ผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง แสง ที่มีต่อความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์และความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนภัทรญาณวิทยา จังหวัดนครปฐม

นางสาวพลอยศิริ พุทธรักษา

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต วิชาเอกวิทยาศาสตร์ศึกษา

สาขาวิชาศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช

พ.ศ. 2566

The Effect of Model-Based Learning Instruction in The Topic of Light on Scientific Modeling and Analytical Thinking Ability of Grade 9 Students in Phattharayan Wittaya School at Nakhon Pathom Province

Miss. PLOYSIRI PUTTHARAKSA

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 แสง ที่มีต่อความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์และความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนภัทรญาณวิทยา จังหวัดนครปฐม
ชื่อและนามสกุล	นางสาวพลอยศิริ พุทธรักษา
แขนงวิชา / วิชาเอก	วิทยาศาสตร์ศึกษา
สาขาวิชา	ศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช
อาจารย์ที่ปรึกษา	1. รองศาสตราจารย์ ดร.นวลจิตต์ เชาวกีรติพงศ์
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	2. รองศาสตราจารย์ ดร.ทวีศักดิ์ จินดานุรักษ์

วิทยานิพนธ์นี้ได้รับความเห็นชอบให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรระดับปริญญาโท เมื่อวันที่ 22 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2567

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

---------- กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร.นวลจิตต์ เชาวกีรติพงศ์)

---------- กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร.ทวีศักดิ์ จินดานุรักษ์)

---------- ประธานกรรมการบัณฑิตศึกษา

(รองศาสตราจารย์ ดร.นราธิป ศรีราม)

ชื่อวิทยานิพนธ์ ผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง แสง ที่มีต่อความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์และความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนภัทรญาณวิทยา จังหวัดนครปฐม
ผู้วิจัย นางสาวพลอยศิริ พุทธรักษา รหัสนักศึกษา 2642000273
ปริญญา: ศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต (วิทยาศาสตร์ศึกษา)
อาจารย์ที่ปรึกษา (1) รองศาสตราจารย์ ดร.นวลจิตต์ เชาวกีรติพงศ์ (2) รองศาสตราจารย์ ดร. ทวีศักดิ์ จินดานุรักษ์ ปีการศึกษา 2566

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) เปรียบเทียบความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน กับนักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบปกติ 2) เปรียบเทียบความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียน 3) เปรียบเทียบความสามารถในการคิดวิเคราะห์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน กับนักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบปกติ และ 4) เปรียบเทียบความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียน

กลุ่มตัวอย่างในการวิจัย ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนภัทรญาณวิทยา ปีการศึกษา 2566 จำนวน 64 คน ซึ่งได้มาโดยการสุ่มแบบกลุ่ม ซึ่งแบ่งเป็นกลุ่มทดลอง และกลุ่มควบคุม เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ 1) แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง แสง จำนวน 4 แผน ใช้เวลาเรียน 18 ชั่วโมง 2) แผนการจัดการเรียนรู้แบบปกติ เรื่อง แสง จำนวน 4 แผน ใช้เวลาเรียน 18 ชั่วโมง 3) แบบทดสอบความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ และ 4) แบบวัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์ สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และการทดสอบค่าที

ผลการวิจัยปรากฏว่า 1) นักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานมีความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่านักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบปกติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 2) นักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน มีความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 3) นักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน มีความสามารถในการคิดวิเคราะห์หลังเรียนสูงกว่านักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบปกติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และ 4) นักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานมีความสามารถในการคิดวิเคราะห์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

คำสำคัญ การจัดการเรียนรู้โดยแบบจำลองเป็นฐาน แบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ การคิดวิเคราะห์ มัธยมศึกษา

Thesis title: “The Effect of Model-Based Learning Instruction in The Topic of Light on Scientific Modeling and Analytical Thinking Ability of Grade 9 Students in Phattharayan Wittaya School at Nakhon Pathom Province”

Researcher: “Miss. PLOYSIRI PUTTHARAKSA”; ID: “2642000273”;
Degree: Master of Education (Science Education);
Thesis advisors: (1) Associate Professor Dr. Nuanjid Chaowakeratipong;(2) Associate Professor Dr. Tweesak Chindanurak ; Academic year: 2023

Abstract

The purposes of this research were to 1) compare the scientific modeling ability of grade 9 students who learned through model-based learning instruction and students who learned through traditional instruction, 2) compare the scientific modeling ability of grade 9 students before and after learning through model-based learning instruction, 3) compare the analytical thinking ability of grade 9 students who learned through model-based learning instruction and the students who learned through traditional instruction, and 4) compare the analytical thinking ability of grade 9 Students before and after learning through model-based learning instruction.

The research sample consisted of 64 grade 9 students of Phattharayan Wittaya 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 light for 18 hours, 2) 4 lesson plans based on traditional instruction for 18 hours, 3) a scientific modeling ability test, and 4) an analytical thinking 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 through 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 analytical thinking 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 analytical thinking 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.

Keywords : Model-based Learning Instruction, Scientific Modeling, Analytical Thinking, Secondary Education

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความกรุณา และอนุเคราะห์อย่างดียิ่งจากรองศาสตราจารย์ ดร.นวลจิตต์ เชาวกีรติพงศ์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก และรองศาสตราจารย์ ดร.ทวีศักดิ์ จินดานุรักษ์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม นับตั้งแต่เริ่มต้นจนสำเร็จสมบูรณ์ที่ให้ความช่วยเหลือ ให้คำปรึกษา ข้อความคิดและความเห็นทางวิชาการอันเป็นประโยชน์อย่างยิ่ง ตลอดจนตรวจสอบแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ติดตามการทำวิทยานิพนธ์อย่างดีเสมอมา ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งในความกรุณาของท่านเป็นอย่างยิ่ง และขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กุลธิดา นุกูลธรรม ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ที่กรุณาให้คำแนะนำและตรวจพิจารณาแก้ไขอันเป็นประโยชน์ต่อความถูกต้องและความสมบูรณ์ในวิทยานิพนธ์ยิ่งขึ้น ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

ขอขอบพระคุณ ดร.ปิยนุช ลอยเลิศหล้า นายอภิชาติ เหลืองเพิ่มสกุล และนายพลวิชญ์ อังสวัสดิ์ ที่ให้ความอนุเคราะห์เป็นผู้เชี่ยวชาญในการพิจารณาคุณภาพเครื่องมือวิจัยและให้คำแนะนำอื่น ๆ ต่อการทำวิจัย ขอขอบคุณผู้อำนวยการโรงเรียน คณะครูกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ฯ และนักเรียนที่มีส่วนเกี่ยวข้องที่ให้ความร่วมมือ อำนวยความสะดวกในการทดลอง และเก็บรวบรวมข้อมูลเป็นอย่างดี

ขอขอบพระคุณ คณาจารย์สาขาวิชาศึกษาศาสตร์ วิชาเอกวิทยาศาสตร์ศึกษา ทุกท่านที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ และเพื่อนร่วมเอกวิทยาศาสตร์ศึกษาที่คอยให้ความช่วยเหลือในการเรียนตลอดระยะเวลาที่ศึกษา

สุดท้าย ขอขอบพระคุณ บิดา มารดา พี่ ๆ น้อง ๆ และเพื่อน ๆ ตลอดจนผู้ที่ให้การสนับสนุนช่วยเหลือ เป็นแรงผลักดันและคอยให้กำลังใจจนทำให้การวิจัยสำเร็จไปได้ด้วยดี คุณค่าและประโยชน์อันพึงมีจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้วิจัยมอบให้ผู้สนใจในการศึกษา และผู้มีส่วนสำคัญต่อความสำเร็จในการวิจัยครั้งนี้

