผ่านแบบจำลองที่สร้างขึ้น โดยเริ่มต้นจากแบบจำลองที่ง่ายต่อการเรียนรู้ จนไปถึงแบบจำลองที่มีความซับซ้อนมากขึ้น

พรรณวิไล ชมชิด (2552) กล่าวว่า ในการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ครูมีบทบาทในฐานะผู้อำนวยความสะดวกต่าง ๆ ดังนี้

1) สร้างบรรยากาศให้เกิดการคิด เพื่อสร้างแบบจำลองทางความของนักเรียนแต่ละบุคคล และการแลกเปลี่ยนความคิดเพื่อให้เกิดแบบจำลองทางความคิดของกลุ่ม

2) แนะนำเกี่ยวกับทักษะการใช้แบบจำลองต่าง ๆ (modeling skills) เพื่อให้นักเรียนรู้จักแบบจำลองที่หลากหลาย และเลือกใช้แบบจำลองที่สามารถอธิบายความคิดได้ชัดเจนที่สุด รวมทั้งชี้แนะให้นักเรียนนำเสนออภิปราย เปรียบเทียบ และวิพากษ์แบบจำลองนั้น ๆ

3) ชี้แนะให้นักเรียนได้เห็นถึงธรรมชาติของแบบจำลองว่ามีข้อจำกัด เนื่องจากแบบจำลองไม่ใช่ของจริง และไม่สามารถอธิบายปรากกการณ์ที่ศึกษาได้ทั้งหมด ดังนั้นครูต้องให้นักเรียน

หาข้อสนับสนุนการอธิบายปรากกการณ์ธรรมชาติของแบบจำลองที่นักเรียนสร้างขึ้น และให้นักเรียนหาข้อจำกัดที่แบบจำลองนั้น ๆ ไม่สามารถอธิบายได้

ชาตรี ฝ่ายคำตา และภรทิพย์ สุภัทรชัยวงศ์ (2557) กล่าวถึงบทบาทของครูในการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ดังนี้

1) เริ่มต้นบทเรียนด้วยแนวคิดที่ง่าย และสร้างประเด็นปัญหาที่กระตุ้นให้นักเรียนเกิดความสนใจ ให้นักเรียนสะท้อนความคิดและสื่อสารความเข้าใจของตนเองออกมากด้วยการวาดภาพหรือการพูด

2) ใช้คำถาม หรือสถานการณ์ที่คุ้นเคยเพื่อให้นักเรียนแสดงแบบจำลองทางความคิดเดิมออกมา

3) ใช้คำถาม หรือกระบวนการเรียนรู้ให้นักเรียนพัฒนาแบบจำลองทางความคิด

4) ส่งเสริมให้นักเรียนปรับแบบจำลองให้มีความเป็นรูปธรรมมากยิ่งขึ้น

5) แสดงความคิดเห็น การเรียนรู้ การแก้ปัญหาให้นักเรียนได้เห็น และสนับสนุนให้นักเรียนแสดงปัญหาในหลาย ๆ รูปแบบ เช่น การเขียน การวาดรูป การอธิบาย

6) ให้นักเรียนถ่ายทอดแนวคิดให้ผู้อื่นเข้าใจ ส่งเสริมการเรียนรู้แบบร่วมมือ การอ่าน เขียน อภิปราย และโต้วาที เพื่อส่งเสริมความสนใจ เจตคติ และความเชื่อของนักเรียน

7) ใช้คำถามเพื่อให้นักเรียนอธิบายคำตอบทั้งที่ถูกและที่ผิด พร้อมทั้งถามเหตุผลว่าทำไมนักเรียนจึงคิดเช่นนั้น ให้นักเรียนอธิบายแบบจำลอง แนวคิด รวมถึงปัญหาที่เกิดขึ้น

8) กระตุ้นให้นักเรียนตั้งคำถามด้วยตัวเอง สร้างสมมติฐาน ค้นหาคำตอบ และนำความรู้ไปใช้ในชีวิตจริง ให้นักเรียนเชื่อมโยงกับชีวิตประจำวัน

9) ใช้คำถามเพื่อกระตุ้นให้นักเรียนประเมินแบบจำลอง

จากการศึกษาบทบาทของครูและนักเรียนในการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานของนักการศึกษา สามารถสรุปความสัมพันธ์ของ บทบาทของครู และนักเรียน กับขั้นตอนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานของ ชาตรี ฝ่ายคำตา (2563) ได้ดังนี้

ตารางที่ 2.3 ความสัมพันธ์ของบทบาทของครู และนักเรียน กับขั้นตอนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

ขั้นตอนการเรียนรู้	ลักษณะของกิจกรรม	บทบาทครู	บทบาทนักเรียน
ขั้นที่ 1 สร้างแบบจำลอง	นำเข้าสู่บทเรียน ตรวจสอบความรู้เดิม โดยนักเรียนสร้างแบบจำลองเพื่ออธิบายปรากฏการณ์ตามความรู้เดิมของตนเอง	1) กระตุ้นความสนใจ 2) ใช้คำถามหรือกิจกรรมเพื่อกระตุ้นให้ผู้เรียนสังเกตและเปิดโอกาสให้ผู้เรียนแสดงแบบจำลองความคิดของตนเองออกมาให้มากที่สุด 3) ทำความเข้าใจแบบจำลองทางความคิดของผู้เรียนว่าเป็นอย่างไร	สร้างแบบจำลองความคิดของตนเองเกี่ยวกับสถานการณ์ที่กำหนดออกมาให้มากที่สุด
ขั้นที่ 2 ประเมินแบบจำลอง	นักเรียนใช้กระบวนการกลุ่มในการออกแบบและดำเนินการตรวจสอบข้อมูลและวิเคราะห์ข้อมูล แล้วประเมินความสอดคล้องของแบบจำลองที่ผู้เรียนสร้างขึ้นกับหลักฐาน	1) ให้คำแนะนำนักเรียนในระหว่างการออกแบบวิธีการตรวจสอบ และระหว่างการตรวจสอบ 2) ส่งเสริมให้นักเรียนเรียนรู้แบบร่วมมือ ถ่ายทอดแนวคิด อภิปรายกับเพื่อนร่วมชั้น 3) ใช้คำถามกระตุ้นให้นักเรียนประเมินแบบจำลองอย่างมีเหตุผลเพื่อให้นักเรียนประเมินแบบจำลองโดยเปรียบเทียบอธิบายความสอดคล้องโดยใช้แบบจำลอง หลักฐาน และการให้เหตุผล	1) ทำการศึกษาค้นคว้า ออกแบบการทดลอง หรือทำการทดลอง เพื่อรวบรวมข้อมูลเชิงประจักษ์ หรืออาจค้นคว้าข้อมูลเพิ่มเติม 2) ประเมินแบบจำลองของตนในขั้นที่ 1 ว่าสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์หรือไม่เพียงใด โดยอภิปรายกันภายในกลุ่มโดยแสดงความสอดคล้องของแบบจำลอง หลักฐาน และการให้เหตุผล

ตารางที่ 2.3 (ต่อ)

ขั้นตอนการเรียนรู้	ลักษณะของกิจกรรม	บทบาทครู	บทบาทนักเรียน
ขั้นที่ 3 ดัดแปลงแก้ไขแบบจำลอง	นักเรียนดัดแปลง แก้ไขแบบจำลอง จากหลักฐานเชิงประจักษ์ที่รวบรวมได้	1) ส่งเสริมนักเรียนให้ปรับแบบจำลองให้เป็นรูปธรรม 2) กระตุ้นให้นักเรียนใช้หลักฐาน ข้อมูล มาสนับสนุนโดยใช้เหตุผลในดัดแปลงแบบจำลอง	1) อภิปรายกันภายในกลุ่มโดยนำข้อมูล หลักฐานเชิงประจักษ์ที่รวบรวมได้ มาสร้างดัดแปลงแบบจำลอง 2) นำแบบจำลองมาอธิบายสถานการณ์ที่กำหนด โดยแสดงความสอดคล้องของแบบจำลอง หลักฐาน และการให้เหตุผล
ขั้นที่ 4 ขยายแบบจำลอง	นักเรียนใช้แบบจำลองอธิบายและทำนายปรากฏการณ์ หรือสถานการณ์อื่น	1) กระตุ้นให้นักเรียนตั้งคำถาม สร้างสมมติฐาน ค้นหาคำตอบ และนำความรู้ไปใช้ในชีวิตจริง ให้นักเรียนเชื่อมโยงบทเรียนกับชีวิตประจำวัน 2) นำอภิปรายเพื่อให้ได้ข้อสรุป	นำแบบจำลองมาอธิบายสถานการณ์ที่กำหนด

33

3. ความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์

3.1 ความหมายของความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์

Lesh, Lester and Hjalmarson (2003) กล่าวว่า การสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง การสร้างมโนทัศน์เพื่อแสดงถึงตัวแทนความคิด รวมถึงการเขียนสัญลักษณ์ การพูด แผนภาพ หรือกราฟ

Schwarz et. al. (2009) กล่าวว่า ความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความสามารถในการนำความรู้มาสร้างแบบจำลองเพื่อก่อให้เกิดความเข้าใจ และสามารถอธิบายเกี่ยวกับปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์ได้อย่างถูกต้อง

Hoskinson et. al. (2014) กล่าวว่า การสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง การสร้างมโนทัศน์ ที่ช่วยทำความเข้าใจเกี่ยวกับระบบที่มีความซับซ้อนและยุ่งยาก โดยการสร้างแบบจำลองเป็นกระบวนการที่ประกอบด้วยการสร้างและการใช้แบบจำลอง

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2560) กล่าวว่า ทักษะการสร้างแบบจำลอง (Formulating Models) หมายถึง ความสามารถในการสร้างและใช้สิ่งที่ทำขึ้นมาเพื่อเลียนแบบหรืออธิบายปรากฏการณ์ที่ศึกษาหรือสนใจ เช่น กราฟ สมการ แผนภูมิ รูปภาพ ภาพเคลื่อนไหว รวมถึงความสามารถในการนำเสนอข้อมูล แนวคิด ความคิดรวบยอดเพื่อให้ผู้อื่นเข้าใจในรูปของแบบจำลองต่าง ๆ

สรุปได้ว่า ความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความสามารถในการสร้างสิ่งที่มาจากปรากฏการณ์ สิ่งที่ศึกษา สิ่งที่สนใจ ตลอดจนแนวคิด ความคิดรวบยอดทางวิทยาศาสตร์ ให้ออกมาในรูปต่าง ๆ เช่น กราฟ สมการ รูปวาด สิ่งประดิษฐ์ เพื่อให้ผู้อื่นเข้าใจได้ง่ายขึ้น

3.2 องค์ประกอบของความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์

Chang (2007) กล่าวว่า ความสามารถในการสร้างแบบจำลอง ประกอบด้วยองค์ประกอบที่สำคัญ 3 ประการ คือ

1) ความเข้าใจในแบบจำลองว่าแบบจำลองมีความสัมพันธ์กับมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์

2) การเรียนรู้และการสร้างแบบจำลอง เพื่อนำเสนอปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์

3) การนำแบบจำลองไปใช้แก้ปัญหาการทำความเข้าใจเกี่ยวกับปรากฏการณ์ การเชื่อมโยง และพัฒนาแบบจำลองทางความคิด

Hung and Lin (2009) กล่าวว่า ความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ ประกอบด้วย

1) การเลือกแบบจำลอง (Model selection) โดยพิจารณาส่วนประกอบของระบบ ประเภท การอ้างอิง และความเหมาะสมเพื่อสร้างแบบจำลอง

2) การสร้างแบบจำลอง (Model construction) โดยคำนึงถึงความประสานกันของตัวแปร แนวคิด และกฎ

3) การพิสูจน์ความถูกต้องแบบจำลอง (Model validation) โดยคำนึงถึงความสอดคล้องความสมบูรณ์ ความคงเส้นคงวาทั้งภายในและภายนอกของแบบจำลอง

4) การวิเคราะห์แบบจำลอง (Model analysis) โดยคำนึงถึงประเด็นทางคณิตศาสตร์การให้ผลที่สอดคล้องกัน และตรงกัน

5) การนำแบบจำลองไปใช้ (Model application) โดยสามารถระบุข้อจำกัด ปัญหาที่เกิดขึ้นเมื่อนำไปใช้ ขอบเขตของแบบจำลอง แนวทางการแก้ไข

Schwarz et al. (2009) กล่าวว่า ความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ประกอบด้วย

1) องค์ประกอบในการสร้างแบบจำลอง (Elements of modeling practice) มี 4 องค์ประกอบ ดังนี้

(1) สร้างแบบจำลอง (Construct models) คือ การแสดงความคิดหรือสมมติฐานอภิปรายวัตถุประสงค์ และธรรมชาติของแบบจำลอง

(2) เปรียบเทียบและประเมิน (Compare and evaluate) คือ การตรวจสอบปรากฏการณ์ที่ทำนาย และอธิบายแบบจำลองเปรียบเทียบกับการหลักฐาน เพื่อประเมินแบบจำลอง

(3) ปรับปรุงแบบจำลอง (Revise models) คือ การทดสอบแบบจำลองกับทฤษฎีอื่น ๆ ปรับปรุงแบบจำลอง เพื่อให้สอดคล้องกับหลักฐานใหม่ และเปรียบเทียบความสมบูรณ์ของแบบจำลอง และสร้างแบบจำลองฉันทามติ

(4) ใช้แบบจำลอง (Use models) เพื่อทำนาย หรืออธิบายปรากฏการณ์อื่น ๆ

2) การตระหนักรู้ในการสร้างแบบจำลอง (Metamodeling knowledge) คือ ความรู้ในการสร้างแบบจำลอง ประกอบด้วย 3 องค์ประกอบ ได้แก่ 1) ธรรมชาติของแบบจำลอง 2) จุดประสงค์ของแบบจำลอง 3) เกณฑ์สำหรับการประเมิน และปรับปรุงแบบจำลอง

National Research Council (2011) กล่าวว่า การสร้างแบบจำลองของนักเรียนสามารถเกิดขึ้นตั้งแต่ระดับประถมต้นในลักษณะของแบบจำลองเชิงรูปธรรม ภาพวาด หรือแบบจำลองระดับกายภาพ เมื่อนักเรียนอยู่ในระดับสูงขึ้นแบบจำลองของนักเรียนจะมีความเป็นนามธรรมมากขึ้น โดยนักเรียนระดับเกรด 6-8 ควรมีความสามารถในการสร้างแบบจำลอง 5 ความสามารถย่อย ได้แก่ การสร้างแบบจำลอง การใช้แบบจำลอง การเปรียบเทียบแบบจำลอง การพัฒนาแบบจำลอง และปรับปรุงแบบจำลอง

Nicolaou and Constantinou (2014) กล่าวว่า ความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ ประกอบด้วย

1) ทักษะการสร้างแบบจำลอง ประกอบด้วย (1) การสร้างแบบจำลอง (2) การใช้แบบจำลอง (3) ความสามารถในการเปรียบเทียบและแสดงความแตกต่างของแบบจำลอง และระบุข้อดีและข้อจำกัด เพื่อตรวจสอบคุณภาพของแบบจำลอง และ (4) การประเมินแบบจำลองโดยเทียบกับปรากฏการณ์ที่แท้จริงและสร้างแนวคิดเพื่อการปรับปรุงแบบจำลอง

2) ความรู้เกี่ยวกับกระบวนการสร้างแบบจำลอง (Knowledge about the Modeling Process) เป็นความสามารถในการบรรยายและสะท้อนขั้นตอนการปฏิบัติในแต่ละขั้นของกระบวนการสร้างแบบจำลอง

3) ความรู้เกี่ยวกับการสร้างแบบจำลอง (Meta-Modeling Knowledge) เป็นความเข้าใจในวัตถุประสงค์และประโยชน์ของแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์

จากการศึกษาองค์ประกอบของความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์จากนักการศึกษาท่านต่าง ๆ สามารถสรุปเป็นตารางได้ดังนี้

มหาวิทยาลัย
สุโขทัยธรรมาธิราช

ตารางที่ 2.4 องค์ประกอบความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์

องค์ประกอบความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์	นักการศึกษา/ผู้วิจัย				
	Chang (2007)	Hung and Lin (2009)	Schwarz et.al. (2009)	National Research Council (2011)	Nicolaou and Constantinou (2014)
ด้านความรู้					
ธรรมชาติของแบบจำลอง	✓		✓		
กระบวนการสร้างแบบจำลอง					✓
จุดประสงค์ของแบบจำลอง			✓		✓
เกณฑ์การประเมิน และปรับปรุงแบบจำลอง			✓		
ด้านกระบวนการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์					
สร้างแบบจำลอง	✓	✓	✓	✓	✓
ใช้แบบจำลอง	✓	✓	✓	✓	✓
เปรียบเทียบและประเมิน		✓	✓	✓	✓
ปรับปรุงแบบจำลอง		✓	✓	✓	✓

สรุปได้ว่าความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ประกอบด้วย 2 ส่วน ได้แก่ 1) การมีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับแบบจำลอง เป็นความสามารถในการเข้าใจธรรมชาติของแบบจำลองว่าเป็นตัวแทนของปรากฏการณ์ สามารถอธิบายกระบวนการสร้างแบบจำลองในแต่ละขั้น เข้าใจจุดประสงค์ และสามารถบอกเกณฑ์ในการประเมินและปรับปรุงแบบจำลอง และ 2) ความสามารถในกระบวนการสร้างแบบจำลอง ประกอบด้วยทักษะในการสร้างแบบจำลอง การใช้แบบจำลอง การเปรียบเทียบและประเมินแบบจำลอง และการแก้ไขปรับปรุงแบบจำลอง

3.3 ตัวบ่งชี้ความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์

Schwarz et al. (2009) ได้กล่าวถึงพฤติกรรมบ่งชี้ที่แสดงถึงความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์สำหรับเป็นเกณฑ์การประเมิน โดยแบ่งเป็น ด้านการสร้างและใช้แบบจำลอง และด้านการปรับปรุงและประเมินแบบจำลอง มีรายละเอียดดังนี้

ตารางที่ 2.5 พฤติกรรมบ่งชี้ที่แสดงถึงความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ด้านการสร้างและใช้แบบจำลอง

ระดับ	พฤติกรรมบ่งชี้ความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์
4	- นักเรียนสร้างและใช้แบบจำลองเพื่อช่วยนำเสนอแนวคิดของตัวเอง - นักเรียนพิจารณาว่ามีปรากฏการณ์และแบบจำลองที่หลากหลายที่สอดคล้องกัน - นักเรียนสร้างและใช้แบบจำลองเพื่อตั้งคำถามใหม่
3	- นักเรียนสร้างและใช้แบบจำลองที่หลากหลายเพื่ออธิบายและทำนายปรากฏการณ์ - นักเรียนมองว่าแบบจำลองเป็นเครื่องมือในการสนับสนุนการคิดเกี่ยวกับปรากฏการณ์ที่ศึกษาหรือปรากฏการณ์ใหม่ - นักเรียนวิเคราะห์จุดเด่น จุดด้อยของแบบจำลองที่แตกต่างกันในการอธิบาย
2	- นักเรียนสร้างและใช้แบบจำลองเพื่อแสดงและอธิบายปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นโดยสอดคล้องกับหลักฐาน - นักเรียนมองว่าแบบจำลองมีความหมายในการสื่อสารความเข้าใจมากกว่าเป็นเครื่องมือที่สนับสนุนการคิดของตนเอง
1	- นักเรียนสร้างและใช้แบบจำลองเพื่อแสดงถึงปรากฏการณ์เพียงปรากฏการณ์เดียว - นักเรียนไม่มองว่าแบบจำลองเป็นเครื่องมือสำหรับสร้างความรู้ใหม่ แต่มองว่าแบบจำลองเป็นวิธีที่ช่วยสื่อสารปรากฏการณ์

ที่มา: Schwarz et al. (2009)

ตารางที่ 2.6 พฤติกรรมบ่งชี้ที่แสดงถึงความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ด้านปรับปรุงและประเมินแบบจำลอง

ระดับ	พฤติกรรมบ่งชี้ความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์
4	- นักเรียนมองว่าการปรับปรุงแบบจำลองหลังจากได้รับหลักฐาน ทำให้สามารถอธิบายได้ดีขึ้นเมื่อทดสอบกับหลักฐานจากปรากฏการณ์ - นักเรียนประเมินแบบจำลองโดยพิจารณาลักษณะร่วมของแบบจำลอง เพื่อทำให้การอธิบายและทำนายสมบูรณ์ขึ้น
3	- นักเรียนปรับปรุงแบบจำลองให้สอดคล้องกับหลักฐาน เพื่อให้สามารถอธิบายได้ดีขึ้น - นักเรียนเปรียบเทียบแบบจำลอง จากองค์ประกอบที่แตกต่าง หรือความสัมพันธ์ที่สอดคล้องกับหลักฐานและปรากฏการณ์
2	- นักเรียนปรับปรุงแบบจำลองจากข้อมูลที่ได้รับจากครู หนังสือเรียน หรือเพื่อน มากกว่าหลักฐานที่ได้จากการศึกษา - นักเรียนปรับปรุงเพื่อแก้ไขรายละเอียด โดยไม่คำนึงถึงการอธิบายแบบจำลอง หรือความสอดคล้องกับหลักฐาน
1	- นักเรียนไม่คาดหวังว่าการปรับปรุงแบบจำลองจะทำให้นำไปสู่ความรู้ใหม่ แต่สนใจในความสมบูรณ์ของคำตอบว่าถูกหรือผิด - นักเรียนเปรียบเทียบแบบจำลองเพื่อประเมินว่าแบบจำลองนั้นเป็นแบบจำลองที่ดีหรือไม่ดี

ที่มา: Schwarz et al. (2009)

สรุปได้ว่า ความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ มีพฤติกรรมบ่งชี้ประกอบด้วย การสร้างและการใช้แบบจำลอง การปรับปรุงแบบจำลอง และการประเมินแบบจำลอง ประกอบด้วยนักเรียนแสดงพฤติกรรมสร้างแบบจำลองเพื่อช่วยนำเสนอแนวคิดของตนเองได้อย่างหลากหลาย ปรับปรุงแบบจำลองหลังจากได้รับหลักฐานเพิ่มเติม และประเมินแบบจำลองโดยพิจารณาลักษณะร่วมของแบบจำลอง เพื่อทำให้การอธิบายและทำนายสมบูรณ์ขึ้น

3.4 การวัดความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์

จากการสืบค้นพบว่ามีผู้นำเสนอการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ไว้ดังนี้

Guttersrud (2007) ได้สร้างแบบวัดความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน มีลักษณะเป็นแบบวัดอัตนัย โดยมีพฤติกรรมบ่งชี้คือ การใช้และเปลี่ยนแบบจำลองที่หลากหลายในการทำความเข้าใจ และอธิบายปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้น เช่น แบบวัดเรื่องความต้านทานไฟฟ้า ในแบบวัดประกอบด้วยข้อความอธิบายการต่อวงจรไฟฟ้า รูปภาพแสดงวงจรไฟฟ้า และแผนภาพแทนการทดลอง แล้วให้นักเรียนจับคู่ภาพที่เป็นตัวแทนของการทดลอง และตอบคำถามที่กำหนด

Chang (2007) ได้สร้างแบบวัดความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน มีลักษณะเป็นแบบวัดอัตนัย ประกอบด้วย ข้อความที่แสดงถึงสถานการณ์ ข้อมูลประกอบและข้อคำถาม เช่น แบบวัดความสามารถในการสร้างแบบจำลองแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของโรงงานและปริมาณแก๊สที่ผลิตขึ้น ในแบบวัดประกอบด้วย ข้อความสถานการณ์ ตารางแสดงข้อมูล ข้อคำถามประกอบด้วย ส่วนที่ 1 ให้นักเรียนวาดภาพแสดงความสัมพันธ์ และ ส่วนที่ 2 ให้นักเรียนอธิบายความสัมพันธ์ที่สอดคล้องกับภาพวาดในส่วนที่ 1

Bamberger and Davis (2013) ได้สร้างแบบวัดความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ มีลักษณะเป็นแบบวัดอัตนัย ประกอบด้วย ข้อความที่บอกรายละเอียดสถานการณ์ ข้อคำถามที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์ ให้นักเรียนวาดภาพเพื่อแสดงเหตุผลของคำตอบในข้อที่ 1

โกเมศ นาแจ้ง (2554) ได้สร้างแบบวัดความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน มีลักษณะเป็นแบบวัดแบบอัตนัย ที่ประกอบด้วย สถานการณ์ และข้อคำถามประกอบด้วย ส่วนที่สร้างแบบจำลองด้วยการให้นักเรียนวาดภาพสองมติ หรือ แผนภาพการทดลอง และแผนภูมิแสดงข้อมูล และส่วนที่เป็นการอธิบายด้วยข้อความ

ณภัทร สุขนฤเศรษฐกุล (2564) ได้สร้างแบบวัดสมรรถนะการนำเสนอตัวแทนความความคิด เรื่อง เคมีไฟฟ้า มีลักษณะเป็นแบบวัดแบบอัตนัย ที่ประกอบด้วย ข้อความระบุเหตุการณ์สถานการณ์ และข้อคำถาม ประกอบด้วย 1) ให้นักเรียนเขียนบรรยาย เขียนสมการ สร้างแผนผัง หรือวาดภาพ เพื่อใช้อธิบายสถานการณ์ดังกล่าว 2) ให้เหตุผลว่าเหตุใดจึงเลือกนำเสนอด้วยรูปแบบดังกล่าว 3) กำหนดสัญลักษณ์หรือให้ข้อมูลเพิ่มเติม แล้วนำมาปรับปรุง เปลี่ยนแปลงการนำเสนอข้อมูล และ 4) ให้นักเรียนเปรียบเทียบการนำเสนอข้อมูลในข้อ 1 กับ ข้อ 3

จากแนวทางการวัดความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ของนักการศึกษา สรุปได้ว่า การวัดความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ สามารถวัดได้โดยใช้แบบวัดซึ่งมีลักษณะเป็นข้อสอบอัตนัย แบบวัดของนักการศึกษาหลายท่านมีองค์ประกอบของข้อสอบสอดคล้องกัน คือ 1) ข้อความที่แสดงถึงสถานการณ์ เหตุการณ์ หรือปรากฏการณ์ และ 2) ข้อคำถามที่ต้องการ

ให้นักเรียนแสดงแนวคิด อธิบาย หรือตอบคำถามบางอย่างที่สอดคล้องกับสถานการณ์โดยการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์รูปแบบต่าง ๆ เช่น แผนผัง กราฟ ภาพวาด แผนภูมิ และให้เขียนอธิบายประกอบ ขณะที่ข้อสอบของนักการศึกษาบางท่าน มีข้อคำถามเพิ่มเติมที่ให้บอกเหตุผลของการสร้างแบบจำลอง กำหนดข้อมูลเพิ่มเติมเพื่อการปรับปรุงแบบจำลอง และให้เปรียบเทียบแบบจำลอง ซึ่งสอดคล้องกับองค์ประกอบของความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ด้านกระบวนการสร้างแบบจำลอง พฤติกรรมบ่งชี้ที่แสดงถึงความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ รวมทั้งสอดคล้องกับขั้นตอนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 2.7 ความสอดคล้องของขั้นตอนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน องค์ประกอบความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ ตัวบ่งชี้ความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ และองค์ประกอบในแบบวัดความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์

ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน	องค์ประกอบความสามารถในการสร้างแบบจำลอง ฯ	ตัวบ่งชี้ความสามารถในการสร้างแบบจำลองฯ	องค์ประกอบในแบบวัด	นักการศึกษา/นักวิจัย				
				Guttersrud (2007)	Chang (2008)	Bamberger and Davis (2013	โกเมศ นาแจ้ง (2554)	ณภัทร สุขนฤเศรษฐกุล (2564)
การสร้างแบบจำลอง	การสร้างแบบจำลอง	การสร้างแบบจำลอง	ข้อความที่แสดงถึงสถานการณ์/เหตุการณ์/ปรากฏการณ์	✓	✓	✓	✓	✓
			ให้นักเรียนแสดงแนวคิด หรือตอบคำถามโดยการสร้างแบบจำลอง	-	✓	✓	✓	✓
การประเมินแบบจำลอง	การใช้แบบจำลอง	การใช้แบบจำลอง	ให้นักเรียนอธิบายเหตุผล	✓	-	-	-	✓
			ให้นักเรียนอธิบายความสอดคล้อง	✓	✓	-	✓	-
			ให้นักเรียนตอบคำถาม	✓	-	✓	-	-
	การเปรียบเทียบและประเมินแบบจำลอง	การประเมินแบบจำลอง	ให้นักเรียนเปรียบเทียบแบบจำลองเดิมกับแบบจำลองที่ปรับปรุงใหม่	-	-	-	-	✓
การดัดแปลงแก้ไขแบบจำลอง	การแก้ไขปรับปรุงแบบจำลอง	การปรับปรุงแบบจำลอง	ให้นักเรียนใช้ข้อมูลที่ได้รับเพิ่มเติมดัดแปลง แก้ไขแบบจำลอง	-	-	-	-	✓
การขยายแบบจำลอง	-	-	-	-	-	-	-	-

จากข้อสรุปความสอดคล้องของขั้นตอนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน องค์ประกอบความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ ตัวบ่งชี้ความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ และองค์ประกอบในแบบวัดความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ของนักการศึกษาท่านต่างๆ สามารถนำมาสร้างกรอบแนวคิดแบบวัดความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ของผู้วิจัย ซึ่งมีลักษณะเป็นแบบวัดอัตนัยที่ระบุสถานการณ์ หรือปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์มาให้นักเรียน และให้นักเรียนตอบคำถาม แต่ละสถานการณ์ประกอบด้วยคำถามจำนวน 3 ข้อ ที่สอดคล้องกับองค์ประกอบ และตัวบ่งชี้ความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ มีรายละเอียดดังนี้

ตารางที่ 2.8 กรอบแนวคิดแบบวัดความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ของผู้วิจัย

ข้อ	ตัวบ่งชี้ความสามารถในการสร้างแบบจำลองตามองค์ประกอบ 3 ด้าน	ตัวชี้วัดผลงาน
1	นักเรียนสร้างแบบจำลองจากสถานการณ์และข้อมูลที่กำหนดให้ตามความเข้าใจของตนเอง	ได้แบบจำลองของตามสถานการณ์ที่กำหนดให้ได้ครบทุกองค์ประกอบ
2	นักเรียนแก้ไขแบบจำลองโดยนำสัญลักษณ์/ขอบเขต/ข้อมูล ที่ได้รับเพิ่มเติมมาสร้างแบบจำลองให้สอดคล้องกับสถานการณ์ที่กำหนด	ได้แบบจำลองที่แก้ไขโดยใช้สัญลักษณ์/ขอบเขต/ข้อมูล ที่กำหนดให้ โดยสอดคล้องกับสถานการณ์ที่กำหนดได้ครบทุกองค์ประกอบ
3	นักเรียนเปรียบเทียบความเหมือนหรือความต่าง จุดเด่น-จุดด้อย ระหว่างแบบจำลองในข้อ 1 และ 2 และเสนอแนวทางในการปรับเปลี่ยนแบบจำลองในข้อ 1 ให้ดียิ่งขึ้น	ได้คำตอบที่ได้จากการเปรียบเทียบแบบจำลองเดิมกับที่ปรับใหม่ และแนวทางในการปรับเปลี่ยนแบบจำลองในข้อ 1 ให้ดียิ่งขึ้น

4. ความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์

4.1 ความหมายและความสำคัญของการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์

4.1.1 ความหมายของการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์

National Research Council (1996) กล่าวว่า คำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ หมายถึง คำอธิบาย หรือ ข้อความบรรยายปรากฏการณ์ธรรมชาติผ่านการให้เหตุผลที่สอดคล้องกับหลักฐานเชิงประจักษ์

McNeill and Krajcik (2008) กล่าวว่า คำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ หมายถึง การตอบคำถามโดยการเขียนหรือพูด เพื่อรายงานผลการศึกษาปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์ที่ต้องใช้หลักฐาน เหตุผลเชิงตรรกะ และความรู้ทางวิทยาศาสตร์ในการสนับสนุนคำอธิบาย

Gagnon and Abell (2008) กล่าวว่า คำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ หมายถึง ข้อความที่อธิบายถึงสาเหตุของปรากฏการณ์ โดยมีการระบุหลักฐานและหลักการทางวิทยาศาสตร์มาสนับสนุน

Osborne and Patterson (2011) กล่าวว่า การอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ หมายถึง การอธิบายปรากฏการณ์โดยใช้ความรูทางวิทยาศาสตร์เป็นฐาน เพื่ออธิบายถึงสาเหตุที่ทำให้เกิดปรากฏการณ์นั้น ๆ

Reiser et al. (2012) กล่าวว่า คำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ หมายถึง คำตอบของคำถามที่เกี่ยวข้องกับปรากฏการที่ศึกษา โดยมีความเชื่อมโยงระหว่างทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์กับผลการสังเกตทางวิทยาศาสตร์

Zangori and Forbes (2014) กล่าวว่า การอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ หมายถึง การเชื่อมโยงระหว่างทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์กับข้อมูลที่ได้จากการสังเกตปรากฏการณ์โดยอาศัยความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรและกลไกที่ใช้ในการอธิบายที่สนับสนุนสาเหตุและผลที่คาดว่าจะเกิดขึ้นเกี่ยวกับปรากฏการณ์ธรรมชาติ

อรยา แจ่มใจ (2557) กล่าวว่า คำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ หมายถึง ข้อกล่าวอ้างทางวิทยาศาสตร์ ที่อยู่บนพื้นฐานของการให้เหตุผล และเชื่อมโยงกับหลักฐานที่ได้จากการสำรวจตรวจสอบค้นคว้า

สุทธิชาติ เปรมกมล (2558) กล่าวว่า ความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความสามารถในการเขียนข้อความที่อธิบายปรากฏการณ์ โดยใช้ข้อกล่าวอ้างที่มีหลักฐานสนับสนุน และใช้การให้เหตุผลมาเขียนแสดงความสัมพันธ์ของหลักฐานที่สนับสนุนข้อกล่าวอ้างได้

กิตติวัฒน์ ดิษฐประเสริฐ (2561) กล่าวว่า การอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ หมายถึง การอธิบายปรากฏการทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งประกอบด้วย 3 องค์ประกอบ คือ การกล่าวอ้าง หลักฐาน และการให้เหตุผล เพื่อสร้างเป็นข้อความที่แสดงถึงความเชื่อมโยงระหว่างทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์กับปรากฏการณ์ต่าง ๆ

สรุปได้ว่า การสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ หมายถึง การสร้างข้อความเพื่ออธิบาย หรือให้ความหมายปรากฏการณ์ หรือสถานการณ์ต่าง ๆ โดยใช้เหตุผลเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างหลักฐาน ข้อมูลเชิงประจักษ์ กับข้อสรุป ประกอบด้วย 3 องค์ประกอบได้แก่ (1) ข้อกล่าวอ้าง คือ ข้อความที่เป็นคำตอบของคำถาม (2) หลักฐาน คือ ข้อมูลเชิงวิทยาศาสตร์ที่สนับสนุนข้อกล่าวอ้าง และ (3) การให้เหตุผล คือ การเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างหลักฐานและข้อกล่าวอ้าง เพื่อแสดงให้เห็นว่าข้อมูลที่ใช้เป็นหลักฐานสามารถสนับสนุนการกล่าวอ้างได้

ดังนั้นในงานวิจัยนี้ ความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ จึงหมายถึง ความสามารถในการสร้างข้อความเพื่ออธิบาย หรือให้ความหมายปรากฏการณ์ หรือสถานการณ์ต่างๆ โดยใช้เหตุผลเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างหลักฐาน ข้อมูลเชิงประจักษ์ กับข้อสรุป ประกอบด้วย 3 องค์ประกอบ ได้แก่ ข้อกล่าวอ้าง หลักฐาน และการให้เหตุผล

4.1.2 ความสำคัญของการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์

บุคคลที่มีความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ จะเป็นผู้ที่มีฐานความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่เต็มไปด้วยหลักฐานเชิงตรรกะ มีระดับของการวิเคราะห์อยู่ในระดับสูง และมีการแสดงความสัมพันธ์ระหว่างตรรกะ หลักฐาน และความรู้ในปัจจุบันได้ (National Research Council, 1996) ในทางการศึกษาวิทยาศาสตร์ คำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ มีความสำคัญ และเป็นตัวกำหนดกรอบโครงสร้างของการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ในระดับพื้นฐาน รวมถึงเป็นการส่งเสริมนักเรียนให้เห็นภาพรวมของวิทยาศาสตร์ ส่งเสริมให้นักเรียนเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์และส่งเสริมความเข้าใจมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ (McNeill & Krajcik, 2008) เพราะ การอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์เป็นความสามารถพื้นฐานและความเข้าใจพื้นฐานของการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งนักเรียนควรจะมีความเข้าใจที่ชัดเจนว่าคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ให้ความสำคัญกับหลักฐาน และการใช้หลักการทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์ (National Research Council, 1996) ในกระบวนการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์นักเรียนจะต้องมีการใช้หลักฐานทางวิทยาศาสตร์ในการอธิบายปรากฏการณ์ที่แตกต่างกันทำให้นักเรียนเกิดพัฒนาการความเข้าใจที่ลึกซึ้งในส่วนของเนื้อหา ช่วยให้นักเรียนเกิดการปรับเปลี่ยนมุมมองทางวิทยาศาสตร์ (Bell & Linn, 2000) นอกจากนี้ ยังช่วยให้นักเรียนมีความสามารถในการให้เหตุผลและการลงข้อสรุป รวมถึงส่งเสริมความเข้าใจในเนื้อหา กระบวนการ และมุมมองเกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ (McNeill et al., 2006) ที่มองว่าความรู้ทางวิทยาศาสตร์สามารถเปลี่ยนแปลงได้เมื่อมีการค้นพบประจักษ์พยานเพิ่มเติม หรือมีการโต้แย้งจากเดิม (นวลจิตต์ เชาวกีรติพงศ์, 2563)

การให้ผู้เรียนได้สร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์เป็นการสร้างประสบการณ์การเรียนรู้ให้แก่ผู้เรียน ได้ใช้กระบวนการสืบเสาะในการหาความรู้เช่นเดียวกับนักวิทยาศาสตร์ที่สร้างความเข้าใจเกี่ยวกับปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นจากการเก็บรวบรวมข้อมูลและวิเคราะห์ข้อมูล มีการใช้หลักฐานในการสนับสนุนข้อสรุป การสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์จึงเป็นการสร้างความเข้าใจและสื่อสารความเข้าใจด้วยการใช้หลักฐานเชิงประจักษ์และมีเหตุผล (Beyer & Davis, 2000 อ้างถึงใน สันติชัย อนุวรชัย, 2553) นอกจากนี้ ความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ยังเป็นตัวชี้วัดความรอบรู้ทางวิทยาศาสตร์ ในการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์จึงควรเปิดโอกาสให้นักเรียนได้สร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ เพื่อสร้างประสบการณ์ในการเรียนรู้ที่สอดคล้องกับสมรรถนะและมาตรฐานการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (Anuworachai, 2014 อ้างถึงใน นวลจิตต์ เชาวกีรติพงศ์, 2563) ดังที่สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ได้กำหนดให้การอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ เป็นสมรรถนะหนึ่งทางวิทยาศาสตร์ โดยหมายถึง ความสามารถในการนำความรู้ทางวิทยาศาสตร์มาใช้สร้างคำอธิบายเพื่อบอกข้อเท็จจริงที่ได้จากการสังเกตสถานการณ์ในชีวิตประจำวัน บอกความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้อง รวมทั้งใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ในการสร้างคำอธิบายเพื่อแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับปรากฏการณ์นั้นได้อย่างสมเหตุสมผล (สมเกียรติ ยังจีน, 2564)

4.2 องค์ประกอบของคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์

McNeill et al. (2006) กล่าวว่า องค์ประกอบของคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์มี 3 องค์ประกอบ ได้แก่

1) ข้อกล่าวอ้าง (Claim) คือ ข้อยืนยันหรือคำตอบของคำถาม

2) หลักฐาน (Evidence) คือ ข้อมูลเชิงวิทยาศาสตร์ที่ใช้ในการสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง ซึ่งหลักฐานนี้มาจากการสำรวจ ตรวจสอบ การสังเกต เป็นต้น

3) การให้เหตุผล (Reasoning) คือ ข้อความที่แสดงถึงเหตุผลที่เลือกใช้หลักฐานในการสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง

Sampson and Clark (2009) กล่าวว่า องค์ประกอบของคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์มี 3 องค์ประกอบ ได้แก่

1) คำอธิบาย (Explanation) คือ คำตอบจากคำถาม โดยคำอธิบายนี้สามารถใช้เป็นแนวทางในการแก้ปัญหา หรืออธิบายสาเหตุของกระบวนการที่เกิดขึ้น

2) หลักฐาน (Evidence) คือ สิ่งที่รวบรวมได้ เพื่อนำไปสนับสนุนคำอธิบาย โดยหลักฐานได้มาจาก การสังเกต การวัด การศึกษาหาความรู้

3) การให้เหตุผล (Reasoning) คือการแสดงให้เห็นถึงเหตุผลที่เลือกใช้หลักฐานในการสนับสนุนคำอธิบาย

Berland & Reiser (2009) กล่าวว่า องค์ประกอบของคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์มี 3 องค์ประกอบ ได้แก่

1) ข้อกล่าวอ้าง (Claim) เป็นคำตอบของคำถามก่อนการสำรวจตรวจสอบปรากฏการณ์ที่ศึกษา โดยบรรยายหรืออธิบายเกี่ยวสิ่งที่เกิดขึ้น หรือปัจจัยที่ส่งผลต่อสิ่งที่เกิดขึ้น เป็นต้น

2) หลักฐาน (Evidence) เป็นข้อมูลที่ได้รับจากการสำรวจตรวจสอบปรากฏการณ์ที่ศึกษา เพื่อนำมาใช้ในการในการสนับสนุนหรือแก้ต่างข้อกล่าวอ้าง

3) การให้เหตุผล (Reasoning) เป็นการเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างหลักฐานและข้อกล่าวอ้างโดยใช้หลักการทางวิทยาศาสตร์

McNeill & Martin (2011) กล่าวว่า องค์ประกอบของคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์มี 4 องค์ประกอบ ได้แก่

1) ข้อกล่าวอ้าง (Claim) คือ ข้อความที่เป็นคำตอบของคำถาม หรือ ปัญหา

2) หลักฐาน (Evidence) คือ ข้อมูลเชิงวิทยาศาสตร์ที่สนับสนุนข้อกล่าวอ้างโดยสามารถนำมาจากการสำรวจตรวจสอบ หรือจากแหล่งข้อมูลต่างๆ

3) การให้เหตุผล (Reasoning) คือ การอ้างเหตุผลว่าหลักฐานที่ใช้สนับสนุนข้อกล่าวอ้างอย่างไร รวมถึงการนำหลักการและแนวคิดทางวิทยาศาสตร์มาประยุกต์ให้เกิดความเข้าใจ

4) ข้อคัดค้าน (Rebuttal) คือ การบรรยายข้อกล่าวอ้างทางเลือก โดยให้หลักฐานและเหตุผลใหม่มาคัดค้านข้อกล่าวอ้างที่ไม่เหมาะสม

Brunsell (2012) กล่าวว่า องค์ประกอบของคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์มี 3 องค์ประกอบ ได้แก่

1) คำกล่าวอ้าง มีลักษณะเป็นข้อความหรือข้อสรุปเพื่อตอบคำถามหรือปัญหาที่สนใจ

2) หลักฐาน คือ ข้อมูลเชิงวิทยาศาสตร์ที่สนับสนุนข้อกล่าวอ้างหรือข้อสรุป ข้อมูลที่เป็นหลักฐานได้มาจากการสังเกต การทดลอง การสืบค้นจากแหล่งข้อมูลต่าง ๆ หลักฐานที่นำมาสนับสนุนจะต้องเหมาะสม

3) เหตุผล คือ การแสดงเหตุผลในการเลือกใช้ หรือตัดสินว่าหลักฐานที่ใช้ในการสนับสนุนข้อกล่าวอ้างหรือข้อสรุปมีความสอดคล้องกับหลักการทางวิทยาศาสตร์

สรุปได้ว่า คำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ประกอบด้วย 3 องค์ประกอบได้แก่ (1) ข้อกล่าวอ้าง คือ ข้อความที่เป็นคำตอบของคำถาม (2) หลักฐาน คือ ข้อมูลเชิงวิทยาศาสตร์ที่สนับสนุนข้อกล่าวอ้าง และ (3) การให้เหตุผล คือ การเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างหลักฐานและข้อกล่าวอ้าง เพื่อแสดงให้เห็นว่าข้อมูลที่ใช้เป็นหลักฐานสามารถสนับสนุนการกล่าวอ้างได้

4.3 ตัวบ่งชี้ความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์

National Research Council (1996) ได้เสนอพฤติกรรมบ่งชี้ความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์โดยแบ่งเป็นระดับดังรายละเอียดต่อไปนี้

ตารางที่ 2.9 พฤติกรรมบ่งชี้ความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์

ระดับ	พฤติกรรมบ่งชี้
เกรด K-4	ใช้ข้อมูลเพื่อสร้างคำอธิบายในเชิงเหตุผล
	สื่อสารกระบวนการสืบเสาะและคำอธิบาย
เกรด 5-8	พัฒนาการบรรยาย อธิบาย ทำนาย แบบจำลองต่างๆ โดยใช้เหตุผล
	คิดในเชิงเหตุผลเพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างหลักฐานและคำอธิบาย
	ยอมรับและวิเคราะห์คำอธิบายทางเลือกและการทำนาย
	สื่อสารกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และคำอธิบาย
เกรด 9-12	สร้างและทบทวนคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ และแบบจำลองต่างๆ โดยใช้เหตุผลและหลักฐาน
	ยอมรับและวิเคราะห์คำอธิบายทางเลือกและแบบจำลอง
	สื่อสารและกล่าวโต้แย้งเหตุผลทางวิทยาศาสตร์

ที่มา: National Research Council (1996)

McNeill et al. (2006) ได้ระบุเป็นพฤติกรรมบ่งชี้ความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ ไว้ดังนี้

1) ยืนยันข้อมูลถูกต้อง โดยระบุข้อมูลที่เชื่อมโยงกับคำถามมีทฤษฎีหรือแนวคิดสนับสนุน

2) ระบุหลักฐานที่ถูกต้องและครบถ้วนต่อการสนับสนุนการอ้างอิง มีการวางแผนค้นคว้าและสามารถจัดกระทำข้อมูล

3) ให้เหตุผลที่ถูกต้องและครบถ้วนเพื่อเชื่อมโยงหลักฐานไปสู่การกล่าวอ้างที่เหมาะสมและเพียงพอต่อหลักการทางวิทยาศาสตร์

สรุปได้ว่า พฤติกรรมบ่งชี้ความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ที่เหมาะสมกับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ประกอบด้วย การยืนยันข้อสรุปที่ถูกต้องโดยระบุหลักฐานที่ถูกต้องและครบถ้วน รวมทั้งให้เหตุผลเพื่อเชื่อมโยงหลักฐานไปยังข้อสรุปหรือข้อกล่าวอ้างดังกล่าว

4.4 การวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์

McNeill and Krajcik (2008) กล่าวว่า การวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์จะใช้วิธีการทดสอบโดยแบบวัดประเภทอัตนัยที่เป็นความเรียง (Essay Test) และใช้คำถามปลายเปิด แบบวัดที่ McNeill and Krajcik สร้างขึ้นประกอบด้วย

1) สถานการณ์ที่ต้องการให้นักเรียนสร้างคำอธิบาย

2) ข้อมูลประกอบสถานการณ์ที่กำหนด ซึ่งอาจเป็นภาพการทดลอง ตาราง กราฟ แผนภูมิ

3) คำถามที่ให้นักเรียนสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์

Sampson and Clark (2009) สร้างแบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียน เป็นแบบวัดอัตนัย โดยในแบบวัดประกอบด้วย

1) สถานการณ์

2) ข้อมูลประกอบมีลักษณะเป็นตารางแสดงข้อมูลที่สอดคล้องกับสถานการณ์

3) ข้อคำถามที่ประกอบด้วย (1) คำอธิบายหรือข้อสรุปที่ได้จากข้อมูล และ (2) การให้ระบุหลักฐาน และการให้เหตุผลที่เหมาะสมในการสนับสนุนคำตอบ

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2555) ได้นำเสนอหลักการ กรอบโครงสร้าง ตลอดจนตัวอย่างข้อสอบวิทยาศาสตร์ในการประเมินผลวิทยาศาสตร์นานาชาติ : PISA และ TIMSS ซึ่งมีการอธิบายปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์เป็นสมรรถนะหนึ่งในการประเมินการรู้วิทยาศาสตร์ (Scientific Literacy) ในแบบวัดประกอบด้วย

1) สถานการณ์ที่ต้องการให้อธิบายปรากฏการณ์

2) ข้อมูลประกอบสถานการณ์ที่มีลักษณะเป็น ข้อมูล บทความ เหตุการณ์ กราฟ ตาราง ซึ่งเป็นสถานการณ์ที่เกี่ยวข้องกับปรากฏการณ์ทั่วไปในธรรมชาติ การทดลองทางวิทยาศาสตร์ หรือปรากฏการณ์ในชีวิตประจำวัน เช่น ปรากฏการณ์เรือนกระจก การเกิดฟันผุ บทความเกี่ยวกับเสื้อผ้า เป็นต้น

3) ข้อคำถาม ที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์ ประกอบด้วย ข้อสรุปจากสถานการณ์ การระบุหลักฐานที่เกี่ยวข้องกับข้อสรุป รวมทั้งการให้เหตุผลที่สอดคล้องกับหลักการทางวิทยาศาสตร์

สันติชัย อนุวรชัย (2553) สร้างแบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ ประกอบด้วย

1) สถานการณ์เกี่ยวกับเรื่องที่ต้องการให้นักเรียนสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์

2) ข้อมูลประกอบสถานการณ์เพื่อให้นักเรียนใช้อ้างอิงในการสร้างคำอธิบาย

3) คำสั่งหรือคำถามที่ให้นักเรียนสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์

สุทธิชาติ เปรมกมล (2558) สร้างแบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ เรื่อง แรงและการเคลื่อนที่ โดยในแบบวัด ประกอบด้วย

1) สถานการณ์

2) ข้อคำถามที่เป็นข้อสรุปของสถานการณ์พร้อมให้เหตุผลประกอบ

พัทธ์ธีรา รัตนพันธ์ (2565) สร้างแบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ เรื่อง เคมีไฟฟ้า โดยในแบบวัด ประกอบด้วย

1) สถานการณ์

2) ข้อมูลประกอบสถานการณ์มีลักษณะเป็นตารางแสดงผลการทดลอง

3) ข้อคำถาม ประกอบด้วย (1) ให้นักเรียนบอกข้อสรุปที่เกี่ยวกับสถานการณ์ (2) ให้นักเรียนระบุหลักฐานที่สนับสนุนข้อสรุป และ (3) ให้นักเรียนให้เหตุผลที่สอดคล้องกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์เพื่อเชื่อมโยงข้อสรุปกับหลักฐาน

ศรารักษ์ เกลือนสิน (2565) สร้างแบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ เรื่อง แรงในชีวิตประจำวัน โดยในแบบวัด ประกอบด้วย

1) สถานการณ์เกี่ยวกับเรื่องที่ต้องการให้นักเรียนสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์

2) ข้อคำถาม ประกอบด้วย (1) ให้นักเรียนตอบคำถามซึ่งเป็นข้อสรุปเกี่ยวกับสถานการณ์ (2) ให้นักเรียนระบุหลักฐาน (3) ให้นักเรียนบอกเหตุผลของคำตอบในข้อ 1 และ (4) ให้นักเรียนแสดงความเห็นโดยเชื่อมโยงคำตอบจากข้อ 1-3

จากการศึกษาองค์ประกอบของคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ ตัวบ่งชี้ความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ และองค์ประกอบในแบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ สามารถสรุปความสัมพันธ์ได้ดังนี้

ตารางที่ 2.10 ความสอดคล้องขององค์ประกอบคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ ตัวบ่งชี้ความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ และองค์ประกอบในแบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักการศึกษา

องค์ประกอบคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์	**ตัวบ่งชี้ความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์**	**องค์ประกอบในแบบวัด**	**นักการศึกษา/นักวิจัย**						
			McNeill and Krajcik (2008)	Sampson and Clark (2009)	สสวท. (2555)	สันติชัย อนุวรชัย (2553)	สุทธิชาติ เปรมกมล (2558)	พัทธ์ธีรา รัตนพันธ์ (2565)	สรารักษ์ เกลือนสิน (2565)
-	-	สถานการณ์ที่ต้องการให้อธิบายปรากฏการณ์	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
		ข้อมูลประกอบสถานการณ์	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
ข้อกล่าวอ้าง	การยืนยันข้อสรุปที่ถูกต้อง	คำถามที่ให้บอกข้อสรุปจากสถานการณ์	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
หลักฐาน	การระบุหลักฐานที่ถูกต้องครบถ้วน	คำถามที่ให้ระบุหลักฐานที่สอดคล้องกับข้อสรุป	✓	✓	✓	✓		✓	✓
การให้เหตุผล	ให้เหตุผลเพื่อเชื่อมโยงหลักฐานไปยังข้อสรุปหรือข้อกล่าวอ้าง	คำถามที่ให้บอกเหตุผลเชื่อมโยงหลักฐานกับข้อสรุป	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓

จากสรุปความสอดคล้องขององค์ประกอบของคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ ตัวบ่งชี้ความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ และองค์ประกอบในแบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักการศึกษาท่านต่างๆ สามารถนำมาสร้างกรอบแนวคิดเป็นแบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของผู้วิจัย มีลักษณะเป็นแบบวัดอัตนัย ประกอบด้วย โจทย์สถานการณ์ ข้อมูลประกอบ และข้อคำถามที่สอดคล้องกับตัวชี้วัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ ในแต่ละสถานการณ์ประกอบด้วยคำถาม จำนวน 3 ข้อ มีรายละเอียดดังนี้

ตารางที่ 2.11 กรอบแนวคิดแบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของผู้วิจัย

ข้อที่	องค์ประกอบ	นิยามของข้อคำถาม
1	ข้อกล่าวอ้าง (Claim)	ให้นักเรียนเขียนข้อความที่เป็นคำตอบของคำถาม หรือข้อกล่าวอ้าง
2	หลักฐาน (Evidence)	ให้นักเรียนระบุข้อมูลเชิงวิทยาศาสตร์ หรือหลักฐานที่สนับสนุนข้อกล่าวอ้าง
3	การให้เหตุผล (Reasoning)	ให้นักเรียนเขียนการเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างหลักฐานและข้อกล่าวอ้าง โดยใช้หลักการทางวิทยาศาสตร์ เพื่อแสดงให้เห็นว่าข้อมูลที่ใช้เป็นหลักฐานสามารถสนับสนุนการกล่าวอ้างได้

5. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

5.1 งานวิจัยในประเทศ

ภรทิพย์ สุภัทรชัยวงศ์ (2556) ได้ทำการศึกษาการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานเพื่อพัฒนาแบบจำลองทางความคิด เรื่อง โครงสร้างอะตอมและความเข้าใจธรรมชาติของแบบจำลองของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ดำเนินการวิจัยโดยสำรวจแบบจำลองทางความคิด เรื่อง โครงสร้างอะตอม ของนักเรียนที่ผ่านการเรียน เรื่อง อะตอมและตารางธาตุมาแล้ว เก็บรวบรวมข้อมูลโดยใช้แบบวัดแบบจำลองทางความคิด ซึ่งมีลักษณะเป็นแบบวัดอัตนัย ที่ประกอบด้วยข้อคำถาม และให้นักเรียนวาดภาพพร้อมเขียนคำอธิบายตามสถานการณ์ที่กำหนดในหลายสถานการณ์ที่เกี่ยวข้องกับเรื่องโครงสร้างอะตอม ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนส่วนใหญ่มีแบบจำลองทางความคิดอยู่ในกลุ่มถูกต้องบางส่วน และคลาดเคลื่อนบางส่วน จากนั้นได้จัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานให้กับนักเรียน โดยใช้

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น จำนวน 5 แผน ใช้เวลา 15 คาบ ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนที่เรียนโดยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานส่วนใหญ่มีแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้อง และถูกต้องบางส่วนจำนวนเพิ่มขึ้น ซึ่งกิจกรรมการเรียนรู้มีลักษณะที่สำคัญคือ มีการสร้างสถานการณ์ที่น่าสนใจเพื่อกระตุ้นให้นักเรียนสร้างแบบจำลองทางความคิด มีการใช้คำถามและการอภิปรายเพื่อตรวจสอบความรู้เดิม รวมถึงการใช้สื่อการเรียนรู้ที่เน้นให้นักเรียนเชื่อมโยงเนื้อหาใน 3 ระดับ (จุลภาค มหภาค และสัญลักษณ์) มีการจัดกิจกรรมทางหลากหลายโดยเน้นให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติกิจกรรมด้วยตนเอง ให้อิสระนักเรียนในการนำเสนอแบบจำลองด้วยวิธีการที่หลากหลาย เช่น การวาดภาพ การใช้ท่าทาง การเขียนคำอธิบาย เน้นระบวนการทดสอบแบบจำลองร่วมกับการใช้คำถามพร้อมทั้งแสดงหลักฐานที่สนับสนุนคำอธิบาย มีการสอดแทรกกิจกรรมที่สะท้อนธรรมชาติของแบบจำลองและกระบวนการสร้างแบบจำลอง

สุทธิชาติ เปรมกมล (2558) ได้ศึกษาผลการใช้การสืบสอบเน้นแบบจำลองเป็นฐานที่มีต่อความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น เก็บรวบรวมข้อมูลโดยใช้แบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ ผลการวิจับพบว่า นักเรียนที่เรียนด้วยการสืบสอบเน้นแบบจำลองเป็นฐานมีคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับดีมาก และมีค่าเฉลี่ยของคะแนนสูงกว่านักเรียนที่เรียนด้วยวิธีการจัดการเรียนการสอนแบบทั่วไป โดยผู้วิจัยกล่าวว่า แบบจำลองจะช่วยส่งเสริมศักยภาพในการใช้ข้อมูลและหลักฐานเชิงประจักษ์เพื่ออธิบายปรากฏการณ์ทางธรรมชาติอย่างมีเหตุผล

สราวุธ แท่นจินดารัตน์ (2559) ทำการวิจัยเพื่อพัฒนาแบบจำลองทางความคิดเรื่องพันธะโคเวเลนต์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ที่ใช้แบบจำลองเป็นฐาน ผลการวิจัยพบว่า หลังเรียนนักเรียนส่วนใหญ่มีแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้อง โดยมีแนวทางการจัดการเรียนรู้ คือ ใช้คำถามปลายเปิดเพื่อตรวจสอบความรู้เดิมที่นำไปสู่การสร้างแบบจำลองทางความคิด เน้นกิจกรรมที่มีการสร้างแบบจำลองที่หลากหลาย และเปิดโอกาสให้นักเรียนนำเสนอแบบจำลองทางความคิดในลักษณะรูปวาด และใช้แบบจำลองที่หลากหลาย ชี้ให้นักเรียนเห็นถึงประเด็นธรรมชาติของแบบจำลองโดยเชื่อมโยงจากกิจกรรมที่นักเรียนได้ปฏิบัติ

สิทธิโชค เอี่ยมบุญ (2563) ทำวิจัยเพื่อศึกษาความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน จัดการเรียนรู้โดยใช้แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง เคมีอินทรีย์ จำนวน 5 แผน ใช้เวลา 15 ชั่วโมง มีการหาคุณภาพของแผนการจัดการเรียนรู้โดยการให้ผู้เชี่ยวชาญประเมินค่าความเหมาะสมของสาระสำคัญ จุดประสงค์การเรียนรู้ เนื้อหา กิจกรรมการเรียนรู้ สื่อการสอน และการวัดประเมินผลโดยมีระดับความเหมาะสม 5 ระดับ เก็บข้อมูลโดยใช้แบบวัดความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ หาคุณภาพของแบบวัดโดยให้ผู้เชี่ยวชาญประเมินความสอดคล้อง นำไปทดลองใช้และหาค่าความยากง่ายของแบบวัด ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้

แบบจำลองเป็นฐานมีความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 และสูงกว่านักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบปกติ สอดคล้องกับงานวิจัยของ ปิยะนารถ ประดับมุข (2563) ที่ทำการวิจัยเพื่อพัฒนาความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ลมฟ้าอากาศรอบตัว สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โดยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานมีความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70

ณัฐพล กวดไทย (2563) ทำวิจัยเพื่อพัฒนาความสามารถในการสร้างแบบจำลองของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 รายวิชาชีววิทยา ด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ในลักษณะวิจัยเชิงปฏิบัติการ ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนมีคะแนนความสามารถในการสร้างแบบจำลองผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 เพิ่มขึ้นในทุกวงจรปฏิบัติ