นางสาวพลอยศิริ พุทธรักษา

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ

กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ

สารบัญตาราง ..... ฌ

สารบัญภาพ ..... ฏ

บทที่ 1 บทนำ 1

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1

วัตถุประสงค์การวิจัย 5

กรอบแนวคิดการวิจัย 6

สมมติฐานการวิจัย 6

ขอบเขตการวิจัย 7

นิยามศัพท์เฉพาะ 7

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 9

บทที่ 2 วรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง 10

หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) 11

การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน 16

ความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ 30

ความสามารถในการคิดวิเคราะห์ 36

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 44

บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย 48

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง 48

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย 48

การสร้างและหาคุณภาพเครื่องมือ 48

การเก็บรวบรวมข้อมูล 61

การวิเคราะห์ข้อมูล 62

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล 68

ตอนที่ 1 ผลการเปรียบเทียบความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ ก่อนเรียนและหลังเรียน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน กับนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ 69

ตอนที่ 2 ผลการเปรียบเทียบความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานกับระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียน 71

ตอนที่ 3 ผลการเปรียบเทียบความสามารถในการคิดวิเคราะห์ก่อนเรียนและหลังเรียน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน กับนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ 73

ตอนที่ 4 ผลการเปรียบเทียบความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของนักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียน 75

บทที่ 5 สรุปการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ 77

สรุปการวิจัย 77

อภิปรายผล 80

ข้อเสนอแนะ 85

บรรณานุกรม 87

ภาคผนวก 94

ก รายนามผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือวิจัย 95

ข - ตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้โดยแบบจำลองเป็นฐาน

- ตัวอย่างแผนการจัดการเรียนแบบปกติ 97

ค เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล 123

ง ตัวอย่าง ภาพผลงานนักเรียน 142

ประวัติผู้วิจัย 149

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 2.1 แสดงโครงสร้างรายวิชากลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี วิชา ว23101 วิทยาศาสตร์ 5 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนภัทรญาณวิทยา 15
ตารางที่ 2.2 สรุปบทบาทของผู้สอนและนักเรียนในแต่ละขั้นการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน 28
ตารางที่ 2.3 แสดงองค์ประกอบและตัวชี้วัดของความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ตามแนวคิดของ Schwarz et al. (2009) 33
ตารางที่ 2.4 แสดงองค์ประกอบและตัวชี้วัดของความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ตามแนวคิดของ Yael and Elizabeth (2011) 33
ตารางที่ 2.5 แสดงแนวคิด ทฤษฎีที่เกี่ยวกับความสามารถในการคิดวิเคราะห์ 40
ตารางที่ 3.1 วิเคราะห์รายละเอียดการสร้างแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน 49
ตารางที่ 3.2 กรอบเนื้อหาแผนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง แสง 51
ตารางที่ 3.3 กรอบแนวคิดการวัดความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ กรอบความหมายและตัวชี้วัดผลงาน 54
ตารางที่ 3.4 เกณฑ์การให้คะแนนแบบทดสอบวัดความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ องค์ประกอบที่ 1 การสร้างแบบจำลอง (ระดับคะแนน 5 คะแนน) 55
ตารางที่ 3.5 เกณฑ์การให้คะแนนแบบทดสอบวัดความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ องค์ประกอบที่ 1 การสร้างแบบจำลอง (ระดับคะแนน 4 คะแนน) 55
ตารางที่ 3.6 เกณฑ์การให้คะแนนแบบทดสอบวัดความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ ข้อที่ 1 การสร้างแบบจำลอง (ระดับคะแนน 3 คะแนน) 56
ตารางที่ 3.7 เกณฑ์การให้คะแนนแบบทดสอบวัดความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ ข้อที่ 2 การแก้ไขปรับปรุงแบบจำลอง (ระดับคะแนน 5 คะแนน) 56

สารบัญตาราง (ต่อ)

หน้า

ตารางที่ 3.8 เกณฑ์การให้คะแนนแบบทดสอบวัดความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ ข้อที่ 2 การแก้ไขปรับปรุงแบบจำลอง (ระดับคะแนน 4 คะแนน) ---- 57
ตารางที่ 3.9 เกณฑ์การให้คะแนนแบบทดสอบวัดความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ ข้อที่ 2 การแก้ไขปรับปรุงแบบจำลอง (ระดับคะแนน 3 คะแนน) ---- 58
ตารางที่ 3.10 เกณฑ์การให้คะแนนแบบทดสอบวัดความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ ข้อที่ 3 การเปรียบเทียบและประเมินแบบจำลอง ---- 58
ตารางที่ 3.11 จำนวนข้อสอบของแบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์ ---- 60
ตารางที่ 3.12 เกณฑ์ในการพิจารณาแปลความหมายค่าความยาก ---- 63
ตารางที่ 3.13 สูตรสถิติทดสอบ t กรณีวิเคราะห์ตามความแปรปรวนของกลุ่มประชากร ---- 67
ตารางที่ 4.1 แสดงผลการเปรียบเทียบความสามารถในการสร้างแบบจำลองก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานกับนักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบปกติ ---- 69
ตารางที่ 4.2 แสดงผลการเปรียบเทียบคะแนนความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ รายองค์ประกอบหลังเรียนของนักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน และนักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบปกติ ---- 70
ตารางที่ 4.3 แสดงผลการเปรียบเทียบคะแนนความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ระหว่างก่อนเรียนกับหลังเรียน ---- 71
ตารางที่ 4.4 แสดงผลการเปรียบเทียบคะแนนความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ รายองค์ประกอบของนักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ระหว่างก่อนเรียนกับหลังเรียน ---- 72

สารบัญตาราง (ต่อ)

หน้า

ตารางที่ 4.5 แสดงผลการเปรียบเทียบความสามารถในการคิดวิเคราะห์ก่อนเรียนและหลังเรียน ของนักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานกับนักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบปกติ 73

ตารางที่ 4.6 แสดงผลการเปรียบเทียบคะแนนความสามารถในการคิดวิเคราะห์รายองค์ประกอบหลังเรียน ของนักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน กับนักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบปกติ 74

ตารางที่ 4.7 แสดงผลการเปรียบเทียบความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียน 75

ตารางที่ 4.8 แสดงผลการเปรียบเทียบความสามารถในการคิดวิเคราะห์รายองค์ประกอบของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียน 76

มหาวิทยาลัย
สุโขทัยธรรมาธิราช

สารบัญรูปภาพ

หน้า

ภาพที่ 1.1 กรอบแนวคิดการวิจัย 6
ภาพที่ 2.1 แบบจำลองทางความคิดและแบบจำลองเชิงแนวคิด 20
ภาพที่ 2.2 แนวคิด ทฤษฎี และความเชื่อที่ส่งผลต่อการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน 21
ภาพที่ 2.3 ขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานของ Buckley 2012a, p. 2100 23
ภาพที่ 2.4 รูปแบบการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน 24
ภาพที่ 2.5 ส่วนประกอบของความสามารถในการสร้างแบบจำลอง ดัดแปลงมาจาก (Chiu and Lin) 35

มหาวิทยาลัย
สุโขทัยธรรมาธิราช

บทที่ 1
บทนำ

1. ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

การพัฒนาทรัพยากรมนุษย์ของประเทศ ตามเป้าหมายของยุทธศาสตร์ 20 ปี พ.ศ. 2561 - 2580 ที่กำหนดไว้ว่าให้เน้นการยกระดับพัฒนาคนในทุกมิติและในทุกช่วงวัย มีคุณภาพ และมีศักยภาพในการคิดวิเคราะห์ พร้อมสำหรับการเป็นพลเมืองศตวรรษที่ 21 โดยเฉพาะในช่วงวัยเรียน/ วัยรุ่น ที่เน้นพัฒนาทักษะด้านการคิดวิเคราะห์ มีความคิดสร้างสรรค์ มีความสามารถในการทำงานร่วมกับผู้อื่น มีความยืดหยุ่นทางความคิด และได้รับการพัฒนาเต็มตามศักยภาพสอดคล้องกับความสามารถ ความถนัด และความสนใจ อีกทั้งยังปฏิรูปกระบวนการเรียนรู้ที่ตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงในศตวรรษที่ 21 (สำนักงานเลขานุการของคณะกรรมการยุทธศาสตร์ชาติ, 2561) และเพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์ดังกล่าวสำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา ได้จัดทำแผนการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2560 – 2579 สำหรับวางกรอบเป้าหมายและทิศทางการจัดการศึกษาของประเทศ ให้สอดคล้องกับยุทธศาสตร์ชาติ 20 ปี กำหนดเป้าหมายให้ผู้เรียนมีคุณลักษณะและทักษะการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 (3Rs 8Cs) เช่น ทักษะด้านการคิดอย่างมีวิจารณญาณและทักษะในการแก้ปัญหา (Critical Thinking and Problem Solving) และทักษะด้านการสร้างสรรค์และนวัตกรรม (Creativity and Innovation) เพื่อรองรับการการเปลี่ยนแปลงของโลกในศตวรรษที่ 21 (สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา, 2560)

ทักษะการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 เป็นทักษะที่จำเป็นแห่งอนาคตที่ต้องส่งเสริมให้คนสังคมได้รับการส่งเสริมพัฒนา โดยจุดเน้นที่สำคัญในช่วงวัยเรียน (5 - 14 ปี) และช่วงวัยรุ่น (15 - 21 ปี) เช่น การคิดอย่างมีวิจารณญาณ (Critical Thinking) เป็นทักษะสำคัญที่เป็นพื้นฐานของการคิดอย่างเป็นระบบ โดยมีความสามารถในการคิดวิเคราะห์ และความสามารถในการคิดแยกแยะเป็นองค์ประกอบที่สำคัญแก้ปัญหาที่ท้าทาย วิเคราะห์การทำงานของสิ่งต่าง ๆ เชื่อมโยงข้อมูลต่าง ๆ ตีความของของข้อมูลรวมไปถึงการลงข้อสรุป ประยุกต์ใช้ความสำคัญ เข้าใจในหลักการ และความสัมพันธ์ไปสู่การนำทักษะการคิดวิเคราะห์นี้ ไปประยุกต์ใช้ (สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา, 2564) การคิดวิเคราะห์จึงมีความสำคัญกับบุคคลในสังคมไทยที่ต้องมีลักษณะของการคิดวิเคราะห์ แยกแยะ ความเหมาะสม ถูกต้อง และเป็นประโยชน์ สำหรับประกอบการตัดสินใจเลือกสิ่งต่าง ๆ หรือเพื่อให้เกิดความเข้าใจเหตุการณ์ในแง่มุมต่าง ๆ ได้ชัดเจนขึ้น ดังนั้นการพัฒนาตัวเองในเรื่องการคิดวิเคราะห์ให้มีทักษะเริ่มที่การเรียนการสอนในชั้นเรียนที่ส่งเสริมการคิดวิเคราะห์เน้นให้ผู้เรียนได้คิดด้วยตนเอง ผ่านข้อมูล เนื้อหา กระตุ้นให้ผู้เรียนได้คิด จำแนก

แยกแยะ เปรียบเทียบ และตีความในสิ่งที่ได้เรียนรู้ และนำมาปรับใช้ในชีวิตประจำวันได้ กระบวนการจัดการเรียนการสอนเพื่อส่งเสริมการคิดวิเคราะห์ก็จะสามารถฝึกให้ผู้เรียนได้คิดวิเคราะห์ เพื่อส่งเสริมทักษะในศตวรรษที่ 21 (ไพฑูรย์ สินลารัตน์ และคณะ, 2560)

จากข้อมูลข้างต้นทำให้กล่าวได้ว่าความสามารถในการคิดวิเคราะห์เป็นสมรรถนะที่สำคัญประการหนึ่งที่มุ่งพัฒนาผู้เรียนให้มีคุณภาพตามมาตรฐานการเรียนรู้ โดยการวัดและประเมินผลการเรียนรู้ได้กำหนดไว้ในหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พ.ศ. 2551 ให้มีการประเมินผลการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนกระทรวงศึกษาธิการจึงได้มีการกำหนดให้ใช้หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานเป็นกรอบแนวทางในการจัดการศึกษาให้กับผู้เรียนในระดับการศึกษาขั้นพื้นฐาน ซึ่งมีวิสัยทัศน์ หลักการ และพันธกิจที่สอดคล้องกับแผนพัฒนาการศึกษาชาติ มุ่งพัฒนาผู้เรียนให้มีคุณภาพตามมาตรฐานการเรียนรู้และเกิดสมรรถนะสำคัญ เช่น 1) ความสามารถในการคิด 2) ความสามารถในการแก้ปัญหา และกำหนดให้ประเมินความสามารถในการคิดเป็นเกณฑ์การจบการศึกษาในระดับชั้น ทั้ง 3 ระดับชั้น คือ 1. ระดับประถมศึกษา 2. ระดับมัธยมศึกษาตอนต้น และ 3. ระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย (กระทรวงศึกษาธิการ, 2560)

วิทยาศาสตร์มีความสำคัญกับมนุษย์ทุกคนในการส่งเสริมต่อการพัฒนาเศรษฐกิจของประเทศทุกคนจึงจำเป็นต้องได้รับการพัฒนาให้รู้วิทยาศาสตร์ เพื่อมีความรู้เข้าใจในธรรมชาติและเทคโนโลยีที่มนุษย์สร้างขึ้นรวมทั้งการนำความรู้ไปใช้อย่างสร้างสรรค์ และมีเหตุผล (สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน, 2560) การสื่อความหมายหรืออธิบายปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์ที่เป็นนามธรรม นักวิทยาศาสตร์จะใช้แบบจำลองเป็นตัวแทนของความคิดหรือปรากฏการณ์ที่เป็นนามธรรมมีลักษณะเฉพาะตัวในการสื่อความหมายหรืออธิบายปรากกฏการณ์ตามความเข้าใจและศึกษาค้นคว้ามา (Norman, 1983; Greca et al., 2000) ความสามารถการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์จึงเป็นการสร้างและใช้สิ่งที่ทำขึ้นมาเพื่อเลียนแบบหรืออธิบายปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์ที่ศึกษาหรือสนใจในรูปแบบต่าง ๆ เช่น กราฟ สมการ แผนภูมิ รูปภาพ ภาพเคลื่อนไหวรวมไปถึงความสามารถในการนำเสนอข้อมูล แนวคิด ความคิดที่ได้ศึกษาให้ผู้อื่นเข้าใจได้ถูกต้องเป็นที่ยอมรับ และยังช่วยส่งเสริมให้นักเรียนมีความเข้าใจในเนื้อหาที่เรียนรู้ส่งผลให้นักเรียนได้พัฒนาความสามารถในการคิดวิเคราะห์ (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2560)

ประเทศไทยได้เข้าร่วมองค์การเพื่อความร่วมมือทางเศรษฐกิจและการพัฒนา (The Organisation for Economic Co-operation and Development: OECD) และโปรแกรมประเมินสมรรถนะนักเรียนมาตรฐานสากล (Programme for International Student Assessment: PISA) ตั้งแต่ปี ค.ศ. 2000 ถึงปัจจุบัน นักเรียนที่มีอายุ 15 ปี เข้ารับการประเมินคุณภาพระบบการศึกษาในการเตรียมความพร้อมให้ประชาชนมีศักยภาพหรือความสามารถขั้นพื้นฐานที่จำเป็นต่อการดำชีวิตในโลกศตวรรษที่ 21 ต่อเนื่องทุก ๆ 3 ปี ซึ่งเป็นการประเมินที่เน้นสมรรถนะของผู้เรียนเกี่ยวกับการนำความรู้ และทักษะในชีวิตจริงมากกว่าการเรียนรู้ตามหลักสูตรของโรงเรียน โดยประเมินสมรรถนะของนักเรียน 3 ด้าน ได้แก่ ความฉลาดรู้

ด้านการอ่าน ความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ และความฉลาดรู้ด้านวิทยาศาสตร์ ผลการประเมิน PISA 2022 พบว่าค่าคะแนนเฉลี่ยของนักเรียนไทยต่ำสุดในรอบ 20 ปี ทุกด้าน ในด้านความฉลาดรู้วิทยาศาสตร์ของนักเรียนไทยมีคะแนนเฉลี่ย 409 คะแนน ซึ่งมีคะแนนต่ำกว่าค่าเฉลี่ย OECD และแนวโน้มการประเมินตั้งแต่ ค.ศ. 2000 ถึง ค.ศ. 2018 มีแนวโน้มลดลงไม่เปลี่ยนแปลง ดังนั้นจึงควรมีการเสริมสร้างทักษะที่จำเป็น เช่น ความสามารถในการสร้างแบบจำลองที่จะส่งเสริมให้นักเรียนเป็นผู้ที่มีความฉลาดรู้ด้านวิทยาศาสตร์ ให้กับนักเรียนเพื่อลดช่องว่างของความเหลื่อมล้ำในการจัดการเรียนรู้ (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2566)