เมธินี ทาระวัน และเมษา นวลศรี (2564) ทำวิจัยเพื่อพัฒนาความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 โดยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เก็บข้อมูลโดยใช้แบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ เรื่อง ปรากฏการณ์ทางธรรมชาติและธรณีพิบัติภัย ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานมีความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์สูงกว่าก่อนเรียน โดยผู้วิจัยกล่าวว่าการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานได้สอดแทรกองค์ประกอบการอธิบายทางวิทยาศาสตร์ไปในการจัดการเรียนรู้ ทำให้นักเรียนรู้จักเลือกหลักฐานและให้เหตุผลที่มีความเหมาะสมมาอ้างอิงในการตอบคำถามหรือสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง และแสดงความเชื่อมโยงระหว่างหลักฐานกับข้อกล่าวอ้างได้

พัทธ์ธีรา รัตนพันธ์ (2565) ศึกษาผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานผ่านระบบออนไลน์ ที่มีต่อการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ เรื่อง เคมีไฟฟ้า ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เก็บรวบรวมข้อมูลโดยใช้แบบวัดการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ ซึ่งเป็นข้อสอบอัตนัยที่ประกอบด้วยสถานการณ์ และข้อคำถามที่ครอบคลุมองค์ประกอบการสร้างคำอธิบายชิงวิทยาศาสตร์ ได้แก่ ข้อกล่าวอ้าง หลักฐาน และการให้เหตุผล ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนมีคะแนนการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์คิดเป็นร้อยละ 73.03 เนื่องจากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานเน้นกระบวนการเรียนแบบสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ที่นักเรียนจะต้องลงมือปฏิบัติ มีการคิดวิเคราะห์ สังเคราะห์ และเปรียบเทียบแบบจำลองที่สร้างขึ้นกับข้อมูลเชิงประจักษ์ที่ได้มาจากการสำรวจตรวจสอบ กระบวนการดังกล่าวช่วยส่งเสริมให้นักเรียนส่วนใหญ่สามารถระบุข้อกล่าวอ้างหรือตอบคำถามได้ถูกต้อง นอกจากนี้นักเรียนส่วนใหญ่สามารถระบุหลักฐานได้ถูกต้องและเหมาะสม เนื่องจากในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในขั้นที่ 2 การประเมินแบบจำลอง นักเรียนได้ทำการสำรวจตรวจสอบเพื่อหาหลักฐานเชิงประจักษ์ที่เป็นข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ เพื่อนำมาใช้ในการสนับสนุนข้อกล่าวอ้างหรือสนับสนุนคำตอบของนักเรียน และใช้ในการปรับปรุงแก้ไขแบบจำลองให้สามารถอธิบายปรากฏการณ์ที่ศึกษาได้ดีขึ้น

5.2 งานวิจัยต่างประเทศ

Rogers, Huddle and White (2000) ศึกษาความเข้าใจเกี่ยวกับแบบจำลองของนักเรียนเกรด 8-11 ในประเทศแอฟริกาใต้ พบว่านักเรียนยังไม่รู้บทบาท ข้อจำกัด และวัตถุประสงค์ของแบบจำลองที่ใช้จากผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่า ความคิดของนักเรียนเกี่ยวกับแบบจำลองของสิ่งต่าง ๆ เกิดขึ้นจากประสบการณ์ในชีวิตประจำวัน และความเข้าใจของนักเรียนเกี่ยวกับบทบาทของแบบจำลองในการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ได้รับการปรับปรุงหรือแก้ไขภายหลังจากได้รับการเรียนการสอน

Baek et al. (2010) ได้พัฒนารูปแบบการจัดการเรียนการสอนโดยใช้ MCIS เพื่อศึกษาการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ ในด้านการสร้างและการปรับปรุงแบบจำลอง มีกลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนระดับประถมศึกษาในประเทศสหรัฐอเมริกา มีเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ แบบวัดความสามารถในการสร้างแบบจำลอง การบันทึกวิดีทัศน์ และแบบสัมภาษณ์ ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนมีความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์เพิ่มขึ้น ร้อยละ 64 โดยนักเรียนสามารถวาดภาพแสดงการอธิบายลักษณะที่สำคัญด้วยแบบจำลอง และสื่อสารด้วยแบบจำลอง และนักเรียนมีแนวคิดว่าแบบจำลองสามารถใช้อธิบายปรากฏการณ์ได้

Ruiz-Primo et al. (2010) ได้ทำการวิจัยเพื่อศึกษาคุณภาพการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน และศึกษาความเชื่อมโยงระหว่างคุณภาพการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์และผลการปฏิบัติงานของนักเรียน โดยมีกลุ่มเป้าหมายเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น ในประเทศสหรัฐอเมริกา จำนวนนักเรียน 72 คน มีเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย คือ สมุดบันทึกรายวิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียน นำข้อมูลมาวิเคราะห์การสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ โดยวิเคราะห์ 3 องค์ประกอบ ได้แก่ ข้อกล่าวอ้าง หลักฐาน และการให้เหตุผล ผลการวิจัยพบว่า วิธีการดังกล่าวสามารถวิเคราะห์คะแนนการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนได้อย่างน่าเชื่อถือ การฝึกการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนมีความสำคัญเป็นอย่างมากในบริบทของการสอนวิทยาศาสตร์แต่ยังไม่ถูกนำไปใช้อย่างกว้างขวาง โดยภาพรวมพบว่ามีนักเรียนร้อยละ 18 สามารถสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์โดยสามารถระบุได้ครบทั้ง 3 องค์ประกอบ และนักเรียนส่วนใหญ่คิดเป็นร้อยละ 40 สร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่ระบุข้อกล่าวอ้างแต่ไม่ได้ระบุหลักฐานหรือให้เหตุผล โดยนักเรียนที่มีการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่มีคุณภาพสูง จะส่งทำให้ผลการปฏิบัติงานมีคุณภาพสูงเช่นกัน

Moutinho, Moura and Vasconcelos (2017) ได้ศึกษาการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานโดยบูรณาการกับแบบจำลอง 3 รูปแบบ ได้แก่ แบบจำลองทางกายภาพ แบบจำลองคอมพิวเตอร์ และแบบจำลองผสมผสาน เพื่อพัฒนาแบบจำลองทางความคิด เรื่อง ภัยธรรมชาติ มีกลุ่มตัวอย่างเป็นนักศึกษาในประเทศโปรตุเกส โดยมีเครื่องมือในการวิจัย คือ 1) แบบวัดแบบจำลองทางความคิด มีลักษณะเป็นข้อคำถามแบบ 2 ชั้น จำนวน 15 ข้อ 2) แบบสอบถามเกี่ยวกับแบบจำลองและการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ มีลักษณะเป็นคำถามแบบเลือกตอบจำนวน 6 คำถาม แต่ละคำถาม

จะมี 2 คำตอบ และ 3) แบบสัมภาษณ์แบบกึ่งโครงสร้าง ผลการวิจัยพบว่า จัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานโดยการประยุกต์ใช้แบบจำลองประเภทต่าง ๆ สามารถทำให้นักเรียนมีความเข้าใจปรากฏการณ์ต่าง ๆ และส่งเสริมการเรียนรู้อย่างมีความหมาย โดยนักศึกษามีพัฒนาการของแบบจำลองทางความคิดที่สูงขึ้น

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้อง สรุปได้ว่า การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานเป็นรูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่สามารถพัฒนาความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ได้ เนื่องจากมีขั้นตอนที่ช่วยส่งเสริมการสร้างแบบจำลอง เช่น มีการสร้างสถานการณ์ หรือใช้คำถามและการอภิปรายเพื่อนำไปสู่การสร้างแบบจำลอง มีการจัดกิจกรรมที่หลากหลายโดยเน้นให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติ เน้นกระบวนการทดสอบและประเมินแบบจำลองพร้อมทั้งแสดงหลักฐานที่สนับสนุน นอกจากนี้รูปแบบการจัดการเรียนรู้ดังกล่าวยังสอดแทรกองค์ประกอบการอธิบายทางวิทยาศาสตร์ เช่น ในขั้นประเมินแบบจำลอง เป็นขั้นตอนที่นักเรียนได้สืบค้นหลักฐานเชิงประจักษ์ มีการอภิปรายความสอดคล้องระหว่างหลักฐานกับแบบจำลองที่สร้างขึ้น ทำให้นักเรียนรู้จักเลือกหลักฐานและให้เหตุผลที่มีความเหมาะสมมาอ้างอิงในการตอบคำถามหรือสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานจึงสามารถพัฒนาความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ด้วยเช่นกัน

มหาวิทยาลัย
สุโขทัยธรรมาธิราช

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัย เรื่อง ผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง สารละลาย ที่มีต่อความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ และความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนเตรียมอุดมศึกษาพัฒนาการ พัทลุง มีวิธีดำเนินการวิจัย ดังนี้

1. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

1.1 ประชากร เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนเตรียมอุดมศึกษาพัฒนาการ พัทลุง ปีการศึกษา 2566 จำนวน 7 ห้องเรียน มีนักเรียน 252 คน ซึ่งจัดห้องเรียนโดยคละความสามารถ

1.2 กลุ่มตัวอย่าง เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ดังกล่าวจำนวน 2 ห้องเรียน มีนักเรียน 70 คน ซึ่งได้มาจากการสุ่มแบบกลุ่ม และจับฉลากเป็นกลุ่มทดลอง และกลุ่มควบคุม

2. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

2.1 เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง ได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง สารละลาย จำนวน 4 แผน ใช้เวลาเรียน 18 ชั่วโมง และแผนการจัดการเรียนรู้แบบปกติใช้เวลาสอนเท่ากัน

2.2 เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

2.2.1 แบบวัดความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์

2.2.2 แบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์

3. การสร้างและหาคุณภาพเครื่องมือ

3.1 เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง ได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้ มีขั้นตอนการสร้างและหาคุณภาพ ดังนี้

3.1.1 แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

1) ศึกษาและวิเคราะห์หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) มาตรฐานการเรียนรู้ ตัวชี้วัด เนื้อหาสาระกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี และหลักสูตรสถานศึกษาโรงเรียนเตรียมอุดมศึกษาพัฒนาการ พัทลุง ซึ่งงานวิจัยนี้ใช้เนื้อหาระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 หน่วยการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง สารละลาย

2) ศึกษาแนวคิด ทฤษฎี ความหมายและหลักการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ซึ่งผู้วิจัยยึดตามแนวคิดของ ชาตรี ฝ่ายคำตา (2563) เพื่อจัดทำแผนการจัดการเรียนรู้ ดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 รายละเอียดขั้นตอนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้	เป้าหมาย	บทบาทครู	บทบาทนักเรียน
ขั้นที่ 1 สร้างแบบจำลอง	นำเข้าสู่บทเรียนเพื่อตรวจสอบความรู้เดิม โดยนักเรียนสร้างแบบจำลองเพื่ออธิบายปรากฏการณ์ตามความรู้เดิมของตนเอง	1) กระตุ้นความสนใจ 2) ใช้คำถามหรือกิจกรรมเพื่อกระตุ้นให้ผู้เรียนแสดงแบบจำลองความคิดของตนเองออกมาให้มากที่สุด	สร้างแบบจำลองความคิดของตนเองเกี่ยวกับสถานการณ์ที่กำหนดออกมาให้มากที่สุด
ขั้นที่ 2 ประเมินแบบจำลอง	นักเรียนใช้กระบวนการกลุ่มในการออกแบบและดำเนินการตรวจสอบข้อมูล และวิเคราะห์ข้อมูลแล้วประเมินความสอดคล้องของแบบจำลองที่ผู้เรียนสร้างขึ้นกับหลักฐาน	1) ให้ข้อมูลเพิ่มเติมเกี่ยวกับสิ่งที่นักเรียนสนใจนำไปสร้างแบบจำลอง 2) ส่งเสริมให้นักเรียนเรียนรู้แบบร่วมมือ อภิปรายกับเพื่อนร่วมชั้น 3) ใช้คำถามกระตุ้นให้นักเรียนประเมิน	1) ทำการศึกษาค้นคว้าออกแบบการทดลอง หรือทำการทดลอง เพื่อรวบรวมข้อมูลเชิงประจักษ์ หรืออาจค้นคว้าข้อมูลเพิ่มเติม 2) แสดงความคิดเห็นเพื่อตัดสินแบบจำลองของตนในขั้นที่ 1 ว่าสอดคล้อง

ตารางที่ 3.1 (ต่อ)

ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้	เป้าหมาย	บทบาทครู	บทบาทนักเรียน
		แบบจำลอง อย่างมีเหตุผล เพื่อให้นักเรียนประเมินแบบจำลอง โดยเปรียบเทียบอธิบายความสอดคล้องโดยใช้แบบจำลอง หลักฐาน และการให้เหตุผล	กับข้อมูลเชิงประจักษ์หรือไม่เพียงใด โดยแสดงความสอดคล้องของแบบจำลอง หลักฐาน และการให้เหตุผล
ขั้นที่ 3 ดัดแปลงแก้ไขแบบจำลอง	นักเรียนดัดแปลง แก้ไขแบบจำลอง จากหลักฐานเชิงประจักษ์ที่รวบรวมได้	1) ส่งเสริมนักเรียนให้ปรับแบบจำลองให้เป็นรูปธรรม 2) กระตุ้นให้นักเรียนใช้หลักฐาน ข้อมูล มาสนับสนุนโดยใช้เหตุผลในดัดแปลงแบบจำลอง	1) อภิปรายกันภายในกลุ่มโดยนำข้อมูลหลักฐานเชิงประจักษ์ที่รวบรวมได้ มาดัดแปลงแบบจำลอง 2) นำแบบจำลองมาอธิบายสถานการณ์ที่กำหนดโดยแสดงความสอดคล้องของแบบจำลอง หลักฐาน และการให้เหตุผล
ขั้นที่ 4 ขยายแบบจำลอง	นักเรียนใช้แบบจำลองอธิบายและทำนายปรากฏการณ์ หรือสถานการณ์อื่น	1) กระตุ้นให้นักเรียนตั้งคำถาม สร้างสมมติฐาน และค้นหาคำตอบ 2) นำอภิปรายเพื่อให้ได้ข้อสรุป	นำแบบจำลองมาอธิบายสถานการณ์ที่กำหนด

3) ศึกษาวิเคราะห์รายละเอียดเนื้อหา สาระการเรียนรู้ เพื่อออกแบบและวางแผนในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ และการประเมินผลการเรียนรู้ให้ตรงตามหลักสูตรที่กำหนด

4) สร้างแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ให้สัมพันธ์กับมาตรฐานการเรียนรู้ช่วงชั้น ตัวชี้วัด และสาระการเรียนรู้ จำนวน 4 แผน ใช้เวลารวมทั้งหมด 18 ชั่วโมง มีรายละเอียดดังตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.2 โครงสร้างแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง สารละลาย

แผนการจัดการเรียนรู้ที่	ชื่อเรื่อง	ตัวชี้วัด	จุดประสงค์การเรียนรู้	สาระสำคัญ	เวลา (ชั่วโมง)
1	องค์ประกอบและสมบัติของสารละลาย	ว2.1 ม.2/4 ออกแบบการทดลองและทดลองในการอธิบายผลของชนิดตัวละลาย ชนิดตัวทำละลาย อุณหภูมิที่มีต่อสภาพละลายได้ของสาร รวมทั้งอธิบายผลของความดันที่มีต่อสภาพละลายได้ของสารโดยใช้สารสนเทศ	1. ระบุองค์ประกอบของสารละลายได้ (K) 2. อธิบายเกณฑ์ที่ใช้ในการระบุตัวละลายและตัวทำละลายได้ (K) 3. วิเคราะห์องค์ประกอบของสารละลายที่กำหนดให้ได้ (K) 4. ยกตัวอย่างสารละลายสถานะของแข็ง ของเหลว และแก๊สได้ (K) 5. สร้างแบบจำลองแสดงองค์ประกอบของสารละลายในระดับอนุภาค (P) 6. แสดงความคิดอย่างมีเหตุผลและให้ความสำคัญของหลักฐาน (A)	สารละลายประกอบด้วยตัวทำละลายและตัวละลายโดยสารที่มีปริมาณมากที่สุดจัดเป็นตัวทำละลาย ส่วนองค์ประกอบที่มีน้อยกว่าจัดเป็นตัวละลาย สารละลายมีสถานะเป็นได้ทั้ง ของแข็ง ของเหลว และแก๊ส สารละลายที่ประกอบด้วยสารที่มีสถานะต่างกัน ตัวทำละลายคือสารที่มีสถานะเหมือนกับสารละลายซึ่งส่วนใหญ่จะเป็นสารที่มีปริมาณมากที่สุด ตัวอย่างของสารละลายที่เป็นของแข็ง เช่น นากทองเหลือง สารละลายที่เป็นของเหลว เช่น น้ำเกลือ น้ำเชื่อม และสารละลายที่เป็นแก๊ส เช่น อากาศ แก๊สหุงต้ม	4

ตารางที่ 3.2 (ต่อ)

แผนการจัดการเรียนรู้ที่	ชื่อเรื่อง	ตัวชี้วัด	จุดประสงค์การเรียนรู้	สาระสำคัญ	เวลา (ชั่วโมง)
2	สภาพละลายได้ของสาร และผลของชนิดของสารต่อสภาพละลายได้ของสาร	ว2.1 ม.2/4 ออกแบบการทดลองและทดลองในการอธิบายผลของชนิดตัวละลาย ชนิดตัวทำละลาย อุณหภูมิที่มีต่อสภาพละลายได้ของสาร รวมทั้งอธิบายผลของความดันที่มีต่อสภาพละลายได้ของสารโดยใช้สารสนเทศ	1. อธิบายความหมายของสารละลายอิ่มตัวและสภาพละลายได้ของสารได้ (K) 2. วิเคราะห์และอธิบายสภาพละลายได้ของสารที่กำหนดให้ได้ (K) 3. ยกตัวอย่างสภาพละลายได้ของสารต่างชนิดและชนิดเดียวกันในตัวทำละลายต่างชนิดและชนิดเดียวกันเมื่ออุณหภูมิคงที่ได้ (K) 4. ออกแบบการทดลองและทำการทดลองเพื่อหาสภาพละลายได้ของสารได้ (P) 5. ลงความเห็นจากข้อมูลเพื่อระบุสภาพละลายได้ของสารได้ (P)	สารละลายอิ่มตัว คือ สารละลายที่มีตัวละลายละลายอยู่ปริมาณมากจนไม่สามารถละลายในตัวทำละลายปริมาณหนึ่งได้อีกที่อุณหภูมิและความดันหนึ่ง โดยปริมาณของสารเป็นกรัมที่ละลายได้ในตัวทำละลาย 100 กรัม แล้วได้สารละลายอิ่มตัวพอดี ณ อุณหภูมิและความดันหนึ่งเรียกว่าสภาพละลายได้ของสาร สารต่างชนิดกันจะมีสภาพละลายได้ในตัวทำละลายชนิดเดียวกันไม่เท่ากัน เมื่ออุณหภูมิคงที่ เช่น ในตัวทำละลายชนิดเดียวกันจำนวน 100 กรัมที่อุณหภูมิเท่ากัน ในสารละลายน้ำตาลอิ่มตัวจะมีปริมาณเป็นกรัมของน้ำตาลมากกว่าปริมาณเป็นกรัม	4

ตารางที่ 3.2 (ต่อ)

แผนการจัดการเรียนรู้ที่	ชื่อเรื่อง	ตัวชี้วัด	จุดประสงค์การเรียนรู้	สาระสำคัญ	เวลา (ชั่วโมง)
			6. สร้างแบบจำลองเพื่ออธิบายสภาพละลายได้ของสารได้ (P) 7. แสดงความคิดอย่างมีเหตุผลและให้ความสำคัญของหลักฐาน (A)	ของเกลือในสารละลายเกลือ สารชนิดเดียวกันจะมีสภาพละลายได้ต่างกันในตัวทำละลายที่ต่างกัน เมื่ออุณหภูมิคงที่ เช่น น้ำตาลจะละลายในน้ำ 100 กรัม ได้มากกว่าละลายในแอลกอฮอล์ 100 กรัม ความรู้เกี่ยวกับสภาพละลายได้ของสารเมื่อใช้ตัวละลาย หรือตัวทำละลายชนิดต่างๆ สามารถนำไปใช้ประโยชน์ในชีวิตประจำวันได้ เช่น การเลือกใช้ตัวทำละลายในสกัดสาร การทำความสะอาดคราบต่าง ๆ	

ตารางที่ 3.2 (ต่อ)

แผนการจัดการเรียนรู้ที่	ชื่อเรื่อง	ตัวชี้วัด	จุดประสงค์การเรียนรู้	สาระสำคัญ	เวลา (ชั่วโมง)
3	ผลของอุณหภูมิและความดันต่อสภาพละลายได้ของสาร	ว2.1 ม.2/4 ออกแบบการทดลองและทดลองในการอธิบายผลของชนิดตัวละลาย ชนิดตัวทำละลาย อุณหภูมิที่มีต่อสภาพละลายได้ของสาร รวมทั้งอธิบายผลของความดันที่มีต่อสภาพละลายได้ของสารโดยใช้สารสนเทศ	1. เปรียบเทียบสภาพละลายได้ของสารที่อุณหภูมิต่างๆ ได้ (K) 2. อธิบาลผลของความดันที่มีต่อสภาพละลายได้ของแก๊สได้ (K) 3. ออกแบบการทดลองและทดลองเพื่อหาสภาพละลายได้ของสารที่อุณหภูมิต่างๆ ได้ (P) 4. สร้างแบบจำลองอธิบายผลของอุณหภูมิต่อสภาพละลายได้ของสารได้ (P) 5. แสดงความคิดอย่างมีเหตุผลและให้ความสำคัญของหลักฐาน (A)	เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นสารส่วนใหญ่มีสภาพละลายได้เพิ่มขึ้น ยกเว้นแก๊สเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นสภาพการละลายได้จะลดลง ความดันมีผลต่อสภาพละลายได้ของแก๊สโดยเมื่อความดันเพิ่มขึ้นสภาพละลายได้ของแก๊สจะเพิ่มขึ้น	4

ตารางที่ 3.2 (ต่อ)

แผนการจัดการเรียนรู้ที่	ชื่อเรื่อง	ตัวชี้วัด	จุดประสงค์การเรียนรู้	สาระสำคัญ	เวลา (ชั่วโมง)
4	ความเข้มข้นของสารละลาย	ว2.1 ม.2/5 ระบุปริมาณตัวละลายในสารละลายในหน่วยความเข้มข้นเป็นร้อยละโดยปริมาตรต่อปริมาตร มวลต่อมวล และมวลต่อปริมาตร	1. อธิบายความหมายของความเข้มข้นของสารละลาย ในหน่วยร้อยละโดยปริมาตรต่อปริมาตร ร้อยละโดยมวลต่อมวล และร้อยละโดยมวลต่อปริมาตรได้ (K) 2. คำนวณความเข้มข้นของสารละลายในหน่วยร้อยละโดยปริมาตรต่อปริมาตร ร้อยละโดยมวลต่อมวล และร้อยละโดยมวลต่อปริมาตรของสารที่กำหนดสถานะและปริมาณมาให้ได้ (K) 3. เรียงลำดับความเข้มข้นของสารหลายชนิดที่มีความเข้มข้นแตกต่างกันจากโจทย์ที่กำหนดให้ได้ (K)	ความเข้มข้นของสารละลายเป็นปริมาณตัวละลายในสารละลาย หน่วยความเข้มข้นมีหลายหน่วยนิยมระบุหน่วยเป็นร้อยละโดยปริมาตรต่อปริมาตร โดยมวลต่อมวล และโดยมวลต่อปริมาตร ร้อยละโดยปริมาตรต่อปริมาตร เป็นการระบุปริมาตรตัวละลายในสารละลาย 100 หน่วยปริมาตรเดียวกัน นิยมใช้กับสารละลายที่เป็นของเหลวหรือแก๊ส ร้อยละโดยมวลต่อมวล เป็นการระบุมวลตัวละลายในสารละลาย 100 หน่วยมวลเดียวกัน นิยมใช้กับสารละลายที่มีสถานะเป็นของแข็ง	6

ตารางที่ 3.2 (ต่อ)

แผนการจัดการเรียนรู้ที่	ชื่อเรื่อง	ตัวชี้วัด	จุดประสงค์การเรียนรู้	สาระสำคัญ	เวลา (ชั่วโมง)
			4. ประยุกต์ใช้ความรู้เรื่องความเข้มข้นของสารละลายมาใช้ประโยชน์อย่างถูกต้องปลอดภัยได้ (K) 5. สร้างแบบจำลองแสดงปริมาณของอนุภาคของสารละลายที่มีความเข้มข้นแตกต่างกันได้ (P) 6. แสดงความคิดอย่างมีเหตุผลและให้ความสำคัญของหลักฐาน (A)	ร้อยละโดยมวลต่อปริมาตร เป็นการระบุมวลตัวละลายในสารละลาย 100 หน่วยปริมาตร นิยมใช้กับสารละลายที่มีตัวละลายเป็นของแข็งในตัวทำละลายที่เป็นของเหลว การใช้สารละลายในชีวิตประจำวันควรพิจารณาจากความเข้มข้นของสารละลาย จุดประสงค์ของการใช้งาน และผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม	
			รวม		18

5) นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่สร้างขึ้นเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์เพื่อตรวจสอบความถูกต้องและความเหมาะสม แล้วปรับปรุงแก้ไข

6) นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่ปรับปรุงแก้ไขแล้ว เสนอต่อผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน เพื่อตรวจสอบคุณภาพความตรงกับความเหมาะสมและความสอดคล้องของแผนการจัดการเรียนรู้ เนื้อหา และขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ โดยใช้เกณฑ์การประเมินระดับความคิดเห็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) 5 ระดับ ตามวิธีของ Likert โดยใช้เกณฑ์ ดังนี้

ค่าคะแนนเฉลี่ย 4.51 – 5.00	ความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด
ค่าคะแนนเฉลี่ย 3.51 – 4.50	ความเหมาะสมอยู่ในระดับมาก
ค่าคะแนนเฉลี่ย 2.51 – 3.50	ความเหมาะสมอยู่ในระดับปานกลาง
ค่าคะแนนเฉลี่ย 1.51 – 2.50	ความเหมาะสมอยู่ในระดับน้อย
ค่าคะแนนเฉลี่ย 1.00 – 1.50	ความเหมาะสมอยู่ในระดับน้อยที่สุด

โดยถือว่าเกณฑ์คะแนนเฉลี่ย 3.51 ถึง 5.00 เป็นแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ใช้ได้ หลังจากผู้เชี่ยวชาญพิจารณา พบว่า แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1-4 มีคะแนนเฉลี่ยของระดับความคิดเห็นเท่ากับ 4.36, 4.62, 4.58 และ 4.58 ตามลำดับ ได้คะแนนเฉลี่ย 4 แผนการจัดการเรียนรู้เท่ากับ 4.54 มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด

7) ปรับปรุงแก้ไขแผนการจัดการเรียนรู้ที่ได้รับการตรวจพิจารณาตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ

8) นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่แก้ไขปรับปรุงเรียบร้อยแล้วไปใช้จริงกับกลุ่มตัวอย่าง

3.1.2 แผนการจัดการเรียนรู้แบบปกติ

แผนการจัดการเรียนรู้แบบปกติใช้แนวทางการจัดการเรียนรู้ตามคู่มือการใช้หลักสูตรรายวิชาพื้นฐานวิทยาศาสตร์ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ระดับมัธยมศึกษาตอนต้น ของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ซึ่งเสนอวิธีการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะมีทั้งหมด 5 ขั้น มีรายละเอียดต่าง ๆ ดังนี้

1) ขั้นสร้างความสนใจ เป็นการนำเข้าสู่บทเรียนหรือเรื่องที่สนใจ ซึ่งอาจเกิดจากความสงสัย หรืออาจเริ่มจากความสนใจของตัวเอง หรือเกิดจากการอภิปรายภายในกลุ่ม

2) ขั้นสำรวจและค้นหา เป็นการวางแผนกำหนดแนวทางการตรวจสอบตั้งสมมติฐาน กำหนดทางเลือกที่เป็นไปได้ ลงมือปฏิบัติเพื่อเก็บรบรวมข้อมูล ข้อสนเทศ หรือปรากฏการณ์ต่าง ๆ

3) ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป เป็นการนำเสนอข้อมูล ข้อสนเทศที่ได้มาวิเคราะห์ แปลผล สรุปผล และน้ำสนอผที่ได้ในรูปแบบต่าง ๆ

4) ขั้นขยายความรู้ เป็นการนำความรู้ที่สร้างขึ้นไปเชื่อมโยงกับความรู้เดิมหรือแนวคิดที่ได้ค้นคว้าเพิ่มเติม หรือนำแบบจำลอง หรือข้อสรุปที่ได้ไปใช้อธิบายสถานการณ์หรือเหตุการณ์อื่น ๆ

5) ขั้นประเมินความรู้ เป็นการประเมินการเรียนรู้ด้วยกระบวนการต่าง ๆ ว่านักเรียนมีความรู้อะไรบ้าง อย่างไร มากน้อยเพียงใด

3.2 การสร้างและหาคุณภาพเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล ได้แก่ แบบวัดความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ และแบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ มีขั้นตอนการสร้าง ดังนี้

3.2.1 แบบวัดความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์

1) ศึกษาหนังสือ เอกสาร และงานวิจัยเกี่ยวกับการสร้างแบบวัดความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์

2) กำหนดกรอบแนวคิด การวัด นิยามเชิงปฏิบัติการของการวัดความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ ดังตารางที่ 3.3

ตารางที่ 3.3 กรอบแนวคิดการวัดความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์

ข้อ	องค์ประกอบความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์	ตัวบ่งชี้ความสามารถของนักเรียน
1	การสร้างแบบจำลอง	นักเรียนสร้างแบบจำลองจากสถานการณ์และข้อมูลที่กำหนดให้ตามความเข้าใจของตนเอง
2	การแก้ไขปรับปรุงแบบจำลอง	นักเรียนนำสัญลักษณ์/ขอบเขต/ข้อมูล ที่ได้รับเพิ่มเติมมาสร้างแบบจำลองให้สอดคล้องกับสถานการณ์ที่กำหนด
3	การเปรียบเทียบและประเมินแบบจำลอง	นักเรียนเปรียบเทียบความเหมือนหรือความต่าง จุดเด่น-จุดด้อย ระหว่างแบบจำลองในข้อ 1 และ 2 และเสนอแนวทางในการปรับเปลี่ยนแบบจำลองในข้อ 1 ให้ดียิ่งขึ้น

3) สร้างแบบวัดความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ ประกอบด้วย สถานการณ์ หรือปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์ จำนวน 4 สถานการณ์ แต่ละสถานการณ์ประกอบด้วยคำถามจำนวน 3 ข้อ ที่สอดคล้องกับองค์ประกอบ และตัวบ่งชี้ความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ กำหนดเฉลยคำตอบ และเกณฑ์การให้คะแนนในการทำแบบวัดความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ ดังตารางที่ 3.4 ตารางที่ 3.5 และตารางที่ 3.6

ตารางที่ 3.4 เกณฑ์การให้คะแนนแบบวัดความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ ข้อที่ 1 การสร้างแบบจำลอง

ระดับคะแนน	เกณฑ์
5	เขียนแผนภาพ หรือวาดภาพที่สามารถอธิบายสถานการณ์ที่กำหนดได้อย่างถูกต้องสมบูรณ์ตามข้อมูลที่กำหนดให้ โดยมีองค์ประกอบครบถ้วนทั้ง 5 องค์ประกอบ
4	เขียนแผนภาพ หรือวาดภาพที่สามารถอธิบายสถานการณ์ที่กำหนดได้ถูกต้องเป็นส่วนใหญ่ โดยอธิบายคลาดเคลื่อน หรือขาด 1 องค์ประกอบ
3	เขียนแผนภาพ หรือวาดภาพที่สามารถอธิบายสถานการณ์ที่กำหนดได้ถูกต้องเป็นบางส่วน โดยอธิบายคลาดเคลื่อน หรือขาด 2 องค์ประกอบ
2	เขียนแผนภาพ หรือวาดภาพที่สามารถอธิบายสถานการณ์ที่กำหนดได้ถูกต้องเป็นส่วนน้อย โดยอธิบายคลาดเคลื่อน หรือขาด 3 องค์ประกอบ
1	เขียนแผนภาพ หรือวาดภาพที่สามารถอธิบายสถานการณ์ที่กำหนดได้ถูกต้องเป็นส่วนน้อย โดยอธิบายคลาดเคลื่อน หรือขาด 4 องค์ประกอบ
0	ไม่มีคำตอบ หรือคำตอบไม่ถูกต้อง

ตารางที่ 3.5 เกณฑ์การให้คะแนนแบบวัดความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ ข้อที่ 2 การแก้ไขปรับปรุงแบบจำลอง

ระดับคะแนน	เกณฑ์
5	นำสัญลักษณ์ที่กำหนดให้มาใช้ในการสร้างแบบจำลองได้อย่างครบถ้วน โดยมีองค์ประกอบครบถ้วน 5 องค์ประกอบ
4	นำสัญลักษณ์ที่กำหนดให้มาใช้ในการสร้างแบบจำลองได้ถูกต้องเป็นส่วนใหญ่ โดยอธิบายคลาดเคลื่อน หรือขาด 1 องค์ประกอบ
3	นำสัญลักษณ์ที่กำหนดให้มาใช้ในการสร้างแบบจำลองได้ถูกต้องเป็นบางส่วน โดยอธิบายคลาดเคลื่อน หรือขาด 2 องค์ประกอบ
2	นำสัญลักษณ์ที่กำหนดให้มาใช้ในการสร้างแบบจำลองได้ถูกต้องเป็นส่วนน้อย โดยอธิบายคลาดเคลื่อน หรือขาด 3 องค์ประกอบ
1	นำสัญลักษณ์ที่กำหนดให้มาใช้ในการสร้างแบบจำลองได้ถูกต้องเป็นส่วนน้อย โดยอธิบายคลาดเคลื่อน หรือขาด 4 องค์ประกอบ
0	ไม่มีคำตอบ หรือคำตอบไม่ถูกต้อง

ตารางที่ 3.6 เกณฑ์การให้คะแนนแบบวัดความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ ข้อที่ 3 การเปรียบเทียบและประเมินแบบจำลอง

ระดับคะแนน	เกณฑ์
2	สามารถเปรียบเทียบความเหมือนหรือต่าง จุดดี จุดด้อย ระหว่างแบบจำลองในข้อ 1 กับ แบบจำลองในข้อ 2 ได้อย่างชัดเจน รวมทั้งเสนอแนวทางในการปรับเปลี่ยนแบบจำลองในข้อ 1 ให้สมบูรณ์ขึ้นได้อย่างเหมาะสม มีความสอดคล้องกับลักษณะของสถานการณ์
1	สามารถเปรียบเทียบความเหมือนหรือต่าง จุดดี จุดด้อย ระหว่างแบบจำลองในข้อ 1 กับ แบบจำลองในข้อ 2 ได้ แต่ไม่สามารถเสนอแนวทางในการปรับปรุงแบบจำลองได้ หรือเสนอแนวทางแต่ไม่เหมาะสม
0	ไม่สามารถเปรียบเทียบความเหมือนหรือต่าง จุดดี จุดด้อย ระหว่างแบบจำลองในข้อ 1 กับ แบบจำลองในข้อ 2 ได้

4) นำแบบวัดที่สร้างขึ้นเสนออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์เพื่อตรวจสอบความถูกต้อง พิจารณาให้ข้อเสนอแล้วนำไปปรับปรุงแก้ไขให้สมบูรณ์

5) นำแบบวัดที่ปรับปรุงแก้ไขแล้ว เสนอผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน เพื่อพิจารณาตรวจสอบคุณภาพความตรงกับความเหมาะสมสอดคล้องระหว่างข้อคำถามและตัวบ่งชี้ความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ โดยใช้เกณฑ์การประเมินระดับความคิดเห็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ ตามวิธีของ Likert พบว่า แบบวัดความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ ได้คะแนนเฉลี่ยของระดับความคิดเห็นเท่ากับ 5 ในทุกสถานการณ์มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด

6) นำแบบวัดความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ที่ปรับปรุงแล้วไปหาประสิทธิภาพ โดยทดลองใช้กับกลุ่มนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนเตรียมอุดมศึกษาพัฒนาการ พัทลุง ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง

7) นำคะแนนที่ได้มาวิเคราะห์หาค่าความยาก (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) โดยใช้สูตรของ Whitney and Sabers (กัญจนา ลินทรัตนศิริกุล, 2564) พบว่า แบบวัดที่สร้างขึ้นมีค่าความยากตั้งแต่ 0.55 ถึง 0.65 มีค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.41 ถึง 0.52

8) นำคะแนนจากแบบวัดความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์มาวิเคราะห์หาค่าความเที่ยงโดยใช้สูตรสัมประสิทธิ์แอลฟา (Alpha-Coefficient) ของ Cronbach (กัญจนา ลินทรัตนศิริกุล, 2564) พบว่า แบบวัดที่สร้างขึ้นมีค่าความเที่ยง 0.88

9) นำแบบวัดความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ไปใช้กับกลุ่มตัวอย่างสำหรับการวิจัย

3.2.2 แบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์

1) ศึกษาหนังสือ เอกสาร และงานวิจัยเกี่ยวกับการสร้างแบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์

2) กำหนดกรอบแนวคิด การวัด นิยามเชิงปฏิบัติการของการวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ ดังตารางที่ 3.7

ตารางที่ 3.7 กรอบแนวคิดการวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์

ข้อ	องค์ประกอบคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์	ตัวบ่งชี้ความสามารถของนักเรียน
1	ข้อกล่าวอ้าง	นักเรียนยืนยันข้อสรุปที่ถูกต้อง
2	หลักฐาน	นักเรียนระบุหลักฐานที่ถูกต้องครบถ้วน
3	การให้เหตุผล	นักเรียนให้เหตุผลเพื่อเชื่อมโยงหลักฐานไปยังข้อสรุปหรือข้อกล่าวอ้าง

3) สร้างแบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ ประกอบด้วยโจทย์สถานการณ์ ข้อมูลประกอบ จำนวน 6 สถานการณ์ แต่ละสถานการณ์ประกอบด้วยคำถาม จำนวน 3 ข้อ ที่สอดคล้องกับตัวชี้วัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ กำหนดเฉลยคำตอบ และเกณฑ์การให้คะแนนในการทำแบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ ดังตารางที่ 3.8

ตารางที่ 3.8 เกณฑ์การให้คะแนนแบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์

ตัวชี้วัด	ระดับคะแนน		
	2	1	0
ข้อกล่าวอ้าง (ข้อที่ 1)	ระบุข้อความที่เป็นข้อกล่าวอ้าง หรือ คำตอบของคำถามได้อย่างถูกต้อง	ระบุข้อความที่เป็นข้อกล่าวอ้าง หรือ คำตอบของคำถามได้ใกล้เคียงคำตอบที่ถูกต้อง	ระบุข้อความที่เป็นข้อกล่าวอ้าง หรือ คำตอบของคำถาม ที่ไม่ถูกต้อง
หลักฐาน (ข้อที่ 2)	แสดงข้อมูลเชิงวิทยาศาสตร์ หรือหลักฐานที่สนับสนุนข้อกล่าวอ้างได้ถูกต้องเหมาะสม ครบถ้วน	แสดงข้อมูลเชิงวิทยาศาสตร์ หรือหลักฐานที่สนับสนุนข้อกล่าวอ้างได้ถูกต้องแต่ไม่ครบถ้วน หรือใช้คำตอบที่ใกล้เคียง	ไม่สามารถแสดงข้อมูลเชิงวิทยาศาสตร์ หรือหลักฐานที่สนับสนุนข้อกล่าวอ้างได้ หรือแสดงข้อมูลที่ไม่สอดคล้องหรือไม่ตอบ

ตารางที่ 3.8 (ต่อ)

ตัวชี้วัด	ระดับคะแนน		
	2	1	0
การให้เหตุผล (ข้อที่ 3)	สามารถเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างหลักฐานและข้อกล่าวอ้างโดยใช้หลักการทางวิทยาศาสตร์ เพื่อแสดงให้เห็นว่าข้อมูลที่ใช้เป็นหลักฐานสามารถสนับสนุนการกล่าวอ้างได้	สามารถเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างหลักฐานและข้อกล่าวอ้างโดยใช้หลักการทางวิทยาศาสตร์ เพื่อแสดงให้เห็นว่าข้อมูลที่ใช้เป็นหลักฐานสามารถสนับสนุนการกล่าวอ้างได้ แต่ไม่ครบถ้วน หรือขาดบางองค์ประกอบ	ไม่สามารถเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างหลักฐานและข้อกล่าวอ้างโดยใช้หลักการทางวิทยาศาสตร์ได้ หรือไม่ตอบ

4) นำแบบวัดที่สร้างขึ้นเสนออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์เพื่อตรวจสอบความถูกต้อง พิจารณาให้ข้อเสนอแล้วนำไปปรับปรุงแก้ไขให้สมบูรณ์

5) นำแบบวัดที่ปรับปรุงแก้ไขแล้ว เสนอผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน เพื่อพิจารณาตรวจสอบคุณภาพความตรงกับความเหมาะสมสอดคล้องระหว่างข้อคำถามและตัวบ่งชี้ความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ โดยใช้เกณฑ์การประเมินระดับความคิดเห็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ ตามวิธีของ Likert พบว่า แบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ มีคะแนนเฉลี่ยของระดับความคิดเห็นเท่ากับ 5 ในทุกสถานการณ์ มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด

6) นำแบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ที่ปรับปรุงแล้วไปหาประสิทธิภาพ โดยทดลองใช้กับกลุ่มนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนเตรียมอุดมศึกษาพัฒนาการพัทลุง ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง

7) นำคะแนนที่ได้มาวิเคราะห์หาค่าความยาก (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) โดยใช้สูตรของ Whitney and Sabers (กัญจนา ลินทรัตนศิริกุล, 2564) พบว่า แบบวัดที่สร้างขึ้นมีค่าความยากตั้งแต่ 0.58 ถึง 0.73 มีค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.27 ถึง 0.52

8) นำคะแนนจากแบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์มาวิเคราะห์หาค่าความเที่ยงโดยใช้สูตรสัมประสิทธิ์แอลฟา (Alpha-Coefficient) ของ Cronbach (กัญจนา ลินทรัตนศิริกุล, 2564) พบว่า แบบวัดที่สร้างขึ้นมีค่าความเที่ยง 0.90

9) นำแบบวัดความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ไปใช้กับกลุ่มตัวอย่างสำหรับการวิจัย

4. การเก็บรวบรวมข้อมูล

การวิจัยครั้งนี้มีวิธีการเก็บรวบรวมข้อมูล ดังนี้

4.1 ทดสอบก่อนเรียน ด้วยแบบวัดความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์และแบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ ทดสอบนักเรียนทั้งในกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม แล้วนำผลการสอบมาตรวจให้คะแนน

4.2 ดำเนินการทดลอง โดยจัดกิจกรรมการเรียนรู้ให้กับผู้เรียนทั้งหมด 18 คาบ โดยในกลุ่มทดลองใช้แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน และกลุ่มควบคุมใช้แผนการจัดการเรียนรู้แบบปกติ

4.3 ทดสอบหลังการทดลอง เมื่อเสร็จสิ้นการสอนทุกแผนการจัดการเรียนรู้ ทำการทดสอบหลังเรียนโดยใช้แบบวัดความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ และแบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ กับนักเรียนทั้งในกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม แล้วนำผลการสอบมาตรวจให้คะแนน บันทึกผลข้อมูลไว้ใช้ในการวิเคราะห์ผลต่อไป

5. การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยใช้ค่าสถิติการวิเคราะห์ข้อมูล ดังนี้

5.1 การวิเคราะห์เพื่อตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือ ประกอบด้วย

5.1.1 วิเคราะห์คุณภาพเครื่องมือทั้งฉบับ

1) วิเคราะห์ความตรง ของแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน แบบวัดความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ และแบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ โดยใช้เกณฑ์การประเมินระดับความคิดเห็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) 5 ระดับ ตามวิธีของ Likert

2) วิเคราะห์ความเที่ยง ของแบบวัดความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ และแบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ ทั้งฉบับ โดยใช้สูตรสัมประสิทธิ์แอลฟา (Alpha-Coefficient) ของ Cronbach (กัญจนา ลินทรัตนศิริกุล, 2564) ดังนี้

$$\propto = \frac{k}{k-1}\left[1 - \frac{\Sigma S_i^2}{S^2}\right]$$

เมื่อ $\propto$ คือ ค่าความเที่ยง

k คือ จำนวนข้อคำถาม

S_i คือ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนนในข้อคำถามที่ i

S คือ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนนทั้งหมด

โดยที่ $S^2 = \frac{N\Sigma X^2 - (\Sigma X)^2}{N(N-1)}$

เมื่อ N คือ จำนวนผู้เข้าสอบ

X คือ คะแนนรวมของผู้เข้าสอบแต่ละคน

5.1.2 วิเคราะห์คุณภาพเครื่องมือรายข้อ

1) วิเคราะห์ความยาก (p) เป็นรายข้อ ของแบบวัดความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ และแบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์โดยใช้สูตรของ Whitney and Sabers (กัญจนา ลินทรัตนศิริกุล, 2564) ดังนี้

ค่าอำนาจจำแนก $= \frac{\Sigma_H + \Sigma_L}{N\,(Score_{max} - Score_{min})}$

2) วิเคราะห์อำนาจจำแนก (r) เป็นรายข้อ ของแบบวัดความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ และแบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์โดยใช้สูตรของ Whitney and Sabers (กัญจนา ลินทรัตนศิริกุล, 2564) ดังนี้

ค่าความยาก $= \frac{\Sigma_H + \Sigma_L - (2N\ Score_{mim})}{2N\,(Score_{max} - Score_{min})}$

เมื่อ Σ_H คือ ผลรวมของคะแนนกลุ่มสูง

Σ_L คือ ผลรวมของคะแนนกลุ่มต่ำ

N คือ จำนวนผู้เข้าสอบของกลุ่มสูงหรือกลุ่มต่ำ

$Score_{max}$ คือ คะแนนของผู้เข้าสอบที่ได้คะแนนสูงสุด

$Score_{min}$ คือ คะแนนของผู้เข้าสอบที่ได้คะแนนต่ำสุด

5.2 การวิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติพื้นฐาน

5.2.1 วิเคราะห์ค่าเฉลี่ย (Mean) ของคะแนนความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ และคะแนนความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์

5.2.2 วิเคราะห์ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) ของคะแนนความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ และคะแนนความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์

5.3 การวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อตรวจสอบสมมติฐาน

5.3.1 วิเคราะห์เปรียบเทียบคะแนนความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานกับนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ โดยใช้การทดสอบค่าที (t - test for Independent Sample)

5.3.2 วิเคราะห์เปรียบเทียบคะแนนความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานระหว่างก่อนและหลังเรียน โดยใช้การทดสอบค่าที (t - test for Dependent Sample)

5.3.3 วิเคราะห์เปรียบเทียบคะแนนความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานกับนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ โดยใช้การทดสอบค่าที (t - test for Independent Sample)

5.3.4 วิเคราะห์เปรียบเทียบคะแนนความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานระหว่างก่อนและหลังเรียน โดยใช้การทดสอบค่าที (t - test for Dependent Sample)

มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช

บทที่ 4
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัย เรื่อง ผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง สารละลาย ที่มีต่อความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ และความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนเตรียมอุดมศึกษาพัฒนาการ พัทลุง มีผลการวิเคราะห์ข้อมูลตามวัตถุประสงค์การวิจัย ดังนี้

ตอนที่ 1 ผลการเปรียบเทียบความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานกับนักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบปกติ

ตอนที่ 2 ผลการเปรียบเทียบความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานระหว่างก่อนเรียนกับหลังเรียน

ตอนที่ 3 ผลการเปรียบเทียบความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานกับนักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบปกติ

ตอนที่ 4 ผลการเปรียบเทียบความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานระหว่างก่อนเรียนกับหลังเรียน

มหาวิทยาลัย
สุโขทัยธรรมาธิราช

ตอนที่ 1 ผลการเปรียบเทียบความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานกับนักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบปกติ

ตารางที่ 4.1 ผลการเปรียบเทียบคะแนนความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน กับนักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบปกติ

คะแนน	กลุ่มทดลอง (n=35)		กลุ่มควบคุม (n=35)		t	*Sig*
	M	SD	*M*	SD		
ก่อนเรียน (24 คะแนน)	8.40	2.703	8.86	2.379	0.751	0.455
หลังเรียน (24 คะแนน)	17.69	3.359	9.37	2.568	11.635*	.000

*p <.05

จากตารางที่ 4.1 พบว่า ก่อนเรียนนักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน และนักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบปกติ มีคะแนนความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ เฉลี่ยเท่ากับ 8.40 และ 8.86 ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของทั้งสองกลุ่ม พบว่า ก่อนเรียนนักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานกับนักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบปกติมีความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

หลังเรียนนักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน และนักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบปกติ มีคะแนนความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ เฉลี่ยเท่ากับ 17.69 และ 9.37 ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของคะแนนทั้งสองกลุ่ม พบว่า นักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานมีความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์สูงกว่านักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ตารางที่ 4.2 ผลการเปรียบเทียบคะแนนความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนของนักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานกับนักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบปกติ แยกตามองค์ประกอบ

องค์ประกอบ	**กลุ่มทดลอง (n=35)**		**กลุ่มควบคุม (n=35)**		**t**	***Sig***
	M	**SD**	***M***	**SD**		
1. การสร้างแบบจำลอง (10 คะแนน)	8.40	2.703	8.86	2.379	9.744*	.000
2. การแก้ไขปรับปรุงแบบจำลอง (10 คะแนน)	7.60	1.440	3.86	0.845	13.269*	.000
3. การเปรียบเทียบและประเมินแบบจำลอง (4 คะแนน)	2.94	0.948	2.00	1.138	3.784*	.000

*p <.05

จากตารางที่ 4.2 คะแนนความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ ระหว่างนักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานกับนักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบปกติ แยกตามองค์ประกอบ พบว่า องค์ประกอบที่ 1 การสร้างแบบจำลองมีคะแนนเฉลี่ย 7.14 และ 3.51 ตามลำดับ องค์ประกอบที่ 2 การแก้ไขปรับปรุงแบบจำลอง มีคะแนนเฉลี่ย 7.60 และ 3.86 ตามลำดับ และองค์ประกอบที่ 3 การเปรียบเทียบและประเมินแบบจำลองมีคะแนนเฉลี่ย 2.94 และ 2.00 ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของคะแนนทั้งสองกลุ่ม พบว่า นักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานมีความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์สูงกว่านักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบปกติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ทุกองค์ประกอบ

ตอนที่ 2 ผลการเปรียบเทียบความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานระหว่างก่อนเรียนกับหลังเรียน

ตารางที่ 4.3 ผลการเปรียบเทียบคะแนนความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานระหว่างก่อนเรียนกับหลังเรียน

คะแนน	ก่อนเรียน (n=35)		หลังเรียน (n=35)		t	*Sig*
	M	SD	*M*	SD		
(24 คะแนน)	8.40	2.703	17.69	3.359	17.819*	.000

*p <.05

จากตารางที่ 4.3 พบว่า นักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน มีคะแนนความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนและหลังเรียน เฉลี่ยเท่ากับ 8.40 และ 17.69 ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของคะแนน พบว่า นักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานมีความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ตารางที่ 4.4 ผลการเปรียบเทียบคะแนนความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานระหว่างก่อนเรียนกับหลังเรียน แยกตามองค์ประกอบ

องค์ประกอบ	ก่อนเรียน (n=35)		หลังเรียน (n=35)		t	*Sig*
	M	SD	*M*	SD		
1. การสร้างแบบจำลอง (10 คะแนน)	3.23	1.395	7.14	1.537	17.047*	.000
2. การแก้ไขปรับปรุงแบบจำลอง (10 คะแนน)	3.43	0.948	7.60	1.440	14.766*	.000

ตารางที่ 4.4 (ต่อ)

องค์ประกอบ	ก่อนเรียน (n=35)		หลังเรียน (n=35)		t	*Sig*
	M	SD	*M*	SD		
3. การเปรียบเทียบและประเมินแบบจำลอง (4 คะแนน)	1.74	1.197	2.94	0.938	5.274*	.000

*p <.05

จากตารางที่ 4.4 คะแนนความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานระหว่างก่อนเรียนกับหลังเรียน แยกตามองค์ประกอบ พบว่า องค์ประกอบที่ 1 การสร้างแบบจำลอง มีคะแนนเฉลี่ย 3.23 และ 7.14 ตามลำดับ องค์ประกอบที่ 2 การแก้ไขปรับปรุงแบบจำลอง มีคะแนนเฉลี่ย 3.43 และ 7.60 ตามลำดับ และองค์ประกอบที่ 3 การเปรียบเทียบและประเมินแบบจำลอง มีคะแนนเฉลี่ย 1.74 และ 2.94 ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของคะแนน พบว่า นักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานมีความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ทุกองค์ประกอบ โดยองค์ประกอบที่นักเรียนมีระดับความสามารถสูงที่สุดคือ องค์ประกอบที่ 2 การแก้ไขปรับปรุงแบบจำลอง องค์ประกอบที่ 3การเปรียบเทียบและประเมินแบบจำลอง และองค์ประกอบที่ 1 การสร้างแบบจำลอง ตามลำดับ

มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช

ตอนที่ 3 ผลการเปรียบเทียบความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานกับนักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบปกติ

ตารางที่ 4.5 ผลการเปรียบเทียบคะแนนความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน กับนักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบปกติ

คะแนน	**กลุ่มทดลอง (n=35)**		**กลุ่มควบคุม (n=35)**		t	*Sig*
	M	SD	*M*	SD		
ก่อนเรียน (18 คะแนน)	9.31	2.220	8.97	1.992	0.680	0.499
หลังเรียน (18 คะแนน)	14.77	2.414	9.34	1.798	10.669*	0.000

*p <.05

จากตารางที่ 4.5 พบว่า ก่อนเรียนนักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน และนักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบปกติ มีคะแนนความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ เฉลี่ยเท่ากับ 9.31 และ 8.97 ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของทั้งสองกลุ่ม พบว่า ก่อนเรียนนักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานกับนักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบปกติมีความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

หลังเรียนนักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน และนักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบปกติ มีคะแนนความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์เฉลี่ยเท่ากับ 14.77 และ 9.34 ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของคะแนนทั้งสองกลุ่ม พบว่า นักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานมีความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์สูงกว่านักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ตารางที่ 4.6 ผลการเปรียบเทียบคะแนนความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์หลังเรียนของนักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน กับนักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบปกติ แยกตามองค์ประกอบ

องค์ประกอบ	กลุ่มทดลอง (n=35)		กลุ่มควบคุม (n=35)		t	*Sig*
	M	SD	*M*	SD		
1. ข้อกล่าวอ้าง (6 คะแนน)	5.49	0.743	4.34	0.998	5.434*	.000
2. หลักฐาน (6 คะแนน)	5.46	0.817	3.89	0.832	7.973*	.000
3. การให้เหตุผล (6 คะแนน)	3.83	1.424	1.11	0.900	9.531*	.000

*p <.05

จากตารางที่ 4.6 คะแนนความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ ระหว่างนักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน กับนักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบปกติ แยกตามองค์ประกอบ พบว่า องค์ประกอบที่ 1 ข้อกล่าวอ้าง มีคะแนนเฉลี่ย 5.49 และ 4.34 ตามลำดับ องค์ประกอบที่ 2 หลักฐาน มีคะแนนเฉลี่ย 5.46 และ 3.89 ตามลำดับ และองค์ประกอบที่ 3 การให้เหตุผล มีคะแนนเฉลี่ย 3.83 และ 1.11 ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของคะแนนทั้งสองกลุ่ม พบว่า นักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานมีความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์สูงกว่านักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ทุกองค์ประกอบ

ตอนที่ 4 ผลการเปรียบเทียบความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานระหว่างก่อนเรียนกับหลังเรียน

ตารางที่ 4.7 ผลการเปรียบเทียบคะแนนความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานระหว่างก่อนเรียนกับหลังเรียน

คะแนน	ก่อนเรียน (n=35)		หลังเรียน (n=35)		t	*Sig*
	M	SD	*M*	SD		
(18 คะแนน)	9.31	2.220	14.77	2.414	13.852*	.000

*p <.05

จากตารางที่ 4.7 พบว่า นักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน มีคะแนนความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนและหลังเรียน เฉลี่ยเท่ากับ 9.31 และ 14.77 ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของคะแนน พบว่า นักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานมีความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ตารางที่ 4.8 ผลการเปรียบเทียบคะแนนความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานระหว่างก่อนเรียนกับหลังเรียน แยกตามองค์ประกอบ

องค์ประกอบ	ก่อนเรียน (n=35)		หลังเรียน (n=35)		t	*Sig*
	M	SD	*M*	SD		
1. ข้อกล่าวอ้าง (6 คะแนน)	4.34	1.187	5.49	0.743	6.545*	.000
2. หลักฐาน (6 คะแนน)	3.91	0.887	5.46	0.817	9.309*	.000
3. การให้เหตุผล (6 คะแนน)	1.06	1.027	3.83	1.424	11.101*	.000

*p <.05

จากตารางที่ 4.8 คะแนนความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานระหว่างก่อนเรียนกับหลังเรียนแยกตามองค์ประกอบ พบว่า องค์ประกอบที่ 1 ข้อกล่าวอ้าง มีคะแนนเฉลี่ย 4.34 และ 5.49 ตามลำดับ องค์ประกอบที่ 2 หลักฐาน มีคะแนนเฉลี่ย 3.91 และ 5.46 ตามลำดับ และองค์ประกอบที่ 3การให้เหตุผลมีคะแนนเฉลี่ย 1.06 และ 3.83 ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของคะแนน พบว่า นักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานมีความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ทุกองค์ประกอบ โดยองค์ประกอบที่นักเรียนมีระดับความสามารถสูงที่สุดคือ องค์ประกอบที่ 1 ข้อกล่าวอ้าง องค์ประกอบที่ 2 หลักฐาน และองค์ประกอบที่ 3 การให้เหตุผล ตามลำดับ

บทที่ 5
สรุปการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การวิจัย เรื่อง ผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง สารละลาย ที่มีต่อความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ และความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนเตรียมอุดมศึกษาพัฒนาการ พัทลุง มีการสรุปการวิจัย อภิปรายผล และมีข้อเสนอแนะ ดังนี้

1. สรุปการวิจัย

1.1 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.1.1 เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานกับนักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบปกติ

1.1.2 เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานระหว่างก่อนเรียนกับหลังเรียน

1.1.3 เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานกับนักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบปกติ

1.1.4 เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานระหว่างก่อนเรียนกับหลังเรียน

1.2 สมมติฐานการวิจัย

1.2.1 นักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานมีความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์สูงกว่านักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบปกติ

1.2.2 นักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานมีความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน

1.2.3 นักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานมีความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์สูงกว่านักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบปกติ

1.2.4 นักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานมีความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน

1.3 วิธีการดำเนินการวิจัย

1.3.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

1) ประชากร ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนเตรียมอุดมศึกษาพัฒนาการ พัทลุง ปีการศึกษา 2566 จำนวน 7 ห้องเรียน มีนักเรียน 252 คน ซึ่งจัดห้องเรียนโดยคละความสามารถ

2) กลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ดังกล่าวจำนวน 2 ห้องเรียน มีนักเรียน 70 คน ซึ่งได้มาจากการสุ่มแบบกลุ่ม และจับฉลากเป็นกลุ่มทดลอง และกลุ่มควบคุม

1.3.2 ตัวแปรที่ศึกษา

1) ตัวแปรอิสระ ได้แก่ การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

2) ตัวแปรตาม ได้แก่ ความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ และความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์

1.3.3 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1) เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง ได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง สารละลาย จำนวน 4 แผน ใช้เวลาเรียน 18 ชั่วโมง และแผนการจัดการเรียนรู้แบบปกติใช้เวลาสอนเท่ากัน

2) เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

(1) แบบวัดความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์เป็นแบบอัตนัย จำนวน 4 สถานการณ์ ใช้สำหรับทดสอบก่อนเรียน 2 สถานการณ์ หลังเรียน 2 สถานการณ์ แต่ละสถานการณ์มีคำถาม 3 ข้อ มีค่าความยากอยู่ระหว่าง 0.55 - 0.65 มีค่าอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง 0.41 - 0.52 และมีค่าความเที่ยง 0.88