จากการตรวจสอบการประเมินผลการจัดการศึกษาให้มีคุณภาพตามมาตรฐานการศึกษาที่กำหนดและมีคุณภาพเท่าเทียบกันโดยสถาบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ มีวัตถุประสงค์เพื่อเป็นแนวทางในการปรับปรุงคุณภาพการจัดการเรียนการสอน ได้จัดสอบวัดความรู้และความคิดรวบยอดของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ตามมาตรฐานการเรียนรู้ในหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2561) ครบคลุม 5 กลุ่มสาระ โดยมีสาระวิทยาศาสตร์ เป็นส่วนหนึ่ง พบว่าผลการประเมินการทดสอบทางการศึกษาระดับชาติขั้นพื้นฐาน (Ordinary National Educational Test: O - NET) จากค่าสถิติพื้นฐานระดับประเทศของผลการทดสอบ O - NET พ.ศ. 2561 - 2565 ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ในระดับสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา (สพม.) พบว่ากลุ่มสาระวิทยาศาสตร์ สาระวิทยาศาสตร์กายภาพ มีค่าเฉลี่ยต่ำกว่าคะแนนเต็ม ร้อยละ 32.13 (สถาบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ, 2565) สะท้อนให้เห็นถึงความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนและรูปแบบการจัดการเรียนรู้ของครูในปัจจุบันที่ควรพัฒนา

จากปัญหาที่กล่าวมาข้างต้นผลการประเมินของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ทั้งในระดับนานาชาติ และระดับประเทศรายวิชาวิทยาศาสตร์ ชี้ให้เห็นถึงความสามารถในการคิดวิเคราะห์และความสามารถในการสร้างแบบจำลองของนักเรียนที่ยังขาดการส่งเสริมและพัฒนาให้มีประสิทธิผลตามความมุ่งหวังด้านนโยบายต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง การวิจัยทางวิทยาศาสตร์ศึกษาในด้านการจัดการเรียนรู้ของครูพบว่าวิธีสอนที่นิยมศึกษาวิจัย และนำมาใช้ในการจัดการเรียนการจัดการเรียนรู้ อาทิเช่น การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ การใช้ชุดการจัดการเรียนรู้ เป็นรูปแบบที่นิยมนำมาใช้ในห้องเรียน แต่ยังไม่เป็นการเรียนรู้ที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนสามารถสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองอย่างแท้จริง ซึ่งครูควรเน้นวิธีการสอนที่ให้ผู้เรียนเกิดองค์ความรู้ใหม่มากขึ้น สามารถอธิบายปรากฏการณ์ในระดับจุลภาคได้ โดยการใช้แบบจำลองในการอธิบายร่วมกับการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ หรือการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานเป็นการจัดการเรียนรู้ตามทฤษฎีกลุ่มพฤติกรรมนิยมที่เน้นให้ผู้เรียนได้พัฒนาการคิด (ชาตรี ฝ่ายคำตา, 2559)

การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน คือ การจัดการเรียนรู้ที่ฝึกให้นักเรียนคิดเชิงวิทยาศาสตร์ เพื่อทำให้นักเรียนเข้าใจแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ โดยเน้นให้นักเรียนได้ปฏิบัติด้วยการสร้างแบบจำลองจากกระบวนการสืบเสาะเพื่ออธิบายปรากฏการณ์ เหตุการณ์ หรือการทดลองที่เกิดขึ้น เชื่อมโยงทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์ที่เป็นนามธรรมกับสิ่งที่ได้จากการเรียนรู้ โดยแบบจำลองที่สร้างขึ้นอยู่ในรูปแบบที่หลายหลาย เช่น ภาพวาด แผนภูมิ แผนภาพ คำอธิบาย หรือสัญลักษณ์ต่าง ๆ แล้วรวบรวมข้อมูลมานำเสนอเพื่อประเมินแบบจำลองแล้วดัดแปลงแก้ไข ปรับปรุงจนกระทั้งแบบจำลองนั้นสามารถใช้อธิบายข้อมูลได้อย่างถูกต้อง สำหรับรูปแบบการจัดการเรียนการสอนโดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน แบ่งออกเป็น 4 ขั้นตอน คือ 1. การสร้างแบบจำลอง 2. การประเมินแบบจำลอง 3. การดัดแปลงแก้ไขแบบจำลอง และ 4. การขยายแบบจำลอง (ชาตรี ฝ่ายคำตา, ภรทิพย์ สุภัทรชัยวงศ์, 2557) ซึ่งกระบวนการสอนมีรูปแบบที่ให้นักเรียนได้ศึกษาปรากฏการณ์แล้วสร้างแบบจำลองเพื่ออธิบายปรากฏการณ์ สถานการณ์ เหตุการณ์เหล่านั้นทั้งที่มองเห็นด้วยตาเปล่า และมองไม่เห็นด้วยตาเปล่า มีการให้นักเรียนได้ฝึกทักษะการคิด ปฏิบัติ กระตุ้นให้นักเรียนได้คิดสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์มาอธิบายสิ่งต่างๆ โดยมีแนวคิดมาจากทฤษฎีการสร้างความรู้ด้วยตนเอง (Constructivism) ที่เน้นให้นักเรียนได้พัฒนาโครงสร้างทางปัญญาโดยการสร้างความรู้ขึ้นมาแล้วถ่ายทอดความรู้มาอยู่ในรูปแบบของแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ (สุทธิดา จำรัส, 2555) การใช้แบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ในการเรียนการสอนนั้น นอกจากจะช่วยให้การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์มีประสิทธิภาพแล้ว ยังสามารถพัฒนาการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนช่วยให้ผู้เรียนสร้างความเข้าใจในปรากฏการณ์ แนวคิด ได้ดีขึ้นโดยมีขั้นตอนในการเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้คิด แลกเปลี่ยนความรู้ โต้แย้งและวิจารณ์ผลงานของตนเองซึ่งเป็นการสะท้อนความเข้าใจของผู้เรียนเองด้วย (Louca and Zacharia, 2012)

จากการศึกษาหลักสูตรโรงเรียนภัทรญาณวิทยา พุทธศักราช 2566 กลุ่มสาะการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี พบว่าสาระและมาตรฐานการเรียนรู้ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 มีเนื้อหาสาระส่วนใหญ่อยู่ในรูปนามธรรม เช่น เรื่อง แสง เป็นสาระหนึ่งในรายวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 มีจุดมุ่งหมายให้นักเรียนเข้าใจเกี่ยวกับการสะท้อนของแสง การหักเหของแสงเมื่อเดินทางผ่านตัวกลางโปร่งใสต่างชนิดกัน การกระจายของแสงขาวเมื่อเดินทางผ่านปริซึม การเคลื่อนที่ของแสงแสดงการเกิดภาพของทัศนอุปกรณ์และเขียนแผนภาพ การมองเห็นของมนุษย์ ความบกพร่องทางสายตา ผลของความสว่างต่อดวงตา ระบุความสว่างที่เหมาะสมในการทำกิจกรรมต่าง ๆ การอธิบายปรากฏการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการหักเหและการสะท้อนของแสง การเขียนแผนภาพการเคลื่อนที่ของแสงเพื่อแสดงการเกิดภาพจากกระจกเงา แผนภาพการเคลื่อนที่ของแสงเพื่อแสดงการเกิดภาพจากการหักเหของแสงผ่านเลนส์ แผนภาพการเคลื่อนที่ของแสงสู่เลนส์ตาทั้งภาวะสายตาปกติและที่มีความบกพร่อง เขียนแผนภาพการเคลื่อนที่ของแสงเพื่อแสดงการเกิดภาพจากทัศนูปกรณ์ (โรงเรียนภัทรญาณวิทยา, 2566) โดยใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ทักษะในศตวรรษที่ 21 ในการสืบเสาะหาความรู้ (สถาบันส่งเสริม

การสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2560) จากที่กล่าวมาพบว่าเนื้อหาสาระมีทั้งการเรียนรู้เข้าใจจากที่สิ่งที่มองเห็นหรือสัมผัสได้ (รูปธรรม) และสิ่งที่ไม่สามารถมองเห็นหรือสัมผัสได้ (นามธรรม) ประกอบการที่นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 มีผลการทดสอบ PISA, O - NET, ความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ และความสามารถในการคิดวิเคราะห์อยู่ในระดับต่ำ ไม่น่าพึงพอใจ จากสภาพปัญหาดังกล่าวการที่จะส่งเสริมให้นักเรียนมีผลการทดสอบในระดับชาติที่ดีขึ้น จึงจำเป็นที่จะต้องพัฒนาความรู้และทักษะที่จำเป็น คือความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์และความสามารถในการคิดวิเคราะห์ โดยใช้ตัวแทนในการสื่อความหมาย เช่น แบบจำลองทางวิทยาศาสตร์

เพื่อที่จะส่งเสริมความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ และความสามารถในการคิดวิเคราะห์ ผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะนำรูปแบบการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน มาใช้ในการจัดการเรียนการสอน เรื่อง แสง สำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนภัทรญาณวิทยา ที่มีเนื้อหาสาระส่วนมากในรูปแบบนามธรรม โดยนักเรียนจะได้นำความรู้ แนวคิด และทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์ผ่านกิจกรรมการเรียนรู้ไปสู่การสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ ได้มีโอกาสเรียนรู้ อภิปราย มีปฏิสัมพันธ์กับเพื่อนในชั้นเรียน ส่งเสริมให้นักเรียนมีความสนใจในเนื้อหาสาระ และสามารถเข้าใจเนื้อหาสาระได้ดียิ่งขึ้นจากแนวคิด ความสำคัญดังกล่าว ผู้วิจัยจึงมีความสนใจศึกษาการใช้การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง แสง ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์และความสามารถในการคิดวิเคราะห์

2. วัตถุประสงค์การวิจัย

2.1 เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน กับนักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบปกติ

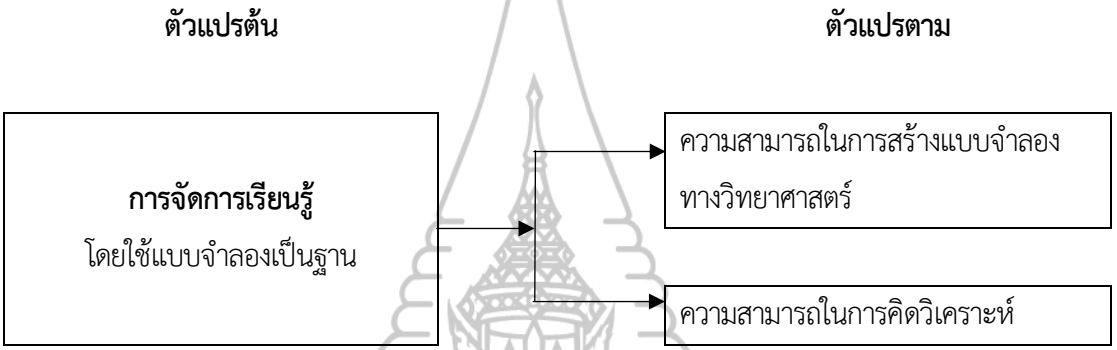
2.2 เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียน

2.3 เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการคิดวิเคราะห์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน กับนักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบปกติ

2.4 เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียน

3. กรอบแนวคิดการวิจัย

จากแนวคิดการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานซึ่งเป็นการจัดการเรียนรู้ที่ทำให้ผู้เรียนสามารถเข้าใจในความรู้ที่เป็นรูปแบบนามธรรมให้อยู่ในรูปแบบของรูปธรรมที่ง่ายต่อการเข้าใจมากยิ่งขึ้น สามารถพัฒนาความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ และความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของผู้เรียนได้ สรุปเป็นกรอบแนวคิดการวิจัยได้ดังภาพที่ 1.1



ภาพที่ 1.1 กรอบแนวคิดการวิจัย

4. สมมติฐานการวิจัย

4.1 นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานมีความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ สูงกว่านักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบปกติ

4.2 นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานมีความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน

4.3 นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานมีความสามารถในการคิดวิเคราะห์ สูงกว่านักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบปกติ

4.4 นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานมีความสามารถในการคิดวิเคราะห์ หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน

5. ขอบเขตการวิจัย

5.1 ประชากร

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนภัทรญาณวิทยา ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2566 จำนวน 261 คน จัดเป็น 9 ห้องเรียน แบบคละความสามารถ

5.2 กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ได้แก่นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 จำนวน 64 คน จัดเป็น 2 ห้องเรียน ได้มาโดยการสุ่มแบบกลุ่มแล้วจับฉลากให้เป็นห้องทดลองและห้องควบคุม

5.3 ขอบเขตเนื้อหาที่ใช้ในการวิจัย

เนื้อหาที่ใช้ทำการวิจัย คือ เนื้อหากลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 เรื่อง แสง

5.4 ตัวแปรที่ศึกษา

5.4.1 ตัวแปรต้น ได้แก่ การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน และการจัดการเรียนรู้แบบปกติ

5.4.2 ตัวแปรตาม ได้แก่ ความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์และความสามารถในการคิดวิเคราะห์

5.5 ระยะเวลาที่ใช้ในการวิจัย

ดำเนินการวิจัยในช่วงเวลา ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2566 ใช้เวลา 6 สัปดาห์ สัปดาห์ละ 3 ชั่วโมง รวม 18 ชั่วโมง

6. นิยามศัพท์เฉพาะ

6.1 การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน หมายถึง วิธีการจัดการเรียนรู้ที่มุ่งเน้นให้นักเรียนใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เพื่อค้นคว้าหาความรู้ ทำความเข้าใจและอธิบายปรากฏการณ์ต่างๆ จากการตรวจสอบข้อมูลจากประจักษ์พยานหลักฐาน พัฒนาการคิดอย่างเป็นระบบ มีเหตุผลเชื่อโยงความในรูปแบบ ความสัมพันธ์ ส่วนประกอบและหลักการ นำไปสู่การนำเสนอ ประเมิน ปรับปรุง และขยายความคิดผ่านการสร้างและปรับปรุงแบบจำลองของปรากฏการณ์นั้นๆ ประกอบด้วยขั้นตอนย่อย 4 ขั้นตอน ตามแนวคิดของ ชาตรี ฝ่ายคำตา และภรทิพย์ สุภัทรชัยวงศ์ (2557)

ขั้นที่ 1 ขั้นสร้างแบบจำลอง โดยนักเรียนแสดงแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์อธิบายปรากฏการณ์ หรือสถานการณ์ที่สนใจจากความรู้เดิม

ขั้นที่ 2 ขั้นประเมินแบบจำลอง โดยนักเรียนประเมินแบบจำลองของตนเองในขั้นที่ 1 กับหลักฐานเชิงประจักษ์ที่ได้จากการศึกษาค้นคว้า

ขั้นที่ 3 ขั้นปรับปรุงแบบจำลอง โดยนักเรียนดัดแปลงแก้ไขแบบจำลองจนสามารถใช้อธิบายปรากฏการณ์ หรือสถานการณ์ที่สนใจได้อย่างถูกต้อง

ขั้นที่ 4 ขั้นขยายแบบจำลอง โดยนักเรียนใช้แบบจำลองที่ผ่านการดัดแปลงแก้ไขมาอธิบาย และทำนายปรากฏการณ์ หรือสถานการณ์อื่น ๆ

6.2 การจัดการเรียนรู้แบบปกติ หมายถึง รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้นตอน แบ่งได้ดังนี้

ขั้นที่ 1 ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement) นักเรียนเกิดความสนใจกับสถานการณ์ต่าง ๆ จากกิจกรรมที่กระตุ้น ยั่วยุ

ขั้นที่ 2 ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration) นักเรียนศึกษาค้นคว้า ทดลองเพื่อรวบรวมข้อมูล