(2) แบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์เป็นแบบอัตนัย จำนวน 6 สถานการณ์ ใช้สำหรับทดสอบก่อนเรียน 3 สถานการณ์ หลังเรียน 3 สถานการณ์ แต่ละสถานการณ์มีคำถาม 3 ข้อ มีค่าความยากอยู่ระหว่าง 0.58 - 0.73 มีค่าอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง 0.27 - 0.52 และมีค่าความเที่ยง 0.90

1.4 การเก็บรวบรวมข้อมูล

1.4.1 ทดสอบก่อนเรียนด้วยแบบวัดความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ และแบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ ทดสอบนักเรียนทั้งในกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม แล้วนำผลการสอบมาตรวจให้คะแนน

1.4.2 ดำเนินการทดลอง โดยจัดกิจกรรมการเรียนรู้ให้กับผู้เรียนทั้งหมด 18 คาบ โดยในกลุ่มทดลองใช้แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน และกลุ่มควบคุมใช้แผนการจัดการเรียนรู้แบบปกติ

1.4.3 ทดสอบหลังการทดลอง เมื่อเสร็จสิ้นการสอนทุกแผนการจัดการเรียนรู้ ทำการทดสอบหลังเรียนโดยใช้แบบวัดความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ และแบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ กับนักเรียนทั้งในกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม แล้วนำผลการสอบมาตรวจให้คะแนน บันทึกผลข้อมูลไว้ใช้ในการวิเคราะห์ผลต่อไป

1.5 การวิเคราะห์ข้อมูล

1.5.1 วิเคราะห์เปรียบเทียบคะแนนความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานกับนักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบปกติ โดยใช้การทดสอบค่าที (t - test for Independent Sample)

1.5.2 วิเคราะห์เปรียบเทียบคะแนนความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานระหว่างก่อนและหลังเรียน โดยใช้การทดสอบค่าที (t - test for Dependent Sample)

1.5.3 วิเคราะห์เปรียบเทียบคะแนนความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานกับนักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบปกติ โดยใช้การทดสอบค่าที (t - test for Independent Sample)

1.5.4 วิเคราะห์เปรียบเทียบคะแนนความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานระหว่างก่อนและหลังเรียน โดยใช้การทดสอบค่าที (t - test for Dependent Sample)

1.6 ผลการวิจัย

1.6.1 นักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานมีความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์สูงกว่านักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

1.6.2 นักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน มีความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

1.6.3 นักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานมีความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์สูงกว่านักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

1.6.4 นักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานมีความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

2. อภิปรายผล

การวิจัย เรื่อง ผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง สารละลาย ที่มีต่อความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ และความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนเตรียมอุดมศึกษาพัฒนาการ พัทลุง ผู้วิจัยได้แยกการอภิปรายผลออกเป็นประเด็นต่างๆ ต่อไปนี้

2.1 ผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานที่มีต่อความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์

จากผลการวิจัยพบว่า ก่อนเรียนนักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานกับนักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบปกติมีความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แสดงให้เห็นว่าก่อนเรียนนักเรียนทั้งสองกลุ่มมีระดับความสามารถไม่แตกต่างกัน แต่เมื่อพิจารณาคะแนนหลังเรียน นักเรียนกลุ่มที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 17.69 ขณะที่นักเรียนกลุ่มที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบปกติมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 9.37 เมื่อวิเคราะห์ผลพบว่า นักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานมีความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์สูงกว่านักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 สอดคล้องกับสมมติฐานการวิจัยข้อที่ 1 นอกจากนี้นักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานมีความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 สอดคล้องกับสมมติฐานการวิจัยข้อที่ 2 ด้วยเช่นกัน จากผลการวิจัยอภิปรายได้ว่า การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานสามารถพัฒนาความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนได้ เนื่องจากเป็นวิธีการจัดการเรียนรู้ที่นักเรียนได้สร้างองค์ความรู้จากการสร้างแบบจำลองในขั้นต่างๆ ของการเรียนรู้จนกระทั่งได้แบบจำลองที่สอดคล้องกับข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ (Buckley et al, 2004) โดยในแต่ละขั้นนักเรียนจะได้ฝึกปฏิบัติด้วยตนเอง มีกระบวนการที่ต้องพิจารณาว่าแบบจำลองที่สร้างขึ้นสามารถอธิบายข้อสรุป หลักการ กฎ หรือผลการทดลองได้หรือไม่ ถ้าไม่ได้ก็จะต้องปรับปรุง หรือสร้างแบบจำลองขึ้นมาใหม่ (ชาตรี ฝ่ายคำตา, 2557) มีกระบวนการเปรียบเทียบ อภิปรายระหว่างแบบจำลองของตนเองกับเพื่อน แสดงข้อเสนอแนะ ร่วมกันตัดสินคุณภาพของแบบจำลอง และลงความเห็นเพื่อสร้างแบบจำลองร่วมกันให้ได้แบบจำลองที่สามารถทำนายและอธิบายปรากฏการณ์ได้ดีที่สุด

(Hamin Baek et al., 2011) ลักษณะการจัดการเรียนรู้ดังกล่าวช่วยส่งเสริมให้นักเรียนมีความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์สูงขึ้น

เมื่อพิจารณาคะแนนความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์แยกตามองค์ประกอบ ซึ่งประกอบด้วย องค์ประกอบที่ 1 การสร้างแบบจำลอง องค์ประกอบที่ 2 การแก้ไขปรับปรุงแบบจำลอง และองค์ประกอบที่ 3 การเปรียบเทียบและประเมินแบบจำลอง พบว่า นักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานมีความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์สูงกว่านักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ในทุกองค์ประกอบ และเมื่อเปรียบเทียบคะแนนความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานระหว่างก่อนเรียนกับหลังเรียน พบว่า นักเรียนมีความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ในทุกองค์ประกอบเช่นกัน อภิปรายได้ว่า การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานสามารถพัฒนาความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ได้ทุกองค์ประกอบ เนื่องจากองค์ประกอบความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ มีความสอดคล้องกับขั้นการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน คือ องค์ประกอบที่ 1 การสร้างแบบจำลอง สอดคล้องกับขั้นสร้างแบบจำลอง องค์ประกอบที่ 2 การแก้ไขปรับปรุงแบบจำลอง สอดคล้องกับขั้นดัดแปลงแก้ไขแบบจำลอง และองค์ประกอบที่ 3 การเปรียบเทียบและประเมินแบบจำลอง สอดคล้องกับขั้นประเมินแบบจำลองและขั้นดัดแปลงแก้ไขแบบจำลอง โดยในขั้นที่ 1 ขั้นสร้างแบบจำลองนักเรียนจะได้นำเสนอแนวคิดเดิมของตนเองที่มีต่อสถานการณ์นั้นๆ ผ่านแบบจำลอง โดยครูต้องสร้างประเด็นปัญหาที่กระตุ้นให้นักเรียนเกิดความสนใจ ให้นักเรียนสะท้อนความคิดและสื่อสารความเข้าใจของตนเองออกมาด้วยการวาดภาพ (ชาตรี ฝ่ายคำตา, 2557) ลักษณะกิจกรรมดังกล่าวทำให้เกิดการพัฒนาความสามารถของนักเรียนในองค์ประกอบที่ 1 การสร้างแบบจำลองให้สูงขึ้น จากนั้นในขั้นที่ 2 ขั้นประเมินแบบจำลอง นักเรียนจะทำกิจกรรมต่าง ๆ เพื่อให้ได้มาซึ่งหลักฐานเชิงประจักษ์ หรือข้อมูลที่เกี่ยวข้อง จากนั้นครูให้โอกาสนักเรียนได้สะท้อนความคิดผ่านแบบจำลองที่สร้างขึ้นว่ามีแบบจำลองกับหลักฐานที่ค้นพบมีความสอดคล้องกันหรือไม่ เมื่อพบว่าแบบจำลองที่สร้างขึ้นไม่สามารถใช้อธิบาย หรือไม่สอดคล้องกับหลักฐานที่ค้นพบ ก็จะนำไปสู่การวางแผนปรับปรุงเพื่อให้ได้แบบจำลองที่สมบูรณ์ขึ้น กิจกรรมในขั้นนี้จะช่วยพัฒนาความสามารถของนักเรียนในองค์ประกอบที่ 3 การเปรียบเทียบและประเมินแบบจำลอง ในขั้นที่ 3 ขั้นดัดแปลงแก้ไขแบบจำลอง นักเรียนจะได้ดัดแปลง แก้ไขแบบจำลอง โดยครูจะส่งเสริมให้นักเรียนปรับแบบจำลองให้มีความเป็นรูปธรรมมากยิ่งขึ้น (ชาตรี ฝ่ายคำตา, 2557) กระบวนการนี้จะช่วยส่งเสริมให้นักเรียนมีพัฒนาการในองค์ประกอบที่ 2 การแก้ไขปรับปรุงแบบจำลอง นอกจากนี้ในขั้นนี้ครูจะให้นักเรียนนำเสนอเพื่ออภิปรายเปรียบเทียบ และวิพากษ์แบบจำลอง (พรรณวิไล ชมชิด, 2552) ระหว่างแบบจำลองก่อนและหลังปรับปรุงว่ามีความแตกต่างกันอย่างไร ใช้หลักฐาน และเหตุผลใดในการปรับปรุงแบบจำลองดังกล่าวซึ่งมีส่วนช่วย

ในการพัฒนาความสามารถของนักเรียนในองค์ประกอบที่ 3 การเปรียบเทียบและประเมินแบบจำลอง ในขั้นตอนนี้นักเรียนจะเกิดการเรียนรู้นำไปสู่การสร้างความรู้ใหม่ที่มีความถูกต้องสมบูรณ์ยิ่งขึ้น สอดคล้องกับทฤษฎีการสร้างความรู้ (Constructivism) ที่กล่าวว่า การสร้างความรู้ต้องอาศัยความรู้เดิมของแต่ละคนเชื่อมโยงกับประสบการณ์หรือข้อมูลใหม่ และสอดคล้องกับทฤษฎีการเรียนรู้พุทธิปัญญา (Cognitive constructivism) ที่พัฒนามาจากแนวคิดของ Jean Piaget (1963) ที่กล่าวว่า เมื่อผู้เรียนไม่สามารถใช้ความรู้ที่มีอยู่เดิมแก้ปัญหาและอธิบายสิ่งที่เกิดขึ้นได้ จะทำให้ผู้เรียนต้องใช้ความคิดและแสวงหาความรู้เพื่อให้ได้คำตอบทำให้เกิดประสบการณ์การเรียนรู้เพิ่มขึ้น กระบวนการแสวงหาความรู้ดังกล่าว ได้แก่ การสืบค้น การทดลอง ทำให้ได้ข้อมูล หลักฐาน ที่นำไปสู่คำตอบ ซึ่งสอดคล้องกับทฤษฎีการเรียนรู้แบบค้นพบ (discovery learning) ตามแนวคิดของ Brunner (1963) จากนั้นในขั้นที่ 4 ขั้นขยายแบบจำลอง นักเรียนจะได้นำแบบจำลองที่ผ่านการดัดแปลงแก้ไขให้สมบูรณ์ขึ้นแล้วไปใช้ในการอธิบายสถานการณ์อื่นที่แตกต่างไปจากเดิม เป็นการขยายความรู้ให้กว้างยิ่งขึ้น และกระตุ้นให้นักเรียนแสดงความคิดเห็นว่าแบบจำลองที่สร้างขึ้นสามารถอธิบายสถานการณ์อื่น ๆ ได้หรือไม่ ควรจะปรับปรุงแก้ไขอย่างไร ซึ่งเป็นขั้นตอนที่ช่วยพัฒนาความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนด้วยเช่นกัน โดยมีความสอดคล้องกับทฤษฎีการถ่ายโยงการเรียนรู้ (transfer of learning) ของ Thorndike (1913) นอกจากนี้ในแต่ละขั้นของการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานยังเปิดโอกาสให้นักเรียนใช้กระบวนการกลุ่มในการทำกิจกรรม รวมทั้งเปิดโอกาสให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติจริงด้วยตนเองในการฝึกสร้างแบบจำลอง มีกระบวนการนำเสนอแบบจำลองและการอภิปรายระหว่างเพื่อนในห้องสอดคล้องกับทฤษฎีการเรียนรู้ทางสังคม (Social constructivism) ตามแนวคิดของ Vygotsky (1980) ที่ให้ความสำคัญกับกระบวนการทางสังคมที่มีการเรียนรู้โดยการปฏิบัติจริง มีการแลกเปลี่ยนความคิดเห็น การอภิปราย และการช่วยเหลือจากเพื่อน

เมื่อเปรียบเทียบความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์แต่ละองค์ประกอบ พบว่า หลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน องค์ประกอบที่นักเรียนมีระดับความสามารถสูงที่สุดคือ องค์ประกอบที่ 2 การแก้ไขปรับปรุงแบบจำลอง คือมีคะแนนเฉลี่ย 7.60 เนื่องจากในกิจกรรมการเรียนรู้ในขั้นดัดแปลงแก้ไขแบบจำลอง นักเรียนได้ฝึกการใช้ข้อมูล หลักฐาน สัญลักษณ์มาประกอบการสร้างแบบจำลองเพื่อพัฒนาแบบจำลองเดิมที่มีอยู่ให้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น ในขั้นนี้นักเรียนจะให้ความสำคัญกับหลักฐานเชิงประจักษ์ และพยายามสร้างแบบจำลองให้สอดคล้องกับหลักฐานดังกล่าว รวมทั้งในกิจกรรมยังเปิดโอกาสให้นักเรียนร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับความสอดคล้องของแบบจำลองที่สร้างขึ้นใหม่ว่าดีกว่าแบบจำลองเดิมอย่างไร กระบวนการเหล่านี้ส่งผลต่อความสามารถด้านการแก้ไขปรับปรุงแบบจำลองโดยตรง นอกจากนี้ในแบบวัดมีการกำหนดสัญลักษณ์ ให้ข้อมูลหลักฐานเพิ่มเติม ข้อมูลดังกล่าวมีส่วนช่วยให้นักเรียนปรับปรุงแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

จากผลการวิจัยและการอภิปรายผล แสดงให้เห็นว่าการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน มีความสอดคล้องกับองค์ประกอบความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ จึงช่วยสนับสนุนให้ความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนสูงขึ้นหลังจากเรียนด้วยวิธีดังกล่าว สอดคล้องกับงานวิจัยของ ภรทิพย์ สุภัทรชัยวงศ์ (2556) ที่ได้ทำการศึกษาการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานเพื่อพัฒนาแบบจำลองทางความคิด เรื่อง โครงสร้างอะตอมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 พบว่า นักเรียนที่เรียนโดยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานส่วนใหญ่มีแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้อง และถูกต้องบางส่วนจำนวนเพิ่มขึ้น เนื่องจากมีการจัดกิจกรรมทางหลากหลายโดยเน้นให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติกิจกรรมด้วยตนเอง ให้อิสระนักเรียนในการนำเสนอแบบจำลองด้วยวิธีการที่หลากหลาย สอดคล้องกับงานวิจัยของ สิทธิโชค เอี่ยมบุญ (2563) ที่ทำวิจัยเพื่อศึกษาความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ซึ่งผลการวิจัยพบว่า นักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานมีความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 และสูงกว่านักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบปกติ รวมทั้งสอดคล้องกับงานวิจัยของ ปิยะนารถ ประดับมุข (2563) และงานวิจัยของณัฐพล กวดไทย (2563) ที่ทำการวิจัยเพื่อพัฒนาความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์โดยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ผลการวิจัยพบว่านักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานมีความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70

2.2 ผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานที่มีต่อความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์

จากผลการวิจัยพบว่า ก่อนเรียนนักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานกับนักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบปกติมีความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แสดงให้เห็นว่าก่อนเรียนนักเรียนทั้งสองกลุ่มมีระดับความสามารถไม่แตกต่างกัน แต่เมื่อพิจารณาคะแนนหลังเรียน นักเรียนกลุ่มที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 14.77 ขณะที่นักเรียนกลุ่มที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบปกติมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 9.34 เมื่อวิเคราะห์ผลพบว่า นักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานมีความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์สูงกว่านักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 สอดคล้องกับสมมติฐานการวิจัยข้อที่ 3 นอกจากนี้นักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานมีความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 สอดคล้องกับสมมติฐานการวิจัยข้อที่ 4 เช่นกัน โดยมีความสามารถสูงขึ้นในทุกองค์ประกอบ จากผลการวิจัยอภิปรายได้ว่า การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานสามารถพัฒนาความสามารถ

ในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนได้ เนื่องจากวิธีการจัดการเรียนรู้ดังกล่าวมีขั้นกิจกรรมที่สอดคล้องกับองค์ประกอบการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ คือ ขั้นประเมินแบบจำลอง ส่งเสริมให้นักเรียนเห็นความสำคัญของหลักฐาน ซึ่งเป็นองค์ประกอบหนึ่งของคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ เนื่องจากในขั้นนี้นักเรียนจะได้ใช้กระบวนการออกแบบการทดลอง ดำเนินการทดลอง หรือศึกษาค้นคว้า เพื่อรวบรวมข้อมูลเชิงประจักษ์ที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์สำหรับใช้เป็นข้อมูลในการประเมินว่าแบบจำลองที่สร้างขึ้นสอดคล้องกับหลักฐานดังกล่าวหรือไม่ เพียงใด (ชาตรี ฝ่ายคำตา, 2563) กระบวนการดังกล่าว ทำให้นักเรียนตระหนักถึงความสำคัญของหลักฐาน สามารถระบุหลักฐานที่ถูกต้องและครบถ้วนต่อการสนับสนุนการอ้างอิง (McNeill et al., 2006) เพราะในกระบวนการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์นักเรียนจะต้องมีการใช้หลักฐานทางวิทยาศาสตร์ในการอธิบายปรากฏการณ์ที่แตกต่างกันทำให้นักเรียนเกิดพัฒนาการความเข้าใจที่ลึกซึ้งมากขึ้น (Bell & Linn, 2000) ในขั้นดัดแปลงแก้ไขแบบจำลอง ช่วยส่งเสริมให้นักเรียนพัฒนาความสามารถในด้านการให้เหตุผล เนื่องจากในขั้นนี้มีกระบวนการที่นักเรียนปรับปรุงแบบจำลองของตนให้สอดคล้องกับหลักฐาน นำมาอภิปรายเปรียบเทียบกับแบบจำลองของผู้อื่น (Schwarz et al., 2009) รวมทั้งเปรียบเทียบกับแบบจำลองเดิมของตน ว่ามีการดัดแปลงปรับปรุงอย่างไร มีเหตุผลใดในการปรับปรุงโดยให้เหตุผลที่ถูกต้องและครบถ้วนเพื่อเชื่อมโยงหลักฐาน (McNeill et al., 2006) ไปสู่การปรับปรุงแบบจำลองที่สมบูรณ์ยิ่งขึ้น ซึ่งแบบจำลองจะช่วยส่งเสริมศักยภาพในการใช้ข้อมูลและหลักฐานเชิงประจักษ์เพื่ออธิบายปรากฏการณ์ทางธรรมชาติอย่างมีเหตุผล (สุทธิชาติ เปรมกมล, 2558) ทำให้นักเรียนรู้จักเลือกหลักฐานและให้เหตุผลที่มีความเหมาะสมมาอ้างอิงในการตอบคำถามหรือสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง

เมื่อเปรียบเทียบความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์แต่ละองค์ประกอบ พบว่า หลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน องค์ประกอบที่นักเรียนมีระดับความสามารถสูงที่สุด คือ องค์ประกอบที่ 1 ข้อกล่าวอ้าง องค์ประกอบที่ 2 หลักฐาน และองค์ประกอบที่ 3 การให้เหตุผล ตามลำดับ มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 5.49, 5.46 และ 3.83 ตามลำดับ โดยคะแนนองค์ประกอบที่ 1 ข้อกล่าวอ้าง อยู่ในระดับที่ใกล้เคียงกับองค์ประกอบที่ 2 หลักฐาน เนื่องจากกระบวนการเรียนรู้ที่ให้นักเรียนได้ใช้กระบวนกลุ่มในการวิเคราะห์ อภิปราย ความสอดคล้องของแบบจำลองกับหลักฐาน ช่วยส่งเสริมให้นักเรียนสามารถวิเคราะห์และระบุคำตอบที่เป็นข้อกล่าวอ้างที่ถูกต้องได้ รวมทั้งการสืบค้นข้อมูลทำให้นักเรียนตระหนักถึงความสำคัญของหลักฐานและสามารถระบุหลักฐานที่เกี่ยวข้องกับปัญหาได้ สอดคลองกับงานวิจัยของ พัทธ์ธีรา รัตนพันธ์ (2565) ที่ทำการศึกษาผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานผ่านระบบออนไลน์ที่มีต่อการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ เรื่อง เคมีไฟฟ้า ผลการวิจัยพบว่านักเรียนมีคะแนนการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์คิดเป็นร้อยละ 73.03 โดยนักเรียนส่วนใหญ่สามารถระบุข้อกล่าวอ้างหรือตอบคำถามได้ถูกต้อง รวมทั้งสามารถระบุหลักฐานได้ถูกต้องและเหมาะสม เนื่องจากในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในขั้นที่ 2 การประเมินแบบจำลอง นักเรียนได้ทำการสำรวจตรวจสอบเพื่อหาหลักฐานเชิงประจักษ์ที่เป็นข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ เพื่อนำมาใช้ในการสนับสนุนข้อกล่าวอ้างหรือสนับสนุน

คำตอบของนักเรียน สอดคล้องกับงานวิจัยของ เมธินี ทาระวัน และเมษา นวลศรี (2564) ที่ทำวิจัยเพื่อพัฒนาความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์โดยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานมีความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์สูงกว่าก่อนเรียน และงานวิจัยของของ สุทธิชาติ เปรมกมล (2558) ที่ใช้การสืบสอบเน้นแบบจำลองเป็นฐานในการพัฒนาความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น พบว่า นักเรียนที่เรียนด้วยการสืบสอบเน้นแบบจำลองเป็นฐานมีคะแนนความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับดีมาก และมีค่าเฉลี่ยของคะแนนสูงกว่านักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนการสอนแบบปกติ

เมื่อพิจารณาคะแนนความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ในองค์ประกอบที่ 3 การให้เหตุผล พบว่ามีคะแนนต่ำที่สุด อภิปรายได้ว่า ในกระบวนการเรียนรู้ยังมีกิจกรรมที่ส่งเสริมให้นักเรียนได้ฝึกการเชื่อมโยงระหว่างหลักฐาน หลักการ ทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์กับแบบจำลองที่นักเรียนสร้างขึ้นไม่เพียงพอ หรือไม่ชัดเจน รวมทั้งในการให้เหตุผลนักเรียนต้องใช้ความรู้ในเรื่องดังกล่าวประกอบ ทำให้นักเรียนยังไม่สามารถเชื่อมโยงองค์ประกอบต่างๆ ให้กลายเป็นคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ที่มีความสมบูรณ์ได้

3. ข้อเสนอแนะ

3.1 ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้

3.1.1 ก่อนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ครูควรเตรียมความพร้อมของนักเรียน โดยอธิบายวิธีการจัดการเรียนรู้ จุดประสงค์ของการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน บทบาทของนักเรียนในกิจกรรม และบทบาทครูในการดำเนินกิจกรรม รวมถึงรูปแบบการวัดและการประเมินผลการเรียนรู้ เพื่อให้นักเรียนเข้าใจการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานมากขึ้น รวมถึงควรให้ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ และความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์

3.1.2 สถานการณ์ที่ใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ควรเป็นสถานการณ์ที่มีความเกี่ยวข้อง หรืออยู่ในชีวิตประจำวันของนักเรียน และเป็นสถานการณ์ที่นักเรียนให้ความสนใจที่สามารถทำให้นักเรียนแสดงแนวคิดเดิมที่มีออกมาให้ได้มากที่สุดผ่านการสร้างแบบจำลอง โดยเป็นสถานการณ์ที่ไม่ยากหรือซับซ้อนจนเกินไป

3.1.3 ในการจัดกิจกรรมในขั้นประเมินแบบจำลอง ครูควรกระตุ้นให้นักเรียนใช้กระบวนการกลุ่มในการอภิปราย แลกเปลี่ยนความคิดเห็นกันภายในกลุ่ม เนื่องจากในระยะแรกนักเรียนอาจไม่คุ้นเคยกับการอภิปราย ครูควรนำอภิปรายเป็นตัวอย่างให้กับนักเรียน เพื่อให้เกิดการแลกเปลี่ยน

ความคิดเห็น และได้ข้อสรุปเกี่ยวกับการประเมินความสอดคล้องของแบบจำลองกับหลักฐาน ในขั้นดัดแปลงแก้ไขแบบจำลองครูต้องช่วยให้นักเรียนพยายามปรับปรุงแบบจำลองให้มีความเป็นนามธรรมโดยนำหลักฐานที่รวบรวมได้มาประกอบให้ได้มากที่สุด

3.1.4 จากผลการวิจัยพบว่า ความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ด้านการให้เหตุผล มีคะแนนเฉลี่ยน้อยที่สุด ในกิจกรรมที่มีการนำเสนอเปรียบเทียบระหว่างแบบจำลองก่อนและหลังได้รับการปรับปรุง ครูควรทบทวนความรู้เดิมที่เกี่ยวข้องกับบทเรียนเพื่อให้นักเรียนมีข้อมูลที่จะนำมาใช้เป็นเหตุผลในการอ้างอิงคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ที่สร้างขึ้น และควรใช้คำถามกระตุ้นเพื่อให้เกิดการวิเคราะห์เชื่อมโยงถึงเหตุผลที่มีการปรับปรุงแบบจำลอง ให้นักเรียนรู้จักนำเสนอโดยแสดงเหตุผลเชื่อมโยงระหว่างแบบจำลองที่ปรับปรุงกับหลักฐานที่ค้นพบ รวมทั้งควรออกแบบกิจกรรมที่ส่งเสริมให้นักเรียนได้ฝึกการให้เหตุผลให้ชัดเจนมากยิ่งขึ้น

3.2 ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

3.2.1 การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ยังพัฒนาความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ ด้านการให้เหตุผล ได้ไม่ดีเท่าที่ควร จึงควรเพิ่มกระบวนการให้นักเรียนได้ฝึกเชื่อมโยงองค์ประกอบต่าง ๆ ให้ได้เป็นคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ที่สมบูรณ์ หรืออาจใช้วิธีการจัดการเรียนรู้นี้ร่วมกับเทคนิคการจัดการเรียนรู้อื่น ๆ เพื่อกระตุ้นให้เกิดการพัฒนาในด้านดังกล่าวให้ดียิ่งขึ้น

3.2.2 การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน มีขั้นตอนที่ให้ความสำคัญกับกระบวนการสืบค้น เพื่อให้ได้มาซึ่งหลักฐาน กระบวนการประเมินว่าหลักฐานมีความสอดคล้องกับแบบจำลองที่สร้างขึ้นหรือไม่ นำไปสู่การสร้างแบบจำลองใหม่ที่สมบูรณ์กว่าเดิม ซึ่งลักษณะการจัดการเรียนรู้ดังกล่าวสอดคล้องกับการทำงานของนักวิทยาศาสตร์ จึงอาจศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานที่มีต่อตัวแปรอื่น ๆ เช่น ความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ความเข้าใจธรรมชาติของแบบจำลอง เป็นต้น

มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช

บรรณานุกรม

บรรณานุกรม

กัญจนา ลินทรัตนศิริกุล. (2559). หน่วยที่ 9 เครื่องมือวิจัยและการตรวจสอบคุณภาพ ใน *ประมวลสาระชุดวิชา การวิจัยหลักสูตรและการเรียนการสอน.* หน่วยที่ 6 - 11 (พิมพ์ครั้งที่ 6, น. 1 - 219). สาขาวิชาศึกษาศาสตร์. มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.

กิ่งฟ้า สินธุวงษ์ และสุจินต์ วิศวธีรานนท์. (2561). หน่วยที่ 6 พื้นฐานทางจิตวิทยาของการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ ใน *ประมวลสาระชุดวิชา สารัตถะ วิทยวิธีและธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ หน่วยที่ 1-7* (พิมพ์ครั้งที่ 6, น. 5 - 139). สาขาวิชาศึกษาศาสตร์. มหาวิทยาลัยสุโขทัย-ธรรมาธิราช.

กิตติวัฒน์ ดิษฐประเสริฐ. (2561). *การส่งเสริมความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์โดยวิธีการสอน แบบกรณีศึกษาร่วมกับการใช้แผนผังแนวความคิดรูปตัววี เรื่อง ระบบย่อยอาหารของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4* [วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยรังสิต]. https://dric.nrct.go.th/Search/ShowFulltext/2/304875

โกเมศ นาแจ้ง. (2554). *ผลของการจัดการเรียนการสอนโดยใช้ MCIS ที่มีต่อความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ และมโนทัศน์เรื่อง กฎการเคลื่อนที่และแบบของการเคลื่อนที่ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย* [วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, จุฬาลงกรณ์-มหาวิทยาลัย). https://cuir.car.chula.ac.th/bitstream/123456789/22025/1/komed_na.pdf

ชัยวัฒน์ สุทธิรัตน์. (2553). *การจัดการเรียนรู้แนวใหม่.* สหมิตรพริ้นติ้งแอนด์พับลิชชิ่ง.

ชาตรี ฝ่ายคำตา และ ภรทิพย์ สุภัทรชัยวงศ์. (2557). การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน. *วารสารศึกษาศาสตร์ปริทัศน์*, *29*(3), 86 - 99.

ชาตรี ฝ่ายคำตา. (2563). *กลยุทธ์การจัดการเรียนรู้เคมี : strategies for Teaching Chemistry*. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ณภัทร สุขนฤเศรษฐกุล. (2564). *การพัฒนาสมรรถนะการนำเสนอตัวแทนความคิด เรื่อง เคมีไฟฟ้า ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โดยใช้การติดตามความก้าวหน้าในการเรียนรู้และกิจกรรมการเรียนรู้ที่ใช้แบบจำลองเป็นฐาน* [วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์]. https://kukr.lib.ku.ac.th/kukr_es/BKN_SCI/search_detail/result/413095

ณัชธฤต เกื้อทาน, ชาตรี ฝ่ายคำตา และ สุดจิต สงวนเรือง. (2554). แบบจำลองความคิดเรื่องพันธะเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4. *วารสารสงขลานครินทร์*, 17(2), น. 299 - 314.

ณัฐพล กวดไทย. (2563). *การพัฒนาความสามารถในการสร้างแบบจำลองของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 รายวิชาชีววิทยาด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน* [วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยมหาสารคาม]. http://202.28.34.124/dspace/bitstream/123456789/1083/1/61010556032.pdf

ทิศนา แขมมณี. (2548). *รูปแบบการเรียนการสอนทางเลือกที่หลากหลาย* (พิมพ์ครั้งที่ 3). จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ธัชชัย สุมิตร. (2565). ทำไมต้องเรียนวิทยาศาสตร์ ทำไมต้องมี สสวท. *วารสาร 50 ปี สสวท.*, น. 39 – 43.

นวลจิตต์ เชาวกีรติพงศ์. (2563). การพัฒนาความสามารถในการออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนสำหรับนักศึกษาครูวิชาเอกวิทยาศาสตร์ศึกษา สาขาวิชาศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช. *วารสารศึกษาศาสตร์ปริทัศน์*, 35(2).

นวลจิตต์ เชาวกีรติพงศ์. (2565). หน่วยที่ 7 ทฤษฎีการเรียนรู้และศาสตร์การสอนกับการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ใน *ประมวลสาระชุดวิชาสัมมนาหลักสูตรและการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์. หน่วยที่ 6-10* (น. 1 - 39). สาขาวิชาศึกษาศาสตร์. มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.

นิพันธ์ จันเลน. (2563). ความเข้าใจคลาดเคลื่อนที่พบได้บ่อยเกี่ยวกับทฤษฎี “การสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง (Constructivism)”. *นิตยสาร สสวท*, 49(227), 51 - 53.

ปิยะนารถ ประดับมุข. (2563). *ผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานเพื่อพัฒนามโนทัศน์และความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ลมฟ้าอากาศรอบตัว สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1* [วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ไม่ได้ตีพิมพ์]. มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์.

พรชัย มาตังคสมบัติ. (2565). ทำไมต้องเรียนวิทยาศาสตร์ ทำไมต้องมี สสวท. *วารสาร 50 ปี สสวท.*, 44 – 47.

พรรณวิไล ชมชิด. (2552). การเรียนการสอนวิทยาศาสตร์โดยใช้แบบจำลอง. *นิตยสารสสวท,* 38(63), 33-34.

พัทธ์ธีรา รัตนพันธ์. (2565). *การจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานผ่านระบบออนไลน์ที่มีต่อการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง เคมีไฟฟ้า ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5* [วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยมหาสารคาม]. http://202.28.34.124/dspace/bitstream/123456 789/1742/1/63010580012.pdf

พาสนา จุลรัตน์ (2548). *จิตวิทยาการศึกษา.* มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

ภรทิพย์ สุภัทรชัยวงศ์. (2556). *การจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานเพื่อพัฒนาแบบจำลองทางความคิดเรื่องโครงสร้างอะตอมและความเข้าใจธรรมชาติแบบจำลองของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4* [วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์]. https://dric.nrct.go.th/Search/ ShowFulltext/2/277675

เมธินี ทาระวัน และ เมษา นวลศรี. (2564). การพัฒนาความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง ปรากฏการณ์ทางธรรมชาติและธรณีพิบัติภัยของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6. *Journal of Roi Kaensarn Academi*, 6(6), 20-33.

ศรารักษ์ เกลือนสิน. (2565). *ผลการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับเทคนิคการเสริมต่อการเรียนรู้ ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์และความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนวรราชาทินัดดามาตุวิทยา จังหวัดปทุมธานี* [วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ไม่ได้ตีพิมพ์]. มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2555). *ตัวอย่างข้อสอบการประเมินผลนานาชาติ PISA และ TIMSS: วิทยาศาสตร์* (พิมพ์ครั้งที่ 2). อรุณการพิมพ์.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2560). *คู่มือการใช้หลักสูตรรายวิชาพื้นฐานวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาตอนต้นกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551.* http://www.scimath.org/ebook-science/item/8415-2-2560-2551

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2564). *ผลการประเมิน PISA 2018 คณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์*. สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.

สมเกียรติ ยังจีน. (2564). *การจัดการเรียนรู้ฐานสมรรถนะด้านวิทยาศาสตร์.* https://shorturl.asia/E7jz0

สราวุธ แท่นจินดารัตน์. (2559). *การพัฒนาแบบจำลองทางความคิดเรื่องพันธะโคเวเลนต์และความเข้าใจเกี่ยวกับธรรมชาติของแบบจำลองของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ที่ใช้แบบจำลองเป็นฐาน* [วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์]. https://shorturl.asia/T8PUa

สันติชัย อนุวรชัย. (2553). *ผลของการเรียนการสอนชีววิทยาด้วยรูปแบบการเรียนการสอนสืบสอบร่วมกับกลวิธีการโต้แย้งที่มีต่อความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์และความมีเหตุผลของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย* [วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ไม่ได้ตีพิมพ์]. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

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

สิทธิโชค เอี่ยมบุญ. (2563). *การศึกษาความคิดสร้างสรรค์ และความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน* [วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยบูรพา]. https://buuir.buu.ac.th/xmlui/handle/1234567890/9155

สุทธิชาติ เปรมกมล. (2558). *ผลของการใช้การสืบสอบเน้นแบบจำลองเป็นฐานที่มีต่อความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์และการให้เหตุผลของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น*. [วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย]. https://cuir.car.chula.ac.th/bitstream/123456789/51308/1/5683403927.pdf

สุรางค์ โค้วตระกูล. (2552). *จิตวิทยาการศึกษา* (พิมพ์ครั้งที่ 8). จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

อรยา แจ่มใจ. (2557). *การพัฒนาความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ด้วยรูปแบบการเรียนการสอนแบบสืบเสาะร่วมกับกลวิธีการโต้แย้ง* [วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์]. https://dric.nrct.go.th/Search/ShowFulltext/2/282778

Acher, A., Arco, M. and Sanmati, N. (2007). Modeling as a teaching learning process for understanding materials: A case study in primary education. *Science Education,* 91(3), 347 – 521.

Baek, H, Schwarz, C. Chen, J., Hokayem, H., & Zhan, L. (2010). Engaging elementary student in scientific modeling: The MODELS Fifth-Grade Approach and Finding. *Models and Modeling in Science Education,* 6(1), 195-218.

Bamberger, Y. M. & Davis, E. A. (2013). Middle-School Science Students' Scientific Modelling Performances Across Content Areas and Within a Learning Progression. *International journal of science education*, 35(2), 213–238.

Bell, P. & M. C. Linn. (2000). Scientific argument as learning artifacts: designing for learning from the web with KIE. *International Journal of Science Education*, 22(8), 797-817.

Berland, L. K., & Reiser, B. K. (2009). Making sense of argumentation and explanation. *Science Education,* 91(1), 26-55.

Brunsell, E. (2012). *Designing Science Inquiry: Claim + Evidence + Reasoning = Explanation*. https://www.edutopia.org/blog/science-inquiry-claim-evidence-reasoning-eric-brunsell

Bryce, C., Baliga, V. B., de Nesnera, K., Fiack, D., Goetz, K., Tarjan, L. M., ... Gilbert, G. S. (2016). Models in the NGSS biology classroom. *American biology teacher*, 78(1), 35–42.

Buckley, C. B., Gobert J. D., Kindfield, C. H., Horwitz, P., Tinker, R. F., Gerlits, B., Wilensky, U., Dede, D., & Willett, J. (2004) Model-Based Teaching and Learning with BioLogica™: What Do They Learn? How Do They Learn? How Do We Know?. *Journal of Science Education and Technology*, 13(1) 23-41.

Chang, S. N. (2007). Externalizing students' mental model through concept map.† *Journal of Biological Education*, 41(3), 107-112.

Frigg, R., & Hardman, S. (2006). *Models in Science.Stanford Encyclopedia of Philosophy.* plato.standford.edu. http://plato.standford.edu/entries/model-sciencel

Gagnon, M. J. & Abell, S. K. (2008). Perspective: Explaining science. *Science And Children*, 45(5), 60-61.

Gilbert, J. K. (2005). *Catching the Knowledge Wave: the Knowledge Society and the Future of Education Wellington*, NZCER.

Gilbert, J. K., Bouter, C. J., & Elmer, R. (2000). Positioning models in science education and in design and technology education. In J.K. Gilbert and C.J. Bouter (eds.). *Developing Models in Science Education*, 3(17).

Gilbert. (2004). Models and Modelling: Routes to More Authentic Science Education. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 2(1), 115–130.

Gobert & Buckley (2000). Introduction to model-based teaching and learning in science education. *SCI. EDUC*, 22(9), 891-894.

Guttersrud. (2007). *Mathematical Modeling in Upper Secondary Physics Education*. Doctoral dissertation, University of Oslo.

Hamin Baek, Christina Schwarz, Jing Chen, Hayat Hokayem, & Li Zhan. (2011). Engaging elementary students in scientific modeling: The MoDeLS fifth-grade approach and findings. *Models and modeling: Cognitive tools for scientific enquiry,* 195-218.

Harrison, A. G. and D. F. Treagust. (2000). A typology of school science models. *International Journal of Science Education*, 22(9), 1011-1026.

Hoskinson, A.-M., Couch, B. A., Zwickl, B. M., Hinko, K. A. & Caballero, M. D. (2014). Bridging physics and biology teaching through modeling. *American journal of physics*, 82(5), 434–441.

Hung, J. F., & Lin, J. C. (2009). The development of the simulation modeling system and modeling ability evaluation. sersc.org. htto://www.sersc.org/journals/IJUNESST/VO12_no4/1.pdf

JING-PING JONG, MEI-HUNG CHIU, & SHIAO-LAN CHUNG. (2015). The Use of Modeling-Based Text to Improve Students' Modeling Competencies. *Science Education*, 99(5), 986–1018.

Johnstone, A. H. (1993). The development of chemistry teaching: A changing response to a changing demand. *Journal of Chemical Education*, 70(9), 701-705.

Justi, R., & J. Gilbert. (2002). Models and modeling in chemical education. In J. K. Gilbert et al. (eds.), *Chemical education Towards research-based practice. Boston*. Kluwer Academic.

Lehrer, R. & Schauble, L. (2000). Modeling in mathematics and science. In Robert Glaser (eds.), *Advances in instructional psychology*. Educational design and cognitive science.

Lesh, L., Lester, F. K., & Hjalmarson, M. (2003). A Models and Modeling Perspective on Metacognitive Functioning in Everyday Situations Where Problem Solvers Develop Mathematical Constructs. In *Beyond Constructivism* pp. 21-29.

McNeill, K. L., & Krajcik, J. (2008). Scientific explanations: Characterizing and evaluating the effects of teachers' instructional practices on student learning. *Journal of Research in Science Teaching*, 45(1), 53-78.

McNeill, K. L., & Martin, D. (2011). Claim, Evidence and Reasoning: Demystifying data during a unit on simple machines. *Science and Children*, 48(8), 52-56.

McNeill, K. L., Lizotte, D. J., Krajcik, J., & Marx, R. W. (2006). Supporting students' construction of scientific explanations by fading scaffolds in instructional materials. *The Journal of the Learning Sciences*, 15(2), 153-191.

Moutinho, S., Moura, R., & Vasconcelos, C. (2017). Contributions of Model-Based Learning to the Restructuring of Graduation Students' Mental Models on Natural Hazards. *EURASIA J Math Sci Tech Ed*, 13(7), 3043-3068.

National Research Council. (1996). *National Science education standards. Washington,DC*: National Academy Press.

National Research Council. (2011). Appendix F- science and engineering practices in the NGSS. In *Next Generation Science Standarda*.

Nicolaou, C. T. & Constantinou, C. P. (2014). Assessment of the modeling competence: A systematic review and synthesis of empirical research. *Educational research review*, 13, 52–73.

Osborne, J. F., & Patterson. (2011). Scientific argument and explanation: A Necessary Distinction?. *Science Education*, 95(4), 627–38.

Reiser, B. J., Berland, L. K. & Kenyon, L. (2012). Engaging students in the scientific practices of explanation and argumentation. Science Scope, 35(8), 6-11.

Rogers, F., Huddle, P. A., & White, M. D. (2000). Using a Teaching Model to Correct Known Misconceptions in Electrochemistry. *Journal of Chemical Education*, 77(1), 104-128.

Ruiz-Primo, M. A., Li, M., Tsai, S. P., & Schneider, J. (2010). Testing one premise of scientific inquiry in science classrooms: Examining students' scientific explanations and student learning. *Journal of Research in Science Teaching*, 47(5), 583–608.

Sampson, V. & Clark, D. v. (2009). The impact of collaboration on the outcomes of scientific argumentation. *Science Education*, 90, 448-484.

Schwarz, C. V., Reiser, B. J., Davis, E. A., Lisa Kenyon, Andres Ache´r, David Fortus, Yael Shwartz, Barbara Hug, & Joe Krajcik. (2009). Developing a learning progression for scientific modeling: making scientific modeling accessible and meaningful for learners. *Journal of Research in Science Teaching*, 46(6), 632-654.

Yager, R. E. (1991). The constructivist learning model: toward real reform in science education. *The Science Teacher*, 58(6), 52-57.

Zangori, L., & Forbes, C. T. (2014). Scientific Practices in Elementary Classrooms: Third-Grade Students' Scientific Explanations for Seed Structure and Function. *Science Education*, 98(4), 614-639.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

รายนามผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือวิจัย

รายนามผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือวิจัย

1. นางสาวพัศยา สันสน
   สถานที่ทำงาน โรงเรียนเตรียมอุดมศึกษาพัฒนาการ พัทลุง
   วุฒิการศึกษา ปริญญาโท วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต วิชาเอก วิทยาศาสตร์ศึกษา
   ประสบการณ์หรือความชำนาญ วิทยฐานะครูชำนาญการพิเศษ
   โรงเรียนเตรียมอุดมศึกษาพัฒนาการ พัทลุง

2. นางศศิธร เต็มสิริโชติ
   สถานที่ทำงาน โรงเรียนลองวิทยา
   วุฒิการศึกษา ปริญญาโท วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต วิชาเอก วิทยาศาสตร์ศึกษา
   ประสบการณ์หรือความชำนาญ วิทยฐานะครูชำนาญการพิเศษ โรงเรียนลองวิทยา

3. นางสาวเสาวรภย์ แสงอรุณ
   สถานที่ทำงาน โรงเรียนวัดสุทธิวราราม
   วุฒิการศึกษา ปริญญาโท ศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต สาขา วิทยาศาสตร์ศึกษา
   ประสบการณ์หรือความชำนาญ วิทยฐานะครูชำนาญการ โรงเรียนวัดสุทธิวราราม

มหาวิทยาลัย
สุโขทัยธรรมาธิราช

ภาคผนวก ข

- ตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน
- ตัวอย่างแผนการจัดการเรียนแบบปกติ

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3
เรื่อง ผลของอุณหภูมิและความดันต่อสภาพละลายได้ของสาร

รายวิชาพื้นฐาน **ว22101 วิทยาศาสตร์** **ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2**

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี **เวลา 4 คาบ**

ผู้สอน นายจิรยุทธ ขุนอักษร **โรงเรียนเตรียมอุดมศึกษาพัฒนาการ พัทลุง**

มาตรฐาน

ว 2.1 เข้าใจสมบัติของสสาร องค์ประกอบของสสาร ความสัมพันธ์ระหว่างสมบัติของสสารกับโครงสร้างและแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาค หลักและธรรมชาติของการเปลี่ยนแปลงสถานะของสสาร การเกิดสารละลาย และการเกิดปฏิกิริยาเคมี

ตัวชี้วัด

ว2.1 ม.2/4 ออกแบบการทดลองและทดลองในการอธิบายผลของชนิดตัวละลาย ชนิดตัวทำละลาย อุณหภูมิที่มีต่อสภาพละลายได้ของสาร รวมทั้งอธิบายผลของความดันที่มีต่อสภาพละลายได้ของสารโดยใช้สารสนเทศ

จุดประสงค์การเรียนรู้

1. เปรียบเทียบสภาพละลายได้ของสารที่อุณหภูมิต่างๆ ได้ (K)
2. อธิบายผลของความดันที่มีต่อสภาพละลายได้ของแก๊สได้ (K)
3. ออกแบบการทดลองและทดลองเพื่อหาสภาพละลายได้ของสารที่อุณหภูมิต่างๆ ได้ (P)
4. สร้างแบบจำลองอธิบายผลของอุณหภูมิต่อสภาพละลายได้ของสารได้ (P)
5. แสดงความคิดอย่างมีเหตุผลและให้ความสำคัญของหลักฐาน (A)

คุณลักษณะอันพึงประสงค์

ใฝ่เรียนรู้

สมรรถนะสำคัญของผู้เรียน

ความสามารถในการคิด

สาระสำคัญ

เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นสารส่วนใหญ่มีสภาพละลายได้เพิ่มขึ้น ยกเว้นแก๊สเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นสภาพละลายได้จะลดลง ความดันมีผลต่อสภาพละลายได้ของแก๊ส โดยเมื่อความดันเพิ่มขึ้นสภาพละลายได้ของแก๊สจะเพิ่มขึ้น

สาระการเรียนรู้

1. สภาพละลายได้ของสาร
2. ผลของอุณหภูมิและความดันต่อสภาพละลายได้ของสาร

กิจกรรมการเรียนรู้ (ตามรูปแบบการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน)

ขั้นที่ 1 การสร้างแบบจำลอง (Generating Model)

1) ครูตั้งคำถามเพื่อทบทวนความรู้เกี่ยวกับสารละลายอิ่มตัว ค่าสภาพละลายได้ของสาร และผลของตัวทำละลายและตัวละลายที่มีต่อสภาพละลายได้ของสาร

2) ครูนำอภิปรายเกี่ยวกับการละลายของสารโดยตั้งคำถามว่า “นอกจากชนิดของตัวละลายและตัวทำละลายแล้ว ยังมีปัจจัยอื่นอีกหรือไม่ที่ส่งผลต่อสภาพละลายได้ของสาร บางครั้งถ้าเราเปลี่ยนตัวทำละลายไม่ได้เราจะทำอย่างไรให้ตัวทำละลายเดิมสามารถละลายตัวละลายได้มากขึ้น”

3) ครูถามคำถาม “ในการชงเครื่องดื่ม ถ้าต้องการให้ตัวละลายละลายในน้ำมากขึ้น นักเรียนจะเลือกใช้น้ำอุณหภูมิห้องหรือน้ำร้อน”

4) ครูให้นักเรียนวาดภาพลักษณะอนุภาคของสารละลายที่เกิดจากการใช้ตัวทำละลายอุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส เปรียบเทียบกับใช้ตัวทำละลายอุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส

5) นักเรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอรูปภาพลักษณะอนุภาคของสารละลายและแสดงคำอธิบายคำตอบของตัวเอง

ขั้นที่ 2 การประเมินแบบจำลอง (Evaluating Model)

1) ครูให้ตัวแทนนักเรียนแต่ละกลุ่มออกมาสุ่มชนิดของตัวละลายที่แต่ละกลุ่มจะต้องทำการทดลอง (กลุ่มละ 1 ชนิด) โดยใช้โปรแกรมออนไลน์

2) นักเรียนออกแบบการทดลองเพื่อศึกษาผลของอุณหภูมิต่อสภาพละลายได้ของสารที่จับฉลากได้

3) นักเรียนทำการทดลองและบันทึกผลการทดลอง ลงในใบกิจกรรม

4) ตัวแทนนักเรียนแต่ละกลุ่มออกมาบันทึกผลการทดลองร่วมกันโดยสร้างกราฟเป็นกราฟเดียวกันบนกระดาน (ครูเพิ่มข้อมูลผลการทดลองของสารบางชนิดที่นักเรียนไม่สามารถทำการทดลองได้)

5) ครูนำอภิปรายโดยใช้คำถามกระตุ้นความคิดดังนี้

- เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นสารส่วนใหญ่มีสภาพละลายได้เปลี่ยนแปลงไปหรือไม่ อย่างไร (แนวคำตอบ : เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นสารส่วนใหญ่มีสภาพละลายได้มากขึ้น)

- ที่อุณหภูมิเดียวกันสารแต่ละชนิดละลายในน้ำได้เท่ากันหรือไม่ (แนวคำตอบ : ไม่เท่ากัน)

- ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียสสารใดละลายได้มากที่สุด (ตอบตามผลการทดลอง)

6) ครูนำอภิปรายจนได้ข้อสรุปว่า “อุณหภูมิมีผลต่อสภาพละลายได้ของสาร เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น สภาพละลายได้ของสารส่วนใหญ่เพิ่มขึ้น แต่มีสารบางชนิดมีสภาพละลายได้น้อยลง”

7) นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันประเมิน และอภิปรายกันว่าแบบจำลองอธิบายผลของอุณหภูมิต่อสภาพละลายได้ของสารที่แต่ละคนสร้างขึ้นในขั้นตอนแรกสามารถอธิบายผลการทดลองได้หรือไม่อย่างไร โดยแสดงความสอดคล้องของแบบจำลอง หลักฐาน และการให้เหตุผล

ขั้นที่ 3 การดัดแปลงแก้ไขแบบจำลอง (Modifying Model)

1) นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันดัดแปลงแก้ไขแบบจำลองเพื่อให้ได้แบบจำลองสภาพละลายได้ของสารของกลุ่มที่สอดคล้องกับผลการทดลอง โดยใช้อุปกรณ์ที่ครูเตรียมไว้ให้ ได้แก่ แผ่นพลาสติกลูกฟูก ดินน้ำมันคละสี ปากกาเคมีคละสี

2) นักเรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอแบบจำลองของกลุ่ม อธิบายเปรียบเทียบระหว่างแบบจำลองก่อนและหลังปรับปรุงว่าแตกต่างกันอย่างไร เหตุใดหรือหลักฐานใดที่ทำให้นักเรียนแก้ไขแบบจำลอง โดยแสดงความสอดคล้องของแบบจำลอง หลักฐาน และการให้เหตุผล แต่ละกลุ่มร่วมอภิปราย แสดงความคิดเห็นเกี่ยวกับแบบจำลองของแต่ละกลุ่ม

ขั้นที่ 4 การขยายแบบจำลอง (Elaborating Model)

1) ครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มใช้แบบจำลองที่สร้างขึ้น และกราฟที่ได้จากการทดลองประกอบการอธิบายข้อคำถามต่อไปนี้

- อุณหภูมิมีผลอย่างไรต่อสภาพละลายได้ของสารแต่ละชนิด (แนวคำตอบ : เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นสารส่วนใหญ่มีสภาพละลายได้เพิ่มขึ้น แต่มีสารบางชนิดมีสภาพละลายได้น้อยลง)

- ถ้าละลายโซเดียมคลอไรด์ 20 กรัม ในน้ำ 100 กรัมที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส โซเดียมคลอไรด์จะละลายหมดหรือไม่ (แนวคำตอบ : โซเดียมคลอไรด์ 20 กรัม ละลายได้หมดในน้ำ 100 กรัม ที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส)

- ถ้าละลายโพแทสเซียมไนเทรต 20 กรัม ในน้ำ 50 กรัมที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส แล้วลดอุณหภูมิลง เหลือ 20 องศาเซลเซียส จะเกิดการเปลี่ยนแปลงอย่างไร (แนวคำตอบ : โพแทสเซียมไนเทรต 20 กรัม ละลายได้หมดในน้ำ 50 กรัม ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส ได้สารละลายใส ไม่มีสี ไม่มีตะกอน แต่เมื่อนำไปลดอุณหภูมิลงเหลือ 20 องศาเซลเซียส โพแทสเซียมไนเทรตจะละลายได้เพียง 15 กรัม ในน้ำ 50 กรัม และจะมีโพแทสเซียมไนเทรตบางส่วนที่ไม่ละลายตกตะกอนอยู่ที่ก้นภาชนะ)

2) ครูให้นักเรียนพิจารณาภาพเหตุการณ์ ขวดบรรจุน้ำอัดลมระเบิด เนื่องจากถูกตั้งทิ้งไว้กลางแดด แล้วใช้คำถามดังนี้

- แก๊สที่อยู่ในน้ำอัดลมคือแก๊สอะไร (แนวคำตอบ : แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์)

- นักเรียนคิดว่าเหตุการณ์นี้เกิดขึ้นได้อย่างไร (แนวคำตอบ : ตัวทำละลายในสถานะแก๊สจะละลายได้น้อยลงเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น)

- นักเรียนคิดว่าเหตุใดในน้ำอัดลมจึงมีแก๊สละลายอยู่ได้ทั้งที่น้ำอัดลมมีสถานะเป็นของเหลว (แนวคำตอบ : ในกระบวนการผลิตน้ำอัดลมมีการใช้แรงดันอัดเข้าไป เพราะแก๊สจะละลายในของเหลวได้ดีในสภาวะที่มีความดันสูง)

3) นักเรียนร่วมกันอภิปรายจนได้ข้อสรุปว่า “ความดันเป็นปัจจัยหนึ่งที่มีผลต่อสภาพละลายได้ของสารที่มีสถานะแก๊ส ถ้าความดันสูงขึ้นสภาพละลายได้ของแก๊สจะเพิ่มขึ้น ซึ่งตรงกันข้ามกับอุณหภูมิ ถ้าอุณหภูมิสูงขึ้นสภาพละลายได้ของแก๊สจะลดลง”

4) ครูนำอภิปรายเพื่อให้ได้แนวคิดเกี่ยวกับสภาพละลายได้ของสารที่ถูกต้อง โดยใช้ประเด็นคำถามดังนี้

- จากการทำกิจกรรมทั้งหมด ปัจจัยใดบ้างที่มีผลต่อสภาพละลายได้ของสาร (แนวคำตอบ : ชนิดของตัวละลาย, ชนิดของตัวทำละลาย, อุณหภูมิ และความดัน)

- ดังนั้นในการบอกสภาพละลายได้ของสารชนิดต่างๆ นักเรียนต้องระบุตัวแปรใดด้วยเสมอ (แนวคำตอบ : อุณหภูมิ และความดัน)

สื่อ อุปกรณ์/แหล่งเรียนรู้

1. ใบกิจกรรมที่ 5 เรื่อง ผลของอุณหภูมิต่อสภาพละลายได้ของสาร
2. ชุดการทดลอง เรื่อง ผลของอุณหภูมิต่อสภาพละลายได้ของสาร
3. Power Point เรื่อง ผลของอุณหภูมิและความดันต่อสภาพละลายได้ของสาร

การวัดและประเมินผลการเรียนรู้

จุดประสงค์การเรียนรู้	วิธีการวัดและประเมินผล	เครื่องมือ	เกณฑ์การวัดและประเมินผล
1. เปรียบเทียบสภาพละลายได้ของสารที่อุณหภูมิต่าง ๆ ได้ (K) 2. อธิบาลผลของความดันที่มีต่อสภาพละลายได้ของแก๊สได้ (K) 3. ออกแบบการทดลองและทดลองเพื่อหาสภาพละลายได้ของสารที่อุณหภูมิต่าง ๆ ได้ (P)	ตรวจใบกิจกรรม เรื่อง ผลของอุณหภูมิต่อสภาพละลายได้ของสาร	ใบกิจกรรม เรื่อง ผลของอุณหภูมิต่อสภาพละลายได้ของสาร	ได้ผลการประเมินใบกิจกรรม ร้อยละ 80 ขึ้นไป
4. สร้างแบบจำลองอธิบายผลของอุณหภูมิต่อสภาพละลายได้ของสารได้ (P)	ประเมินความสามารถในการสร้างแบบจำลอง	แบบประเมินความสามารถในการสร้างแบบจำลอง	ได้ผลการประเมินความสามารถในการสร้างแบบจำลอง ระดับ 2 ขึ้นไป
5. แสดงความคิดอย่างมีเหตุผลและให้ความสำคัญของหลักฐาน (A)	ประเมินการแสดงความคิดอย่างมีเหตุผลและให้ความสำคัญของหลักฐาน	แบบประเมินการแสดงความคิดอย่างมีเหตุผลและให้ความสำคัญของหลักฐาน	ได้ผลการประเมินการแสดงความคิดอย่างมีเหตุผลและให้ความสำคัญของหลักฐานระดับ 2 (ดี) ขึ้นไป

เกณฑ์การประเมินความสามารถในการสร้างแบบจำลอง

ประเด็นการประเมิน	เกณฑ์การประเมิน			
	0	1	2	3
ขั้นการสร้างแบบจำลอง	นักเรียนไม่สามารถสร้างแบบจำลอง หรือ สร้างแบบจำลองที่ไม่สอดคล้องกับหลักฐาน ทฤษฎี ที่เกี่ยวข้องกับปรากฏการณ์	นักเรียนสร้างแบบจำลองที่สอดคล้องกับหลักฐาน ทฤษฎี ที่เกี่ยวข้องกับปรากฏการณ์ได้ถูกต้องบางส่วน และระบุองค์ประกอบได้ไม่ครบ โดยขาด 3 องค์ประกอบขึ้นไป	นักเรียนสร้างแบบจำลองที่สอดคล้องกับหลักฐาน ทฤษฎี ที่เกี่ยวข้องกับปรากฏการณ์ได้ถูกต้องเป็นส่วนใหญ่ และระบุองค์ประกอบได้ ไม่ครบ โดยขาด 1-2 องค์ประกอบ	นักเรียนสร้างแบบจำลองที่สอดคล้องกับหลักฐาน ทฤษฎี ที่เกี่ยวข้องกับปรากฏการณ์ได้ถูกต้อง ครอบคลุม และระบุองค์ประกอบได้ครบทุกองค์ประกอบ
ขั้นการประเมินแบบจำลอง	นักเรียนไม่สามารถประเมินความสอดคล้องของแบบจำลองที่ผู้เรียนสร้างขึ้นกับหลักฐานที่เป็นข้อมูลเชิงประจักษ์ ได้ หรือเปรียบเทียบได้ไม่ถูกต้อง	นักเรียนสามารถประเมินความสอดคล้องของแบบจำลองที่สร้างขึ้นกับหลักฐานที่เป็นข้อมูลเชิงประจักษ์ได้ ว่ามีความสอดคล้องกันหรือไม่แต่ไม่สามารถบอกข้อดี ข้อเสียได้	นักเรียนสามารถประเมินความสอดคล้องของแบบจำลองที่สร้างขึ้นกับหลักฐานที่เป็นข้อมูลเชิงประจักษ์ได้ ว่ามีความสอดคล้องกันมากน้อยเพียงใด สามารถบอกข้อดีข้อเสีย แต่ไม่สามารถให้เหตุผลได้ว่าดีกว่าอย่างไร	นักเรียนสามารถประเมินความสอดคล้องของแบบจำลองที่สร้างขึ้นกับหลักฐานที่เป็นข้อมูลเชิงประจักษ์ได้ ว่ามีความสอดคล้องกันมากน้อยเพียงใด สามารถบอกข้อดีข้อเสีย และบอกเหตุผลได้ว่าเพราะเหตุใด
ขั้นการดัดแปลงแก้ไขแบบจำลอง	นักเรียนไม่สามารถนำหลักฐาน ข้อมูลที่รวบรวมได้มา	นักเรียนให้ความสำคัญกับหลักฐาน ข้อมูลที่	นักเรียนให้ความสำคัญกับหลักฐาน ข้อมูลที่	นักเรียนให้ความสำคัญกับหลักฐาน ข้อมูล

ประเด็นการประเมิน	เกณฑ์การประเมิน			
	0	1	2	3
	ปรับปรุงแบบจำลองให้มีความถูกต้องและดีกว่าแบบจำลองก่อนการปรับปรุง	รวบรวมได้ โดยนำมาปรับปรุงแบบจำลอง แต่ยังขาดองค์ประกอบมากกว่า 2 องค์ประกอบ หรือปรับปรุงแล้วใช้อธิบายปรากฏการณ์ได้ไม่ดีกว่าก่อนการปรับปรุง	รวบรวมได้ โดยนำมาปรับปรุงแบบจำลองให้มีความถูกต้อง แต่ยังขาดองค์ประกอบ 1-2 องค์ประกอบ สามารถใช้อธิบายปรากฏการณ์ได้ดีกว่าก่อนการปรับปรุง	ที่รวบรวมได้โดยนำมาปรับปรุงแบบจำลองให้มีความถูกต้องครบถ้วนในทุกองค์ประกอบ สามารถใช้อธิบายปรากฏการณ์ได้ดีกว่าก่อนการปรับปรุง
ขั้นการขยายแบบจำลอง	นักเรียนใช้แบบจำลองที่ผ่านการดัดแปลงแก้ไขแล้วมาอธิบายและทำนายปรากฏการณ์อื่น ๆ หรือสถานการณ์อื่นได้ได้ไม่ถูกต้อง	นักเรียนใช้แบบจำลองที่ผ่านการดัดแปลงแก้ไขแล้วมาอธิบายและทำนายปรากฏการณ์อื่น ๆ หรือสถานการณ์อื่น ได้เล็กน้อย	นักเรียนใช้แบบจำลองที่ผ่านการดัดแปลงแก้ไขแล้วมาอธิบายและทำนายปรากฏการณ์อื่น ๆ หรือสถานการณ์อื่น ได้ถูกต้องแต่ไม่ชัดเจน	นักเรียนใช้แบบจำลองที่ผ่านการดัดแปลงแก้ไขแล้วมาอธิบายและทำนายปรากฏการณ์อื่น ๆ หรือสถานการณ์อื่นได้ถูกต้องชัดเจน

การแปลผล

0 คะแนน = ปรับปรุง

1 คะแนน = พอใช้

2 คะแนน = ดี

3 คะแนน = ดีมาก

ใบกิจกรรมที่ 5
ผลของอุณหภูมิต่อสภาพละลายได้

คะแนน

ตอนที่ 1 ให้นักเรียนออกแบบการทดลอง และทำการทดลองเพื่อเปรียบเทียบสภาพละลายได้ของสารที่อุณหภูมิต่าง ๆ

สารเคมี ....

....

วิธีการทดลอง (เขียนอธิบายหรือสร้างแผนภาพแสดงวิธีการทดลอง)

มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช

ผลการทดลอง

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

คำถามท้ายการทดลอง

1. เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นสภาพละลายได้ของสารเปลี่ยนแปลงไปหรือไม่ อย่างไร

.....

.....

2. นักเรียนคิดว่าเมื่อเพิ่มความร้อนจนสารมีอุณหภูมิสูงขึ้นกว่านี้อีก ผลการทดลองจะเป็นเช่นไร

.....

.....

..

3. นักเรียนคิดว่าหากนำสารไปทำให้เย็นจนอุณหภูมิลดลง ผลการทดลองจะเป็นเช่นไร

.....

.....

.....

4. นักเรียนจะสรุปผลการทดลองนี้ว่าอย่างไร

.....

.....

.....

.....

ตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้แบบปกติ

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3
เรื่อง ผลของอุณหภูมิที่มีต่อสภาพละลายได้ของสาร

รายวิชาพื้นฐาน **ว22101 วิทยาศาสตร์** **ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2**
กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี **เวลา 4 คาบ**
ผู้สอน นายจิรยุทธ ขุนอักษร **โรงเรียนเตรียมอุดมศึกษาพัฒนาการ พัทลุง**

มาตรฐาน

ว 2.1 เข้าใจสมบัติของสสาร องค์ประกอบของสสาร ความสัมพันธ์ระหว่างสมบัติของสสารกับโครงสร้างและแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาค หลักและธรรมชาติของการเปลี่ยนแปลงสถานะของสสาร การเกิดสารละลาย และการเกิดปฏิกิริยาเคมี

ตัวชี้วัด

ม.2/4 ออกแบบการทดลองและทดลองในการอธิบายผลของชนิดตัวละลาย ชนิดตัวทำละลาย อุณหภูมิที่มีต่อ สภาพละลายได้ของสาร รวมทั้งอธิบายผลของความดันที่มีต่อสภาพละลายได้ของสารโดยใช้สารสนเทศ

จุดประสงค์การเรียนรู้

1. อธิบายผลของอุณหภูมิที่มีผลต่อสภาพละลายได้ของสารได้
2. มีทักษะการจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูลและทำการทดลอง เรื่อง ผลของอุณหภูมิที่มีผลต่อสภาพละลายได้ของสารได้
3. ให้ความร่วมมือในการทำกิจกรรมร่วมกับผู้อื่นได้

สาระสำคัญ

เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น สารส่วนมาก สภาพละลายได้ของสารจะเพิ่มขึ้น ยกเว้นแก๊สเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นสภาพการละลายได้จะลดลง ส่วนความดันมีผลต่อแก๊ส โดยเมื่อความดันเพิ่มขึ้น สภาพละลายได้จะสูงขึ้น

สาระการเรียนรู้

ผลของอุณหภูมิที่มีผลต่อสภาพละลายได้ของสาร

กิจกรรมการเรียนรู้

ขั้นที่ 1 กระตุ้นความสนใจ (Engagement)

1) ครูนำทบทวนเกี่ยวกับสภาพละลายได้ของสารโดยใช้ประเด็นคำถาม เพื่อนำเข้าสู่กิจกรรมว่า

- นอกจากชนิดตัวละลายและตัวทำละลายแล้ว ยังมีปัจจัยอื่นอีกหรือไม่ ที่ส่งผลต่อสภาพละลายได้ของสาร (แนวคำตอบ : มีปัจจัยอื่นอีก เช่น อุณหภูมิ ปริมาณสาร เป็นต้น)

- บางครั้งถ้าเราเปลี่ยนตัวทำละลายไม่ได้ เราจะทำอย่างไรให้ตัวทำละลายเดิมสามารถละลายตัวละลายได้มากขึ้น (แนวคำตอบ : ใช้น้ำร้อน เพราะ มีอุณหภูมิมากกว่า)

ขั้นที่ 2 ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration)

1) ครูให้นักเรียนศึกษากิจกรรมที่ 2.4 อุณหภูมิที่มีผลต่อสภาพการละลายได้ของสาร (หนังสือเรียนรายวิชาพื้นฐานวิทยาศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 เล่ม 1 (สสวท.หน้า 22) และตรวจสอบความเข้าใจการอ่านโดยใช้คำถาม ดังต่อไปนี้

- กิจกรรมนี้เกี่ยวกับเรื่องอะไร (แนวคำตอบ : ผลของอุณหภูมิต่อสภาพละลายได้ของสาร)

- กิจกรรมนี้มีจุดประสงค์อะไร (แนวคำตอบ : ออกแบบการทดลอง ทดลอง และอธิบายผลของอุณหภูมิที่มีต่อสภาพละลายได้ของ จุนสีในน้ำ)

- วิธีดำเนินกิจกรรมมีขั้นตอนโดยสรุปอย่างไร (แนวคำตอบ : ทดลองเพื่อศึกษาผลของอุณหภูมิที่มีต่อสภาพละลายได้ ของจุนสี โดยระบุปัญหา ตั้งสมมติฐาน กำหนดตัวแปรต้น ตัวแปรตาม ตัวแปรควบคุม ออกแบบตารางบันทึก ผล จากนั้นให้ลงมือทดลอง บันทึกผล อภิปราย สรุปผลการทดลอง และนำเสนอผล)

- นักเรียนต้องสังเกตหรือรวบรวมอะไรบ้าง (แนวคำตอบ : สังเกตการละลายของตัวละลายในน้ำที่อุณหภูมิต่าง ๆ และบันทึก ปริมาณของตัวละลายที่ใช้)

2) ครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มออกแบบการทดลองตามความคิดของกลุ่ม โดยครูอภิปรายร่วมกับนักเรียนเพื่อปรับปรุงวิธีการทดลองให้ถูกต้อง สามารถ ตรวจสอบสมมติฐานที่ตั้งไว้ได้จริง โดยแต่ละกลุ่มไม่จำเป็นต้องออกแบบการทดลองเหมือนกัน

3) ครูให้นักเรียนเริ่มดำเนินการทดลอง

4) ขณะที่นักเรียนแต่ละกลุ่มลงมือทำกิจกรรม ครูเดินสังเกตการทำกิจกรรมของนักเรียน และให้คำแนะนำกรณีนักเรียนมีข้อสงสัยในประเด็นต่าง ๆ

ขั้นที่ 3 ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation) (40 นาที)

1) ครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอผลการทำกิจกรรม ตอบคำถามท้ายกิจกรรมและร่วมกันสรุปผลของกิจกรรมโดยใช้คำถามท้ายกิจกรรมเป็นแนวทางจำนวน 4 ข้อเพื่อให้ได้ข้อสรุปจากกิจกรรมว่าจุนสีละลายในน้ำที่อุณหภูมิสูงได้ดีกว่าละลายในน้ำที่อุณหภูมิต่ำ

2) ครูให้นักเรียนเรียนรู้เพิ่มเติมเกี่ยวกับ ผลของอุณหภูมิที่มีต่อสภาพละลายได้ของสาร โดยใช้กราฟในภาพ 2.5 (หนังสือเรียนรายวิชาพื้นฐานวิทยาศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 เล่ม 1 (สสวท. หน้า 23) ประกอบการอภิปราย และอ่านข้อมูลเพิ่มเติมในหนังสือเรียน เพื่อให้ได้ข้อสรุปว่าเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น สภาพละลายได้ของสารส่วนใหญ่เพิ่มขึ้น แต่สารบางชนิดมีสภาพละลายได้ลดลง

ขั้นที่ 4 ขั้นขยายความรู้ (Elaboration) (30 นาที)

1) ครูให้นักเรียนศึกษาเพิ่มเติม เกี่ยวกับผลของอุณหภูมิที่มีต่อสภาพละลายได้ของแก๊ส โดยใช้กราฟในภาพ 2.6 (หนังสือเรียนรายวิชาพื้นฐานวิทยาศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 เล่ม 1 (สสวท.หน้า 24) ประกอบการอภิปราย เพื่อให้ได้ข้อสรุปร่วมกัน (แนวคำตอบ : แก๊สมีสภาพละลายได้ลดลง เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น)

2) ครูอภิปรายร่วมกับนักเรียนเกี่ยวกับองค์ประกอบที่ละลายในน้ำอัดลม ตามเนื้อหาในหนังสือเรียนรายวิชาพื้นฐานวิทยาศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 เล่ม 1 (สสวท. หน้า 24) แล้วร่วมกันอภิปราย เพื่อให้ได้ข้อสรุป (แนวคำตอบ : แก๊สที่อยู่ในน้ำอัดลม คือ แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ เมื่อเปิดขวดความดันภายในขวดลดลงจนเท่ากับความดันบรรยากาศ ทำให้แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ละลายในน้ำอัดลมได้น้อยลง จึงมีบางส่วนแยกตัวออกจากสารละลาย ทำให้เห็นฟองแก๊สที่ไม่สามารถละลายในน้ำอัดลมเคลื่อนที่ขึ้นสู่ผิวหน้าน้ำอัดลม ดังนั้น ความดันเป็นปัจจัยหนึ่ง ที่มีผลต่อสภาพละลายได้ของสารที่มีสถานะแก๊ส ถ้าความดันสูงขึ้น สภาพละลายได้ของแก๊สจะเพิ่มขึ้น ซึ่งตรงกันข้ามกับอุณหภูมิ ถ้าอุณหภูมิสูงขึ้น สภาพละลายได้ของแก๊สจะลดลง)

ขั้นที่ 5 ขั้นประเมิน (Evaluation) (20 นาที)

1) ครูประเมินการเรียนรู้ของนักเรียนเรื่อง ผลของอุณหภูมิที่มีต่อสภาพละลายได้ของสาร โดยให้นักเรียนตอบคำถามหลังเรียนในหนังสือเรียน (หนังสือเรียนรายวิชาพื้นฐานวิทยาศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 เล่ม 1 (สสวท. หน้า 23) จำนวน 3 ข้อ ได้แก่

- อุณหภูมิมีผลอย่างไรต่อสภาพละลายได้ของสารแต่ละชนิด
- ถ้าละลายโซเดียมคลอไรด์ 20 กรัม ในน้ำ 100 กรัมที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส โซเดียมคลอไรด์จะละลายหมดหรือไม่

-ถ้าละลายโพแทสเซียมไนเทรต 20 กรัม ในน้ำ 50 กรัมที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส แล้วลดอุณหภูมิลงเหลือ 20 องศาเซลเซียส จะเกิดการเปลี่ยนแปลงอย่างไร

สื่อการเรียนรู้

1. ใบกิจกรรมตามหนังสือเรียนรายวิชาพื้นฐานวิทยาศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 เล่ม 1 ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) สสวท. กระทรวงศึกษาธิการ หน้า 22

2. ชุดการการทดลองผลของอุณหภูมิต่อสภาพละลายได้ของสาร

การวัดและการประเมิน

ตัวชี้วัด/ผลการเรียนรู้	วิธีการวัด	เครื่องมือวัด	เกณฑ์ที่ใช้ในการประเมิน
1. อธิบายผลของชนิดตัวละลายและตัวทำละลายที่มีผลต่อ สภาพละลายของสารได้ (ด้านความรู้: K)	- ตรวจการตอบคำถามท้ายกิจกรรมที่ 2.4 และคำถามหลังเรียน	- คำถามท้ายกิจกรรมที่ 2.4 จำนวน 4 ข้อ และคำถามหลังเรียน จำนวน 3 ข้อ	ไม่น้อยกว่า 2 คะแนน
2. ทักษะการจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล (ด้านกระบวนการ: P)	- ตรวจการออกแบบตารางบันทึกผลการทดลอง เรื่อง ผลของอุณหภูมิที่มีผลต่อสภาพละลายได้ของสาร	- แบบประเมินการจัดกระทำและสื่อความหมายตารางบันทึกผลการทดลอง	ไม่น้อยกว่า 2 คะแนน
3. ให้ความร่วมมือในการทำกิจกรรมร่วมกับผู้อื่นได้ (ด้านเจตคติ: A)	- สังเกตความร่วมมือในการทำกิจกรรมของนักเรียน	- แบบสังเกตความร่วมมือในการทำกิจกรรมร่วมกับผู้อื่น	ไม่น้อยกว่า 2 คะแนน

เกณฑ์การประเมินผลงานนักเรียน เกณฑ์การประเมิน (Rubrics Score)

ประเด็นการประเมิน	ค่าน้ำหนักคะแนน	แนวทางการให้คะแนน
การให้คะแนนตอบคำถาม	3	ตอบคำถามท้ายกิจกรรมและคำถามระหว่างเรียน ถูกต้อง 7-6 ข้อ
	2	ตอบคำถามท้ายกิจกรรมและคำถามระหว่างเรียน ถูกต้อง 5-4 ข้อ
	1	ตอบคำถามท้ายกิจกรรมและคำถามระหว่างเรียน ถูกต้อง 3-0 ข้อ
การให้คะแนนการจัดกระทำและสื่อความหมายตารางบันทึกผลการทดลอง	3	ออกแบบตารางบันทึกผลการทดลองได้ดี มีการนำเสนอข้อมูลเข้าใจง่าย มีลำดับขั้นตอน ระบุชื่อตารางบันทึกผลการทดลอง หัวเรื่องตารางบันทึกผลและบันทึกผลการทดลองได้ถูกต้อง ครบถ้วน
	2	ออกแบบตารางบันทึกผลการทดลองได้ มีการนำเสนอข้อมูลเข้าใจง่าย มีลำดับขั้นตอน ระบุชื่อตารางบันทึกผลการทดลอง หัวเรื่องตารางบันทึกผลแต่บันทึกผลการทดลองไม่ถูกต้อง
	1	ออกแบบตารางบันทึกผลการทดลองได้ แต่การนำเสนอข้อมูลเข้าใจยากไม่มีลำดับขั้นตอน ไม่ระบุชื่อตารางบันทึกผลการทดลอง ไม่มีหัวเรื่องตารางบันทึกผล และบันทึกผลการทดลองไม่ถูกต้อง
การให้คะแนนความร่วมมือในการทำกิจกรรมร่วมกับผู้อื่น	3	ให้ความร่วมมือในทำกิจกรรมร่วมกับผู้อื่นตลอดทั้งคาบเรียน ไม่ก่อความวุ่นวายหรือปัญหาที่รบกวนการเรียนของผู้อื่น เช่น พูดเสียงดัง โวยวาย ลุกเดินไปมา หรือชวนผู้อื่นคุยเล่น ขณะครูทำการสอน
	2	ให้ความร่วมมือในทำกิจกรรมร่วมกับผู้อื่นเป็นบางครั้งในคาบเรียน และก่อความวุ่นวายหรือปัญหาที่รบกวนการเรียนของผู้อื่น เช่น พูดเสียงดังโวยวาย ลุกเดินไปมา หรือชวนผู้อื่นคุยเล่น ขณะครูสอน
	1	ไม่ให้ความร่วมมือในทำกิจกรรมร่วมกับผู้อื่น ทำให้เกิดความวุ่นวายหรือปัญหาที่รบกวนการเรียนของผู้อื่น เช่น พูดเสียงดังโวยวาย ลุกเดินไปมา หรือ ชวนผู้อื่นคุยเล่น ขณะครูทำการสอน

ระดับคุณภาพ (โดยนำคะแนนรวมทุกด้าน K P A แล้วหาค่าเฉลี่ย)

คะแนนรวมเฉลี่ย 3.00 หมายถึง ดีมาก

คะแนนรวมเฉลี่ย 2.00 - 2.99 หมายถึง ดี

คะแนนรวมเฉลี่ย 0.01 - 1.99 หมายถึง พอใช้

ใบกิจกรรมที่ 2.4 ผลของอุณหภูมิที่มีผลต่อสภาพละลายได้ของสาร

หนังสือเรียนรายวิชาพื้นฐานวิทยาศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 เล่ม 1 ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) สสวท.หน้า 22

กิจกรรมที่ 2.4	ผลของอุณหภูมิที่มีผลต่อสภาพละลายได้ของสาร
จุดประสงค์	ออกแบบการทดลอง ทดลอง และอธิบายผลของอุณหภูมิที่มีต่อสภาพละลายได้ของจุนสีในน้ำ
วัสดุอุปกรณ์	ปริมาณ/กลุ่ม 1. ดีเกลือ (แมกนีเซียมซัลเฟต) 30 กรัม 2. น้ำกลั่น 100 ลูกบาศก์เซนติเมตร 3. น้ำแข็ง 100 กรัม 4. ช้อนตักสารเบอร์สอง 1 คัน 5. บีกเกอร์ขนาด 50 cm^3 3 ใบ 6. บีกเกอร์ขนาด 250 cm^3 1 ใบ 7. กระบอกตวงขนาด 25 cm^3 1 ใบ 8. เทอร์มอมิเตอร์ 1 อัน 9. แท่งแก้วคนสาร 1 อัน 10 ขาตั้งพร้อมที่จับ 1 ชุด 11. ชุดตะเกียงแอลกอฮอร์ 1 ชุด
วิธีดำเนินกิจกรรม	1. ร่วมการตั้งสมมติฐานเกี่ยวกับผลของอุณหภูมิที่มีต่อสภาพละลายได้ของจุนศรีในน้ำ 2. ระบุตัวแปรต้น ตัวแปรตาม และตัวแปรควบคุม 3. ออกแบบการทดลอง เพื่อตรวจสอบสมมติฐาน โดยใช้อุปกรณ์ที่กำหนด 4. ทำการทดลอง บันทึกผล อภิปราย และสรุปผลการทดลอง 5. นำเสนอรายงานผลการทดลอง
หมายเหตุ	**ข้อเสนอแนะในการทำกิจกรรม** - กำหนดอุณหภูมิที่จะทำการทดลองร่วมกับนักเรียน ซึ่งควรมี 2-3 ค่า คือ อุณหภูมิต่ำกว่าอุณหภูมิห้อง อุณหภูมิห้อง อุณหภูมิสูงกว่าอุณหภูมิห้อง - อ่านอุณหภูมิแต่ละการทดลอง บันทึกในตารางบันทึกผล - พยายามควบคุมอุณหภูมิที่ทดลองให้คงที่

คำถามท้ายกิจกรรม

1. ตัวแปรต้น ตัวแปรตาม และตัวแปรควบคุม ของการทดลองนี้คืออะไร

.....

.....

.....

2. วิธีการทดลองเพื่อตรวจสอบสมมติฐานทำอย่างไร

.....

.....

.....

3. ผลการทดลองเป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้หรือไม่ อย่างไร

.....

.....

.....

.....

.....

4. จากกิจกรรม สรุปได้ว่าอย่างไร

.....

.....

.....

.....

มหาวิทยาลัย
สโมทัยธรรมาธิราช

ภาคผนวก ค

เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

- แบบวัดความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์
- แบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์

แบบวัดความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ (ก่อนเรียน)

ชื่อ ..... ชั้น ม. 2/ ..... เลขที่.....

คำชี้แจง

1. แบบวัดฉบับนี้เป็นข้อสอบแบบเขียนตอบ จำนวน 2 สถานการณ์ คะแนนเต็ม 24 คะแนน
2. เวลาที่ใช้ในการทำแบบวัด 60 นาที
3. ให้อ่านสถานการณ์แล้วตอบคำถามให้ครบถ้วน และสมบูรณ์

<u>สถานการณ์ที่ 1</u> การหมุนเวียนเลือดในร่างกายมนุษย์เป็นการลำเลียงสารที่สำคัญไปยังส่วนต่างๆ ทั่วร่างกาย อาศัยการทำงานร่วมกันระหว่างหัวใจ ปอด และหลอดเลือด โดยเลือดจากส่วนต่าง ๆ ของร่างกายจะถูกส่งเข้าสู่หัวใจห้องบนขวา ห้องล่างขวาและปอดตามลำดับ หลังจากที่มีการแลกเปลี่ยนแก๊สที่ปอดเลือดจะมีปริมาณแก๊สออกซิเจนสูง ปริมาณแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ต่ำ จากนั้นเลือดจะถูกลำเลียงไปยังหัวใจห้องบนซ้าย หัวใจห้องล่างซ้ายตามลำดับ และถูกสูบฉีดไปยังส่วนต่างๆ ของร่างกาย โดยระหว่างที่เลือดถูกลำเลียงไป แก๊สออกซิเจนจะแพร่เข้าสู่เซลล์ ทำให้ปริมาณแก๊สออกซิเจนในเลือดลดลง ขณะที่แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ที่อยู่ในเซลล์จะแพร่เข้าสู่หลอดเลือดทำให้ปริมาณแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ในเลือดเพิ่มขึ้น จากนั้นเลือดจะไหลกับเข้าสู่หัวใจห้องบนขวา ห้องล่างขวา และไปยังปอดเพื่อแลกเปลี่ยนแก๊สต่อไปเป็นวงจรเช่นนี้

ข้อ 1 ให้นักเรียนเขียนแผนภาพ หรือวาดภาพ และเขียนอธิบายทิศทางการไหลเวียนของเลือดในร่างกายมนุษย์ และการเปลี่ยนแปลงปริมาณแก๊สออกซิเจน และแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์

แผนภาพ/ภาพวาด

ข้อความอธิบาย

.....

.....

.....

.....

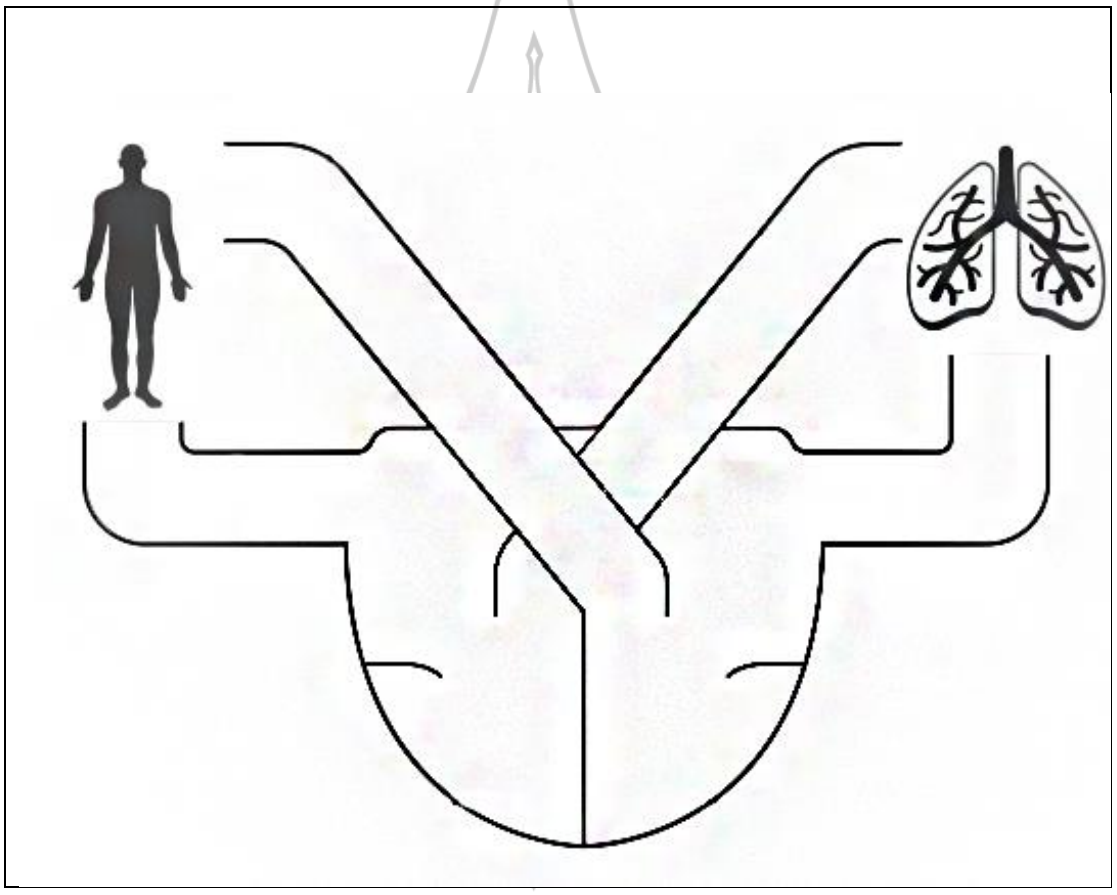
ข้อ 2 หากกำหนดให้

แทน อนุภาคของแก๊สออกซิเจน

แทน อนุภาคของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์

แทน ทิศทางการไหลของเลือด

ให้นักเรียนใช้สัญลักษณ์ที่กำหนดให้มาใช้ในการสร้างแบบจำลองเพื่ออธิบายทิศทางการไหลเวียนของเลือดในร่างกายมนุษย์ และการเปลี่ยนแปลงปริมาณแก๊สออกซิเจน และแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ ให้ชัดเจนมากขึ้น



ข้อความอธิบาย

.....

.....

.....

.....

ข้อ 3 นักเรียนคิดว่าแบบจำลองที่สร้างขึ้นในข้อ 1 และ 2 มีความเหมือนหรือต่างกันอย่างไร มีจุดเด่น-จุดด้อย เป็นอย่างไร และถ้าต้องปรับเปลี่ยนแบบจำลองในข้อ 1 จะปรับเปลี่ยนอย่างไร

.....

.....

.....

.....

.....

.....

<u>สถานการณ์ที่ 2</u> ในการศึกษาโครงสร้างภายในของโลก นักวิทยาศาสตร์แบ่งชั้นของโลกตามองค์ประกอบทางเคมี โดยพิจารณาจากชนิดของธาตุและสารประกอบทางเคมีที่สำรวจพบ สามารถแบ่งได้เป็น 3 ชั้น นับจากพื้นโลกลึกลงไปภายในโลก ได้แก่

1.) ชั้นเปลือกโลก มีสถานะเป็นของแข็ง ประกอบด้วยธาตุที่สำคัญ ได้แก่ ซิลิคอน, อะลูมิเนียม, ออกซิเจน, แมกนีเซียม, แคลเซียม, เหล็ก, โซเดียม และโพแทสเซียม มีความหนา 5-70 กิโลเมตร และมีอุณหภูมิ 0 - 50 องศาเซลเซียส

2.) ชั้นเนื้อโลก มีสถานะเป็นของแข็ง ประกอบด้วยธาตุที่สำคัญ ได้แก่ ซิลิคอน, ออกซิเจน, แมกนีเซียม และเหล็ก มีความหนา 2,900 กิโลเมตร และมีอุณหภูมิ 870 - 2,200 องศาเซลเซียส

3.) ชั้นแก่นโลก ประกอบด้วยธาตุที่สำคัญ ได้แก่ เหล็ก และนิกเกิล โดยแบ่งเป็นแก่นโลกชั้นนอกมีสถานะเป็นของเหลว และแก่นโลกชั้นในมีสถานะเป็นของแข็ง มีความหนา 3,470 กิโลเมตร และมีอุณหภูมิ 2,200 - 5,000 องศาเซลเซียส

มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช

ข้อ 1 ให้นักเรียนวาดภาพเพื่ออธิบายโครงสร้างภายในของโลกเกี่ยวกับชั้นโลก องค์ประกอบทางเคมี ความหนา และอุณหภูมิ และเขียนข้อความอธิบายให้สอดคล้องกับแบบจำลองที่สร้างขึ้น

ภาพวาด

ข้อความอธิบาย

.....

.....

.....

.....

.....

.....

มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช

ข้อ 2 หากกำหนดให้ใช้สัญลักษณ์ต่างๆ ต่อไปนี้แทนชนิดของธาตุ

แทน ซิลิคอน
แทน อะลูมิเนียม
แทน ออกซิเจน
แทน แมกนีเซียม
แทน แคลเซียม
แทน เหล็ก
แทน โซเดียม
แทน โพแทสเซียม
แทน นิกเกิล
แทนสมบัติการไหลของของเหลว
ความเข้มของสีแทนอุณหภูมิ สูง
ความหนา แทนความหนาของชั้นโลก

ให้นักเรียนใช้ข้อมูลข้างต้น และสัญลักษณ์ที่กำหนดให้นี้ มาใส่ในแบบจำลองโครงสร้างภายในโลก และเขียนข้อความบรรยายให้สอดคล้องกับแบบจำลองที่สร้างขึ้น

ข้อความอธิบาย

.....

.....

.....

ข้อ 3 นักเรียนคิดว่าแบบจำลองที่สร้างขึ้นในข้อ 1 และ 2 มีความเหมือนหรือต่างกันอย่างไร มีจุดเด่น-จุดด้อยเป็นอย่างไร และถ้าต้องปรับเปลี่ยนแบบจำลองในข้อ 1 จะปรับเปลี่ยนอย่างไร

.....

.....

.....

.....

แบบวัดความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ (หลังเรียน)

ชื่อ ..... ชั้น ม. 2/ ..... เลขที่.....

คำชี้แจง

1. แบบวัดฉบับนี้เป็นข้อสอบแบบเขียนตอบ จำนวน 2 สถานการณ์ คะแนนเต็ม 24 คะแนน
2. เวลาที่ใช้ในการทำแบบวัด 60 นาที
3. ให้อ่านสถานการณ์แล้วตอบคำถามให้ครบถ้วน และสมบูรณ์

<u>สถานการณ์ที่ 1</u> เลือดที่ลำเลียงมาจากหัวใจห้องล่างซ้ายจะถูกส่งไปยังเซลล์ต่างๆ ของร่างกาย เป็นเลือดที่มีปริมาณแก๊สออกซิเจนสูงและแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ต่ำ เมื่อเทียบกับภายในเซลล์ซึ่งมีปริมาณแก๊สออกซิเจนต่ำและแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์สูง จึงเกิดการแลกเปลี่ยนแก๊สบริเวณหลอดเลือดฝอยกับเซลล์ โดย **แก๊สออกซิเจนในเลือดจะแพร่ผ่านผนังหลอดเลือดฝอยไปยังเซลล์** และในขณะเดียวกัน**แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์จะแพร่ออกจากเซลล์ไปยังหลอดเลือดฝอย**

ข้อ 1 ให้นักเรียนวาดภาพเพื่ออธิบายการแลกเปลี่ยนแก๊สบริเวณหลอดเลือดฝอยกับเซลล์ ระบุปริมาณของแก๊สออกซิเจน และแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ รวมถึงทิศทางการแลกเปลี่ยนแก๊ส และเขียนข้อความอธิบายให้สอดคล้องกับแบบจำลองที่สร้างขึ้น

ภาพวาด

ข้อความอธิบาย

.....

.....

.....

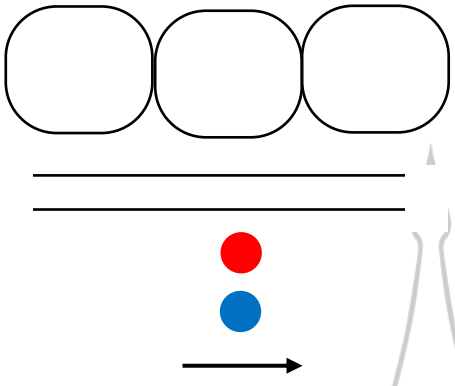
.....

.....

.....

.....

ข้อ 2 หากกำหนดให้



แทน กลุ่มของเซลล์ในร่างกาย

แทน หลอดเลือดฝอย

แทน อนุภาคของแก๊สออกซิเจน

แทน อนุภาคของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์

แทน ทิศทางการแพร่ของอนุภาค

นักเรียนจะใช้สัญลักษณ์ที่กำหนดให้นี้ มาสร้างแบบจำลองอธิบายการแลกเปลี่ยนแก๊สบริเวณหลอดเลือดฝอยกับเซลล์ ได้อย่างไร

ภาพวาด

ข้อความอธิบาย

.....

.....

.....

ข้อ 3 นักเรียนคิดว่าแบบจำลองที่สร้างขึ้นในข้อ 1 และ 2 มีความเหมือนหรือต่างกันอย่างไร มีจุดเด่น-จุดด้อยเป็นอย่างไร และถ้าต้องปรับเปลี่ยนแบบจำลองในข้อ 1 จะปรับเปลี่ยนอย่างไร

.....

.....

.....

.....

.....

<u>สถานการณ์ที่ 2</u> แผ่นดินถล่ม เป็นกระบวนการเคลื่อนที่ของดินหรือหิน ลงมาตามแนวลาดชันของพื้นที่ เนื่องจากปัจจัยหลักของแรงโน้มถ่วงของโลก โดยในช่วงที่มีฝนตกหนักน้ำผิวดินจะมีปริมาณมาก ทำให้การไหลซึมของน้ำผิวดินลงสู่ใต้ดินไปอยู่ตามช่องว่างระหว่างเม็ดดินมีปริมาณมากขึ้น จนดินอิ่มตัวไปด้วยน้ำ ทำให้แรงยึดเหนี่ยวระหว่างเม็ดดินลดลง มีผลทำให้ดินพังถล่มลงมาด้านล่าง

ข้อที่ 1 ให้นักเรียนวาดภาพเพื่ออธิบายการเกิดแผ่นดินถล่มที่เกิดขึ้นบริเวณพื้นที่ลาดชัน มีฝนตก แสดงการไหลซึมของน้ำลงผิวดิน ดินอิ่มตัวไปด้วยน้ำ การเปลี่ยนแปลงแรงยึดเหนี่ยวของเม็ดดิน และเกิดดินถล่ม

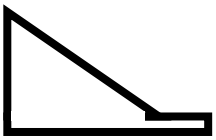
ภาพวาด

ข้อความ (ถ้ามี).....

.....

.....

ข้อ 2 หากกำหนดให้



แทน พื้นที่ลาดชัน

แทน เม็ดดิน

แทน อนุภาคของน้ำ

แทน ฝน

แทน แรงยึดเหนี่ยวระหว่างเม็ดดิน

แทน ทิศทางการเคลื่อนที่ของดิน

นักเรียนจะใช้สัญลักษณ์ที่กำหนดให้นี้ มาสร้างแบบจำลองอธิบายการเกิดแผ่นดินถล่ม ได้อย่างไร

ภาพวาด

ข้อความ (ถ้ามี).....

.....

.....

.....

.....

ข้อ 3 นักเรียนคิดว่าแบบจำลองที่สร้างขึ้นในข้อ 1 และ 2 มีความเหมือนหรือต่างกันอย่างไร มีจุดเด่น-จุดด้อย เป็นอย่างไร และถ้าต้องปรับเปลี่ยนแบบจำลองในข้อ 1 จะปรับเปลี่ยนอย่างไร

.....

.....

.....

.....

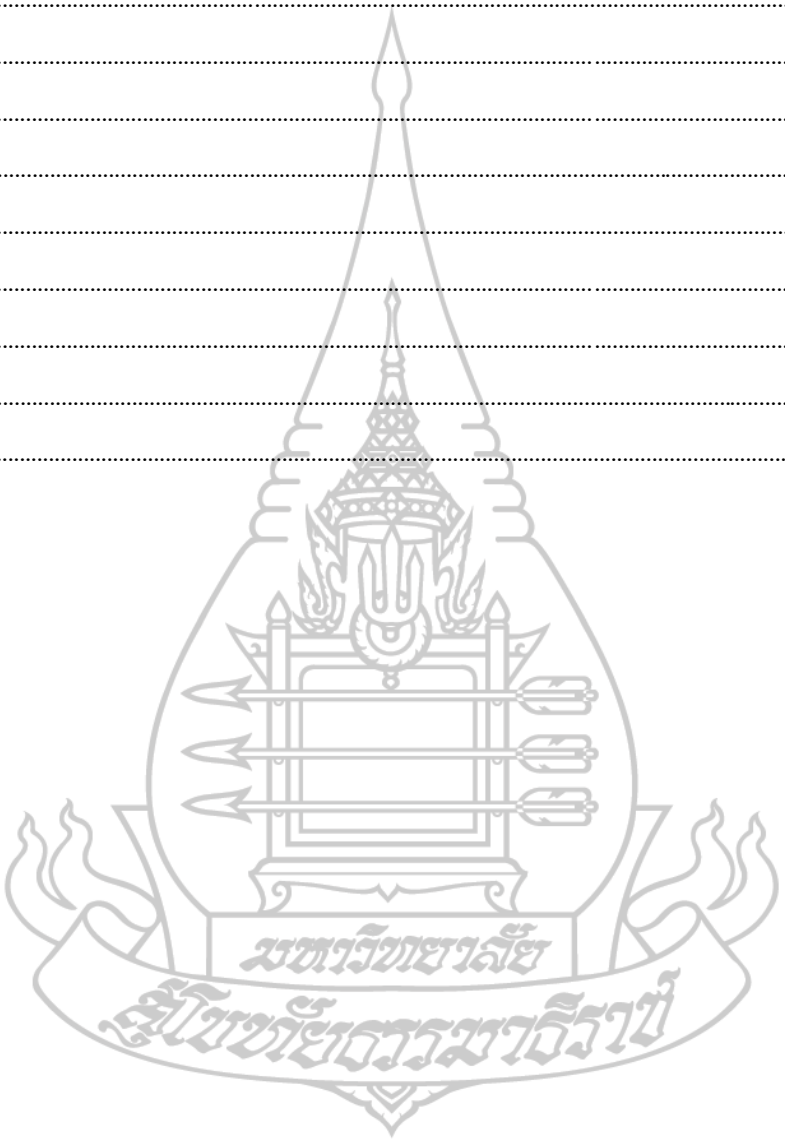
.....

.....

.....

.....

.....



แบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ (ก่อนเรียน)

ชื่อ ..... ชั้น ม. 2/ ..... เลขที่.....

คำชี้แจง

1. แบบวัดฉบับนี้เป็นข้อสอบแบบเขียนตอบ จำนวน 3 สถานการณ์ คะแนนเต็ม 18 คะแนน
2. เวลาที่ใช้ในการทำแบบวัด 60 นาที
3. ให้อ่านสถานการณ์แล้วตอบคำถามให้ครบถ้วน และสมบูรณ์

<u>สถานการณ์ที่ 1</u> แผ่นดินทรุด

แหล่งน้ำตามธรรมชาติบนโลกมี 2 แหล่งคือ น้ำผิวดิน ได้แก่ น้ำในแม่น้ำ ลำคลอง หนอง บึง ทะเล และมหาสมุทร เมื่อมีฝนตกลงมาน้ำผิวดินบางส่วนจะค่อย ๆ ไหลซึมลงสู่ใต้ดินในระดับที่ลึกลงไปเรื่อย ๆ และสุดท้ายจะถูกกักเก็บไว้ตามช่องว่างระหว่างตะกอนในชั้นใต้ดิน กลายเป็นน้ำใต้ดินบรรจุอยู่เต็มช่องว่างนั้น เรียกว่า น้ำบาดาล การมีน้ำบาดาลอยู่จะช่วยให้ไม่มีช่องว่างระหว่างชั้นดินทำให้ชั้นของดินทรงตัวอยู่ได้

ปัจจุบันพื้นที่ในเขตกรุงเทพฯ และปริมณฑลมีบ้านจัดสรรเกิดขึ้นจำนวนมาก ประชาชนอยู่รวมกันอย่างหนาแน่น มีความต้องการใช้น้ำในการอุปโภค และบริโภคมากขึ้น น้ำประปาที่ใช้ไม่เพียงพอ จึงมีการขุดน้ำบาดาลมาใช้จำนวนมาก ต่อมาเกิดปัญหาดินทรุดตัวในบริเวณที่อยู่ใกล้เคียงอยู่บ่อยครั้ง ทำให้เกิดความเสียหายต่อชีวิตและทรัพย์สินของประชาชน

คำถาม

1. ควรกล่าวถึงสาเหตุของดินทรุดตัวในเขตพื้นที่กรุงเทพฯ และปริมณฑลว่าอย่างไร เพื่อเป็นข้อกล่าวอ้างในสถานการณ์นี้

.....

.....

.....

2. ข้อมูลหรือหลักฐานใดที่สนับสนุนคำตอบของนักเรียนในข้อ 1

.....

.....

.....

3. มีหลักการหรือทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์ใดบ้าง ที่สามารถนำมาอธิบายหรือให้เหตุผลเพื่อเชื่อมโยงกับคำตอบในข้อ 1-2

.....

.....

.....

<u>สถานการณ์ที่ 2</u> แรงเสียดทาน

แรงเสียดทาน เป็นแรงที่เกิดขึ้นระหว่างผิวสัมผัสของวัตถุ เพื่อต้านการเคลื่อนที่ของวัตถุไปบนพื้นผิวนั้น โดยขนาดของแรงเสียดทานมีผลต่อสภาพการเคลื่อนที่ของวัตถุหากมีขนาดของแรงเสียดทานมากจะทำให้ต้องใช้แรงมากขึ้นในการทำให้วัตถุเคลื่อนที่ หรือขณะที่วัตถุกำลังเคลื่อนที่ แรงเสียดทานจะทำให้วัตถุเคลื่อนที่ได้ช้าลง ขนาดของแรงเสียดทานจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับลักษณะของผิวสัมผัส และน้ำหนักของวัตถุที่กดลงบนอีกพื้นผิวหนึ่งเป็นหลัก หากวัตถุต้องเคลื่อนที่บนพื้นผิวขรุขระมากก็จะมีแรงเสียดทานเกิดขึ้นมากกว่าตอนเคลื่อนที่อยู่บนพื้นผิวที่ขรุขระน้อย และถ้าหากน้ำหนักหรือแรงกดของวัตถุมากจะเกิดแรงเสียดทานมากกว่าน้ำหนักของวัตถุน้อย

นที และภูผา อาศัยอยู่บ้านใกล้กัน และมักจะเดินทางไปโรงเรียนโดยปั่นจักรยานไปพร้อม ๆ กัน ในทุกเช้า รถที่นทีปั่นเป็นของพี่ชายที่ใช้มาแล้วมากกว่า 5 ปี ไม่ได้เปลี่ยนยางมาเป็นเวลานานทำให้ดอกยางสึก และตื้น ขณะที่รถที่ภูผาปั่นเป็นรถที่เพิ่งซื้อใหม่ มีดอกยางชัดและลึก เช้าวันหนึ่งอากาศค่อนข้างสดชื่น เนื่องจากเมื่อคืนมีฝนตก สังเกตได้จากพื้นถนนที่ยังเปียกอยู่ นที และ ภูผา ขับรถไปโรงเรียนพร้อมกันเช่นเดิม ในช่วงทางโค้งก่อนเข้าโรงเรียนภูผาปั่นจักรยานผ่านไปได้ตามปกติ แต่รถของนทีลื่นล้มไถลไปตามถนน ทำให้ได้รับบาดเจ็บเล็กน้อย

คำถาม

1. ข้อสรุปของอุบัติเหตุเรื่องนี้คืออะไรเพื่อเป็นข้อกล่าวอ้างของสถานการณ์นี้

.....

.....

.....

2. ข้อมูลหรือหลักฐานใดที่สนับสนุนคำตอบของนักเรียนในข้อ 1

.....

.....

.....

3. มีหลักการหรือทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์ใดบ้าง ที่สามารถนำมาอธิบายหรือให้เหตุผลเพื่อเชื่อมโยงกับคำตอบในข้อ 1 - 2

.....

.....

.....

<u>สถานการณ์ที่ 3</u> จุดเดือดของสารบริสุทธิ์ และสารผสม

การเดือดเป็นการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ เป็นกระบวนการที่ของเหลวเปลี่ยนสถานะเป็นแก๊ส โดยจุดเดือด คือ อุณหภูมิขณะที่ความดันไอของของเหลวเท่ากับความดันบรรยากาศของสภาพแวดล้อมของของเหลว โดยเมื่อสารเริ่มเดือดจะสังเกตเห็นฟองอากาศเล็ก ๆ ที่กนภาชนะ และขณะของเหลวเดือดจะสังเกตเห็นฟองอากาศขนาดใหญ่เกิดขึ้นทั่วภาชนะ อุณหภูมิขณะที่ของเหลวเปลี่ยนสถานะเป็นแก๊สทั่วทั้งภาชนะ เรียกวา จุดเดือด การหาจุดเดือดของสารสามารถนำมาใช้จำแนกความบริสุทธิ์ของสารต่าง ๆ ได้ เมื่อทำการทดสอบสารบริสุทธิ์ ซึ่งเป็นสารที่มีองค์ประกอบเพียงชนิดเดียว พบว่าสารบริสุทธิ์มีจุดเดือดคงที่ ขณะที่สารผสม ซึ่งเป็นสารที่เกิดจากการรวมตัวกันของสารตั้งแต่ 2 ชนิดขึ้นไป จะมีจุดเดือดไม่คงที่

หมู่บ้านโคกจิกนม เป็นหมู่บ้านแห่งหนึ่งในจังหวัดพัทลุง ชาวบ้านที่เข้าไปหาสมุนไพรในป่าบังเอิญไปพบกับแหล่งน้ำ มีลักษณะเป็นบ่อน้ำผุด น้ำใส เย็น ต่อมาเมื่อชาวบ้านทราบข่าว ก็พากันมาดูบริเวณดังกล่าว และนำน้ำกลับไปดื่มกิน โดยเชื่อว่าเป็นน้ำบริสุทธิ์ สะอาด ไม่มีสิ่งใดเจือปน และสามารถรักษาโรคได้สารพัดโรค

ครูสุธี เป็นครูวิทยาศาสตร์ที่โรงเรียนวัดโคกจิกนม เมื่อทราบข่าวก็ได้เดินทางไปเก็บตัวอย่างน้ำจากบ่อน้ำผุด แล้วนำมาทำการทดลองโดยนำมาให้ความร้อน สังเกตและวัดอุณหภูมิ ได้ผลดังตาราง

เวลา (นาที)	**อุณหภูมิ (°C)**	**การเปลี่ยนแปลง**
0	30	ไม่เปลี่ยนแปลง
1	38	ไม่เปลี่ยนแปลง
2	47	ไม่เปลี่ยนแปลง
3	56	ไม่เปลี่ยนแปลง
4	65	มีฟองแก๊สเล็กๆ เกาะอยู่ที่กนภาชนะ
5	78	มีฟองแก๊สขนาดใหญ่จำนวนมาก ลอยขึ้นที่ผิวน้ำ
6	86	
7	95	
8	102	
9	108	
10	115	

คำถาม

1. ครูสุธีควรให้ข้อมูลใดกับชาวบ้านเพื่อเป็นข้อกล่าวอ้างของสถานการณ์นี้

.....

.....

.....

2. ข้อมูลหรือหลักฐานใดที่สนับสนุนคำตอบของนักเรียนในข้อ 1

.....

.....

.....

3. มีหลักการหรือทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์ใดบ้าง ที่สามารถนำมาอธิบายหรือให้เหตุผลเพื่อเชื่อมโยงกับคำตอบในข้อ 1 - 2

.....

.....

.....

.....

.....

.....

มหาวิทยาลัย
สุโขทัยธรรมาธิราช

แบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ (หลังเรียน)

ชื่อ ..... ชั้น ม. 2/ ..... เลขที่.....

คำชี้แจง

1. แบบวัดฉบับนี้เป็นข้อสอบแบบเขียนตอบ จำนวน 3 สถานการณ์ คะแนนเต็ม 18 คะแนน
2. เวลาที่ใช้ในการทำแบบวัด 60 นาที
3. ให้อ่านสถานการณ์แล้วตอบคำถามให้ครบถ้วน และสมบูรณ์

<u>สถานการณ์ที่ 1</u> การถ่ายโอนความร้อน

การถ่ายโอนความร้อนระหว่างสสารเกิดจากสสารถ่ายโอนพลังงานความร้อนจากบริเวณที่มีอุณหภูมิสูงกว่าไปยังบริเวณที่มีอุณหภูมิต่ำกว่า สสารที่มีอุณหภูมิสูงกว่าจะสูญเสียความร้อนไปทำให้อุณหภูมิของสสารนั้นลดลง ความร้อนที่สูญเสียไปจะถ่ายโอนไปยังสสารที่มีอุณหภูมิต่ำกว่า และทำให้สสารที่มีอุณหภูมิต่ำกว่ามีอุณหภูมิเพิ่มขึ้น จนกระทั่งสสารทั้งสองมีอุณหภูมิเท่ากัน เรียกว่า สมดุลความร้อน

เด็กชายธาดากำลังป่วยมีไข้สูง อุณหภูมิของร่างกายสูงกว่าอุณหภูมิร่างกายปกติ แม่ของธาดาใช้วิธีการเช็ดตัวเพื่อลดความร้อนของร่างกาย โดยนำผ้าไปชุบน้ำซึ่งมีอุณหภูมิต่ำกว่าอุณหภูมิร่างกายของธาดา บิดผ้าให้หมาด แล้วเช็ดถูที่ผิวหนัง และบริเวณข้อพับต่างๆ เมื่อเช็ดตัวไปสักพักแม่ของธาดาสัมผัสได้ว่ารู้สึกร้อนบริเวณผ้าที่ใช้เช็ดตัว จากนั้นเปลี่ยนผ้าเป็นระยะ ทำซ้ำๆ ประมาณ 30 นาที ปรากฏว่าอุณหภูมิร่างกายของธาดาลดลง

คำถาม

1. การกระทำใดทำให้อุณหภูมิร่างกายของธาดาลดลง เพื่อเป็นข้อกล่าวอ้างในสถานการณ์นี้

.....

.....

.....

2. ข้อมูลหรือหลักฐานใดที่สนับสนุนคำตอบของนักเรียนในข้อ 1

.....

.....

.....

3. มีหลักการหรือทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์ใดบ้าง ที่สามารถนำมาอธิบายหรือให้เหตุผลเพื่อเชื่อมโยงกับคำตอบในข้อ 1 - 2

.....

.....

.....

.....

.....

<u>สถานการณ์ที่ 2</u> ธาตุอาหารที่จำเป็นต่อพืช

ข้อมูลจากกรมวิชาการเกษตรกล่าวว่าพืชชนิดต่าง ๆ ต้องการธาตุอาหาร เพื่อให้กระบวนการต่าง ๆ ในพืชเป็นไปอย่างปกติ ถ้าพิจารณาตามปริมาณความต้องการของพืช พบว่าพืชต้องการไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมในปริมาณมาก แต่ในความเป็นจริงแล้วดินมีธาตุอาหารเหล่านี้ในปริมาณที่ไม่เพียงพอ พืชจึงแสดงอาการขาดธาตุอาหาร 3 ชนิดนี้อยู่เสมอ ธาตุไนโตรเจน เป็นองค์ประกอบของคลอโรฟิลล์ซึ่งคลอโรฟิลล์เป็นส่วนที่เป็นสีเขียวของพืชที่ทำหน้าที่สังเคราะห์แสง และการเจริญเติบโตของใบ ธาตุฟอสฟอรัส จะช่วยควบคุมการออกดอก ติดผล และสร้างเมล็ด รวมทั้งเร่งการเจริญเติบโตของราก ส่วนธาตุโพแทสเซียมจะช่วยในการสร้างโปรตีน ทำให้ได้ส่วนผลของพืชมีคุณภาพ

ในพื้นที่เกษตรกรรมแห่งหนึ่งที่ปลูกข้าวโพดต่อเนื่องกันมานานหลายปี พบว่า ข้าวโพดมีลักษณะผิดปกติ คือ ใบเริ่มเหลืองจากปลายใบแล้วลามเข้าไปในแผ่นใบ จากนั้นสีของใบจะเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลและเหี่ยวทำให้ผลผลิตของข้าวโพดลดลง ต่อมาจึงมีการวิจัยเพื่อหาทางแก้ปัญหา โดยผู้วิจัยเสนอว่าในหนึ่งปีให้ปลูกข้าวโพดสลับกับการปลูกถั่วเหลือง เนื่องจากรากของถั่วเหลืองมีจุลินทรีย์ที่สามารถตรึงไนโตรเจนไว้ได้ เมื่อไถกลบต้นถั่วเหลืองที่เก็บเกี่ยวแล้วจึงทำให้ไนโตรเจนในดินเพิ่มขึ้นเหมาะสมที่จะปลูกข้าวโพดต่อไป เมื่อทดลองทำตามวิธีการดังกล่าวโดยการปลูกข้าวโพดสลับกับการปลูกถั่วเหลืองพบว่าต้นข้าวโพดเจริญเติบโตได้ดีขึ้น และอาการผิดปกติของต้นข้าวโพดหายไป รวมทั้งมีผลผลิตเพิ่มขึ้นต่อเนื่อง

คำถาม

1. ผู้วิจัยควรสรุปปัญหาใบเหลืองของข้าวโพดในพื้นที่เกษตรแห่งนี้ว่าอย่างไร เพื่อเป็นข้อกล่าวอ้างในสถานการณ์นี้

.....

.....

.....

2. ข้อมูลหรือหลักฐานใดที่สนับสนุนคำตอบของนักเรียนในข้อ 1

.....

.....

.....

3. มีหลักการหรือทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์ใดบ้าง ที่สามารถนำมาอธิบายหรือให้เหตุผลเพื่อเชื่อมโยงกับคำตอบในข้อ 1-2

.....

.....

.....

<u>สถานการณ์ที่ 3</u> วิตามินซีในผลไม้

วิตามินซี หรือ กรดแอสคอบิค (Ascobic Acid) เป็นวิตามินที่ร่างกายมนุษย์ไม่สามารถสังเคราะห์ได้เอง แต่มีความสำคัญต่อร่างกายในหลายด้าน โดยเฉพาะกระบวนการสร้างคอลลาเจนที่ช่วยเสริมสร้างความแข็งแรง และซ่อมแซมเนื้อเยื่อต่าง ๆ เช่น ผิวหนัง ผนังหลอดเลือด เส้นเอ็น กระดูกอ่อน กระดูก และฟัน ภาวะขาดวิตามินซีมักจะค่อยๆ ส่งผลให้เกิดอาการผิดปกติอย่างช้า ๆ ในระยะเวลาหลายเดือน เช่น มีผลทำให้ผนังหลอดเลือดไม่แข็งแรง และอาจส่งผลให้เลือดแข็งตัวได้ช้าลง คนที่ขาดวิตามินซีจึงมักพบอาการเลือดออกง่าย หรือเกิดรอยช้ำตามร่างกายอยู่บ่อยครั้ง โดยหนึ่งในสัญญาณที่พบได้บ่อยเมื่อกระบวนการผลิตคอลลาเจนผิดปกติไป คือ อาการเหงือกบวมแดง มีเลือดออกบ่อย และเลือดออกตามไรฟัน ซึ่งหากไม่ได้รับการรักษา ภาวะนี้อาจมีความรุนแรงขึ้นจนนำไปสู่การสูญเสียฟันได้

ผักและผลไม้เป็นแหล่งวิตามินซีใกล้ตัวที่เราสามารถพบได้โดยหาซื้อง่าย มีอยู่ทั่วไปในประเทศไทย จากการศึกษาข้อมูลตัวอย่างปริมาณวิตามินซีที่ตรวจพบในผลไม้ต่าง ๆ มีข้อมูลดังนี้

ชื่อผลไม้	ปริมาณผลไม้ (กรัม)	ปริมาณวิตามินซี (มิลลิกรัม)
ส้ม	100	53.2
มะขามป้อม	100	276
สตรอเบอร์รี่	100	58.8
ฝรั่ง	100	160
ลิ้นจี่	100	71.5

เด็กหญิงฟ้าใส มีอาการเหงือกบวม แดง และมีเลือดออกหลังจากแปรงฟันบ่อยครั้ง แม่จึงให้เปลี่ยนแปรงสีฟันเป็นแบบนุ่มสำหรับเด็ก แต่อาการดังกล่าวยังไม่หายไป ในช่วงวันหยุดสุดสัปดาห์ครอบครัวของฟ้าใสได้เดินทางไปเยี่ยมคุณยาย คุณยายทราบถึงอาการของฟ้าใส จึงแนะนำให้รับประทานมะขามป้อม โดยบอกว่าเป็นภูมิปัญญาที่มีมาตั้งแต่โบราณว่า ถ้ารับประทานมะขามป้อมเป็นประจำจะไม่เป็นโรคเลือดออกตามไรฟัน ต่อมาฟ้าใสจึงรับประทานมะขามป้อมทุกวัน และเฝ้าสังเกตอาการพบว่า อาการเหงือกบวมแดงค่อยๆ หายไป และหลังการแปรงฟันก็ไม่มีเลือดไหลออกมาอีก

คำถาม

1. บทความนี้ควรสรุปเกี่ยวกับคนที่รับประทานมะขามป้อมเป็นประจำกับการเป็นโรคเลือดออกตามไรฟันได้อย่างไร เพื่อเป็นข้อกล่าวอ้างในสถานการณ์นี้

.....

.....

.....

2. ข้อมูลหรือหลักฐานใดที่สนับสนุนคำตอบของนักเรียนในข้อ 1

.....

.....

.....

3. มีหลักการหรือทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์ใดบ้าง ที่สามารถนำมาอธิบายหรือให้เหตุผลเพื่อเชื่อมโยงกับคำตอบในข้อ 1 - 2

.....

.....

.....

มหาวิทยาลัย
สุโขทัยธรรมาธิราช

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ	นายจิรยุทธ ขุนอักษร
วัน เดือน ปี เกิด	28 พฤศจิกายน 2537
สถานที่เกิด	อำเภอปากพะยูน จังหวัดพัทลุง
ประวัติการศึกษา	การศึกษาบัณฑิต (กศ.บ. วิทยาศาสตร์-เคมี) มหาวิทยาลัยทักษิณ พ.ศ. 2560
สถานที่ทำงาน	โรงเรียนเตรียมอุดมศึกษาพัฒนาการ พัทลุง อำเภอเมืองพัทลุง จังหวัดพัทลุง
ตำแหน่ง	ครู

มหาวิทยาลัย
สุโขทัยธรรมาธิราช