ขั้นที่ 3 ขั้นอธิบาย (Explanation) นักเรียนนำข้อมูลที่ได้ศึกษาจากขั้นที่ 2 มาแปลผลและลงข้อสรุป

ขั้นที่ 4 ขั้นขยายความรู้ (Elaboration) นักเรียนใช้ความรู้ที่ได้จากการศึกษาค้นคว้าข้างต้นมาอธิบายสถานการณ์ใหม่ที่กำหนดให้

ขั้นที่ 5 ขั้นประเมินผล (Evaluation) นักเรียนแลกเปลี่ยนความรู้ที่ได้จากการเรียนรู้และเปรียบเทียบความรู้ใหม่กับความรู้เดิม เพื่อตรวจสอบความรู้ที่ได้รับ

6.3 ความสามารถในการสร้างแบบจำลอง หมายถึง สรุปได้ว่า ความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์เป็นการสร้างตัวแทนในการสื่อความหมายของสิ่งที่สนใจในรูปแบบต่าง ๆ ที่อยู่ในรูปแบบของนามธรรม โดยผ่านกระบวนการสร้าง ตรวจสอบ แก้ไข เปรียบเทียบ เพื่อนำเสนอตัวแทนความคิดจากภายในของตนเองให้ผู้อื่นเกิดความเข้าใจถึงแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์ ผลที่ได้จากการศึกษาเรียนรู้ รวมไปถึงการนำแบบจำลองที่ตนเองสร้างขึ้นไปอธิบาย ทำนาย ปรากฏการณ์อื่น ๆ ประกอบด้วย 3 องค์ประกอบ ได้แก่ 1) การสร้างแบบจำลอง คือ นักเรียนเขียนแบบจำลองจากข้อมูลซึ่งมีส่วนประกอบหลายอย่างที่กำหนดให้ 2) การปรับแบบจำลอง คือ นักเรียนนำสัญลักษณ์/ ขอบเขต/ ข้อมูล เพิ่มเติมเป็นตัวช่วยในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ และ 3) การเปรียบเทียบแบบจำลอง คือ นักเรียนเปรียบเทียบ และแก้ไขแบบจำลองได้ตามข้อมูลเพิ่มเติม วัดได้จากการทำแบบวัดความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ แบบเขียนตอบ

6.4 ความสามารถในการคิดวิเคราะห์ หมายถึง การคิดแยกแยะข้อมูลทั้งที่เป็นข้อเท็จจริงและความคิดเห็นออกเป็นส่วนย่อย ๆ และมีการเชื่อมโยงความสัมพันธ์เชิงเหตุผลของข้อมูลเหล่านั้น ทำให้เข้าใจเหตุการณ์ในแง่มุมต่างๆ ได้ชัดเจนมากขึ้น แบ่งได้ 3 ประเภท คือ

6.4.1 การคิดวิเคราะห์ความสำคัญ หมายถึง การแยกแยะส่วนประกอบ ความสำคัญของสิ่งที่กำหนด/ สถานการณ์ การระบุจุดเด่น จุดด้อย และสิ่งที่แอบแฝงอยู่จากข้อมูลนั้น ๆ

6.4.2 การคิดวิเคราะห์ความสัมพันธ์ หมายถึง การหาความสัมพันธ์ย่อย ๆ ของสิ่งที่กำหนด/ สถานการณ์ ว่าเกี่ยวข้องกันอย่างไร สอดคล้องหรือขัดแย้งกันอย่างไร

6.4.3 การคิดวิเคราะห์หลักการ หมายถึง การคิดหาความสำคัญและวิเคราะห์ความสัมพันธ์ พิจารณาแยกแยะค้นหาความจริง ศึกษา สิ่งของเรื่องราว และการกระทำต่าง ๆ แล้วนำมาสรุปเป็นหลักการ โดยการให้เหตุผลแบบอุปนัย

7. ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

7.1 นักเรียนได้เรียนรู้และเข้าใจกระบวนการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์

7.2 นักเรียนได้รับการพัฒนาความสามารถในการสร้างแบบจำลองควบคู่ไปกับความสามารถในการคิดวิเคราะห์

7.3 ครูผู้สอนได้แนวทางการจัดการเรียนรู้ที่สามารถพัฒนาความสามารถในการสร้างแบบจำลอง และความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของนักเรียน ในเนื้อหาที่ต้องใช้จินตนาการในการศึกษาสิ่งที่เป็นนามธรรมให้อยู่ในรูปแบบของแบบที่ลองที่เป็นรูปธรรมได้

7.4 สามารถนำรูปแบบการจัดการเรียนรูโดยใช้แบบจำลองเปนฐานไปประยุกต์ใช้ เพื่อพัฒนาความสามารถในการคิดวิเคราะห์

มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช

บทที่ 2
วรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

การวิจัยเรื่อง ผลการใช้การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง แสง ที่มีต่อความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ และความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนภัทรญาณวิทยา จังหวัดนครปฐม ผู้วิจัยได้ศึกษาวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง ดังนี้

1. หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560)

1.1 สาระสำคัญของหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560)

1.2 หลักสูตรสถานศึกษากลุ่มสาระวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ระดับมัธยมศึกษาตอนต้น โรงเรียนภัทรญาณวิทยา จังหวัดนครปฐม

2. การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

2.1 ความหมาย และขอบเขตของแบบจำลอง

2.2 ความหมาย และความเป็นมาของการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

2.3 แนวคิด ทฤษฎีการเรียนรู้ที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

2.4 ขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

2.5 บทบาทของผู้สอนและนักเรียนในการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

2.6 ประโยชน์ของการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

3. ความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์

3.1 ความหมาย ขอบเขต และความสำคัญของความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์

3.1.1 ความหมายของความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์

3.1.2 ขอบเขตของความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์

3.1.3 ความสำคัญของความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์

3.2 องค์ประกอบ และตัวชี้วัดความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์

3.3 การสร้างและหาคุณภาพเครื่องมือวัดความสามารถการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์

4. ความสามารถในการคิดวิเคราะห์

4.1 ความหมาย และขอบเขตของการคิดวิเคราะห์

4.2 แนวคิด ทฤษฎีเกี่ยวกับการคิดวิเคราะห์

4.3 ลักษณะของคนที่มีความสามารถในการคิดวิเคราะห์

4.4 การสร้างและหาคุณภาพเครื่องมือวัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์

4.4.1 การสร้างเครื่องมือวัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์

4.4.2 การหาคุณภาพเครื่องมือวัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์

5. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

5.1 งานวิจัยภายในประเทศ

5.2 งานวิจัยต่างประเทศ

1. หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560)

1.1 สาระสำคัญของหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560)

กระทรวงศึกษาธิการได้กำหนดนโยบายสำคัญเร่งด่วน ในการขับเคลื่อนยุทธศาสตร์ชาติ เตรียมความพร้อมคนให้สามารถปรับตัวรองรับผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลง คำนึงถึงการส่งเสริมผู้เรียนมีทักษะที่จำเป็นสำหรับการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 เน้นให้ผู้เรียนเกิดการคิดวิเคราะห์ คิดแก้ปัญหาเป็นสำคัญ เพื่อวางแผนไปสู่การปฏิบัติให้เกิดผลสัมฤทธิ์ตามยุทธศาสตร์ชาติ การพัฒนาและเสริมสร้างศักยภาพคนในทุกช่วงวัย มีคุณภาพ ได้รับการพัฒนาทักษะในศตวรรษที่ 21 ของแต่ละวัยตามความเหมาะสมเตรียมพร้อมกำลังคนด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่จะเปลี่ยนแปลงในอนาคต ตลอดจนการยกระดับคุณภาพการศึกษาสู่ความเป็นเลิศ โดยกำหนดให้ผู้เรียนทุกคนในระดับการศึกษาขั้นพื้นฐานจำเป็นต้องเรียนรู้ประกอบด้วย 8 กลุ่มสาระการเรียนรู้ (กระทรวงศึกษาธิการ, 2560, น. 1 - 2) โดยมีรายละเอียดดังนี้

1. คณิตศาสตร์
2. วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
3. สังคมศึกษา ศาสนา และวัฒนธรรม
4. ภาษาไทย
5. การงานอาชีพ
6. ศิลปะ
7. ภาษาต่างประเทศ
8. สุขศึกษาและพลศึกษา

หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ฉบับปรับปรุง 2560 กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี กำหนดเป้าหมายของการเรียนรู้วิทยาศาสตร์มุ่งเน้นให้ผู้เรียนค้นพบความรู้ด้วยตนเอง จากการสังเกต สำรวจตรวจสอบ ทดลอง เพื่อให้ได้กระบวนการและองค์ความรู้ (สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน, 2560) โดยจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ตามเป้าหมายสำคัญ ดังนี้

1. เพื่อให้ผู้เรียนเข้าใจหลักการ ทฤษฎี และกฎที่เป็นพื้นฐานในวิชาวิทยาศาสตร์
2. เพื่อให้ผู้เรียนเข้าใจขอบเขตของธรรมชาติวิทยาศาสตร์ และข้อจำกัดในการศึกษาวิชาวิทยาศาสตร์
3. เพื่อให้ผู้เรียนมีทักษะที่สำคัญในการศึกษาค้นคว้าและคิดค้นทางเทคโนโลยี
4. เพื่อให้ผู้เรียนตระหนักถึงความสัมพันธ์ระหว่างวิชาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี มวลมนุษย์และสภาพแวดล้อมในเชิงที่มีอิทธิพลและผลกระทบซึ่งกันและกัน
5. เพื่อนำความรู้ ความเข้าใจ ในวิชาวิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยีไปใช้ให้เกิดประโยชน์ต่อสังคมและการดำรงชีวิต
6. เพื่อพัฒนากระบวนการคิดและจินตนาการ ความสามารถในการแก้ปัญหา และการจัดการ ทักษะในการสื่อสาร และความสามารถในการตัดสินใจ
7. เพื่อให้เป็นผู้ที่มีจิตวิทยาศาสตร์ มีคุณธรรม จริยธรรม และค่านิยมในการใช้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอย่างสร้างสรรค์

1.2 หลักสูตรสถานศึกษากลุ่มสาระวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ระดับมัธยมศึกษาตอนต้น โรงเรียนภัทรญาณวิทยา จังหวัดนครปฐม

โรงเรียนภัทรญาณวิทยาได้กำหนดหลักสูตรโรงเรียนภัทรญาณวิทยา พุทธศักราช 2566 ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง 2560) มุ่งหวังให้ผู้เรียนได้เรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่เน้นการเชื่อมโยงความรู้กับกระบวนการ มีทักษะสำคัญในการค้นคว้าและสร้างองค์ความรู้โดยใช้กระบวนการในการสืบเสาะหาความรู้และแก้ปัญหาที่หลากหลาย ให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการเรียนรู้ทุกขั้นตอน มีการทำกิจกรรมด้วยการลงมือปฏิบัติจริงอย่างหลากหลายเหมาะสมกับระดับชั้นในระดับการศึกษาขั้นพื้นฐานชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น โดยกำหนดสาระการเรียนรู้ มาตรฐานการเรียนรู้ และตัวชี้วัด (โรงเรียนภัทรญาณวิทยา, 2566) มีรายละเอียดดังนี้

1.2.1 สาระการเรียนรู้ มาตรฐานการเรียนรู้ กลุ่มสาระเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มัธยมศึกษาปีที่ 3

1) สาระที่ 1 วิทยาศาสตร์ชีวภาพ

มาตรฐาน ว 1.1 เข้าใจความหลากหลายของระบบนิเวศ ความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งไม่มีชีวิตกับสิ่งมีชีวิต และความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งมีชีวิตกับสิ่งมีชีวิตต่าง ๆ ในระบบนิเวศ การถ่ายทอด

พลังงาน การเปลี่ยนแปลงแทนที่ในระบบนิเวศ ความหมายของประชากรปัญหาและผลกระทบที่มีต่อทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม แนวทางในการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติและการแก้ไขปัญหาสิ่งแวดล้อมรวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

มาตรฐาน ว 1.2 เข้าใจสมบัติของสิ่งมีชีวิต หน่วยพื้นฐานของสิ่งมีชีวิต การลำเลียงสารผ่านเซลล์ความสัมพันธ์ของโครงสร้าง และหน้าที่ของระบบต่าง ๆ ของสัตว์และมนุษย์ที่ทำงานสัมพันธ์กัน ความสัมพันธ์ของโครงสร้างและหน้าที่ของอวัยวะต่าง ๆ ของพืชที่ทำงานสัมพันธ์กัน รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

มาตรฐาน ว 1.3 เข้าใจกระบวนการและความสำคัญของการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม สารพันธุกรรม การเปลี่ยนแปลงทางพันธุกรรมที่มีผลต่อสิ่งมีชีวิต ความหลากหลายทางชีวภาพและวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิตรวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

2) สาระที่ 2 วิทยาศาสตร์กายภาพ

มาตรฐาน ว 2.1 เข้าใจสมบัติของสสาร องค์ประกอบของสสาร ความสัมพันธ์ระหว่างสมบัติของสสารกับโครงสร้างและแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาคหลักและธรรมชาติของการเปลี่ยนแปลงสถานะของสสาร การเกิดสารละลาย และการเกิดปฏิกิริยาเคมี

มาตรฐาน ว 2.2 เข้าใจธรรมชาติของแรงในชีวิตประจำวัน ผลของแรงที่กระทำต่อวัตถุ ลักษณะการเคลื่อนที่แบบต่าง ๆ ของวัตถุ รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

มาตรฐาน ว 2.3 เข้าใจความหมายของพลังงาน การเปลี่ยนแปลงและการถ่ายโอนพลังงานปฏิสัมพันธ์ระหว่างสสารและพลังงาน พลังงานในชีวิตประจำวัน ธรรมชาติของคลื่นปรากฏการณ์ที่เกี่ยวข้องกับเสียง แสง และคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

3) สาระที่ 3 วิทยาศาสตร์โลก และอวกาศ

มาตรฐาน ว 3.1 เข้าใจองค์ประกอบ ลักษณะ กระบวนการเกิด และวิวัฒนาการของเอกภพ กาแล็กซี ดาวฤกษ์ และระบบสุริยะ รวมทั้งปฏิสัมพันธ์ภายในระบบสุริยะที่ส่งผลต่อสิ่งมีชีวิตและการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีอวกาศ

มาตรฐาน ว 3.2 เข้าใจองค์ประกอบ และความสัมพันธ์ของระบบโลก กระบวนการเปลี่ยนแปลงภายในโลกและบนผิวโลก ธรณีพิบัติภัย กระบวนการเปลี่ยนแปลงลมฟ้าอากาศและภูมิอากาศโลกรวมทั้งผลต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม

4) สาระที่ 4 เทคโนโลยี

มาตรฐาน ว 4.1 เข้าใจแนวคิดหลักของเทคโนโลยีเพื่อการดำรงชีวิตในสังคมที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว ใช้ความรู้และทักษะทางด้านวิทยาศาสตร์ วิทยาศาสตร์และศาสตร์อื่น ๆ เพื่อแก้ปัญหาหรือพัฒนางานอย่างมีความคิดสร้างสรรค์ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เลือกใช้เทคโนโลยีอย่างเหมาะสมโดยคำนึงถึงผลกระทบ ต่อชีวิต สังคม และสิ่งแวดล้อม

มาตรฐาน ว 4.2 เข้าใจและใช้แนวคิดเชิงคำนวณในการแก้ปัญหาที่พบในชีวิตจริงอย่างเป็นขั้นตอนและเป็นระบบ ใช้เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารในการเรียนรู้ การทำงานและการแก้ปัญหาได้อย่างมีประสิทธิภาพ รู้เท่าทันและมีจริยธรรม

1.2.2 คำอธิบายรายวิชา และโครงสร้างรายวิชา กลุ่มสาระเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มัธยมศึกษาปีที่ 3

คำอธิบายรายวิชา

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี **วิชา ว23101 วิทยาศาสตร์ 5**
รายวิชาพื้นฐาน **จำนวน 1.5 หน่วยกิต**
ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 **จำนวน 60 ชั่วโมง/ ภาคเรียน**

ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่าง ยีน ดีเอ็นเอ โครโมโซม การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมจากการผสมโดยพิจารณาลักษณะเดียวที่แอลลีลเด่น ข่มแอลลีลด้อยอย่างสมบูรณ์ การเกิดจีโนไทป์และฟีโนไทป์ของลูก คำนวณอัตราส่วนการเกิดจีโนไทป์และฟีโนไทป์ของรุ่นลูก อธิบายความแตกต่างของการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิสและไมโอซิส การเปลี่ยนแปลงของยีนหรือโครโมโซม ตระหนักถึงประโยชน์ของความรู้เรื่องโรคทางพันธุกรรม สิ่งมีชีวิตดัดแปรพันธุกรรม ผลกระทบมีต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อม สร้างแบบจำลองที่อธิบายการเกิดคลื่นและบรรยายส่วนประกอบของคลื่น คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า สเปกตรัมคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ประโยชน์และอันตรายจากคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า อธิบายกฎการสะท้อนของแสง การเคลื่อนที่ของแสง แสดงการเกิดภาพจากกระจกเงา การหักเหของแสง การกระจายแสงของแสงขาว การเคลื่อนที่ของแสง แสดงการเกิดภาพจากเลนส์ ปรากฏการณ์ที่เกี่ยวกับแสง การทำงานของทัศนอุปกรณ์ การเกิดภาพของทัศนอุปกรณ์และเลนส์ตา ใช้อุปกรณ์วัดความสว่างของแสง ความสว่างของแสงที่มีต่อดวงตา การโคจรของดาวเคราะห์รอบดวงอาทิตย์ด้วยแรงโน้มถ่วง การเกิดฤดูการเคลื่อนที่ปรากฏของดวงอาทิตย์ การเกิดข้างขึ้นข้างแรม การเปลี่ยนแปลงเวลาการขึ้นและตกของดวงจันทร์และการเกิดน้ำขึ้นน้ำลง การใช้ประโยชน์ของเทคโนโลยีอวกาศ ความก้าวหน้าของโครงการสำรวจอวกาศ

โดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ การสืบเสาะหาความรู้ การสำรวจตรวจสอบ การสืบค้นข้อมูลและการอภิปราย เพื่อให้เกิดความรู้ ความคิด ความเข้าใจ สามารถสื่อสารสิ่งที่เรียนรู้ มีความสามารถในการตัดสินใจ นำความรู้ไปใช้ประโยชน์ในชีวิตประจำวัน มีจิตวิทยาศาสตร์ จริยธรรม คุณธรรม และค่านิยมที่เหมาะสม

ตารางที่ 2.1 แสดงโครงสร้างรายวิชากลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี วิชา ว23101 วิทยาศาสตร์ 5 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนภัทรญาณวิทยา

โครงสร้างรายวิชา

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี **วิชา ว23101 วิทยาศาสตร์ 5**
รายวิชาพื้นฐาน **จำนวน 1.5 หน่วยกิต**
ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 **จำนวน 60 ชั่วโมง/ ภาคเรียน**

ลำดับที่	ชื่อหน่วยการเรียน	มาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัด	เวลา (ชั่วโมง)
1	พันธุศาสตร์	ว 1.3 ม.3/1, ม.3/2, ม.3/3, ม.3/4, ม.3/5, ม.3/6, ม.3/7, ม.3/8	20
2	คลื่นและแสง	ว 2.3 ม.3/10, ม.3/11, ม.3/12, ม.3/13, ม.3/14, ม.3/15, ม.3/16, ม.3/17, ม.3/18, ม.3/19, ม.3/20, ม.3/21	18
3	ระบบสุริยะของเรา	ว 3.1 ม.3/1, ม.3/2, ม.3/3, ม.3/4	20
	สอบวัดผล		2
	รวมตลอดภาคเรียน		**60**

สำหรับขอบเขตเนื้อหาที่จะใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้เลือกเนื้อหาในหน่วยการเรียนรู้เรื่อง คลื่นและแสง ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ซึ่งเป็นเนื้อหาสาระที่จัดอยู่ในสาระที่ 2 วิทยาศาสตร์กายภาพ มาตรฐาน ว 2.3 จากการศึกษาคำอธิบายรายวิชา และโครงสร้างรายวิชา พบว่ามีเนื้อหาและระยะเวลาที่เหมาะสม โดยมีเนื้อหาย่อยเกี่ยวกับ กฎการสะท้อนของแสง การเคลื่อนที่ของแสง แสดงการเกิดภาพจากกระจกเงา การหักเหของแสง การกระจายแสงของแสงขาว การเคลื่อนที่ของแสง แสดงการเกิดภาพจากเลนส์ ปรากฏการณ์ที่เกี่ยวกับแสง การทำงานของทัศนอุปกรณ์ การเกิดภาพของทัศนอุปกรณ์และเลนส์ตา ใช้อุปกรณ์วัดความสว่างของแสง และความสว่างของแสงที่มีต่อดวงตา

2. การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

2.1 ความหมาย และขอบเขตของแบบจำลอง

ความหมาย และขอบเขตของแบบจำลอง มีนักการศึกษาได้ให้ความหมายและขอบเขตไว้ดังนี้

American Association for the Advancement of Science (AAAS) (1990) ได้ให้ความหมายของแบบจำลองไว้ว่า เป็นตัวแทนของสิ่งที่สนใจในการสื่อความหมายให้เข้าใจเกี่ยวกับสิ่งนั้นมากยิ่งขึ้น แบบจำลองมีหลายรูปแบบ ได้แก่ แผนผัง แผนภาพ รูปวาด สมการ โปรแกรมคอมพิวเตอร์ หรือภาพจินตนาการ โดยแบบจำลองอาจมีความคลาดเคลื่อนและนำไปสู่การปรับปรุงแก้ไขให้สมบูรณ์ขึ้น แบบจำลองอาจมีขนาดเดียวกัน หรือเล็กกว่า หรือใหญ่กว่าสิ่งที่สนใจได้

Nersessian (1990) ได้กล่าวถึงแบบจำลองไว้ว่า คือ การแสดงองค์ความรู้หรือความเข้าใจเกี่ยวกับสิ่งที่เราต้องการศึกษา ทำความเข้าใจ โดยใช้ตัวแทนเป็นเครื่องมือในการสื่อความหมาย

Clement (2008) เป็นการสร้างภาพในจิตใจเพื่อใช้ในการเรียนรู้และสร้างความเข้าใจในเรื่องที่ไม่คุ้นเคย โดยใช้การใช้การวาดภาพ และการจำลองทางจิตใจเพื่อสร้างความคิดสร้างสรรค์และสร้างทฤษฎีใหม่

สุทธิดา จำรัส (2555) ได้กล่าวถึงแบบจำลองไว้ว่า เป็นกระบวนการสร้างองค์ความรู้ภายใน โดยการสร้างแบบจำลองทางกายภาพ แผนภาพ หรือสัญลักษณ์อื่น ๆ เพื่อแสดงออกและถ่ายทอดองค์ความรู้ที่ได้มาจากแบบจำลองทางความคิด ซึ่งการสร้างแบบจำลองแบ่งออกเป็นหลายประเภท เช่น แบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ แบบจำลองทางทฤษฎี และอื่น ๆ โดยแบบจำลองที่ถูกนำไปใช้ในการเรียนการสอนมีหลายรูปแบบ เช่น แบบจำลองที่เพิ่มหรือลดขนาด แบบจำลองสื่อการสอน และแบบจำลองที่สังเคราะห์ขึ้น เป็นต้น

Quillin and Thomas (2015) กล่าวถึงแบบจำลองและขอบเขตของแบบจำลองไว้ว่า เป็นการแสดงภาพ หรือแผนภาพที่นำเสนอแนวคิด ความสัมพันธ์ที่ซับซ้อน เป็นเครื่องมือให้นักเรียนสามารถใช้แก้ปัญหาและทำนายปรากฏการณ์ได้ โดยแบบจำลองสามารถแก้ไข หรือเปลี่ยนแปลงเมื่อได้รับข้อมูลใหม่ ปรับปรุงความเข้าใจของนักเรียน ช่วยต่อความรู้ และการฝึกฝน ทักษะการแก้ปัญหาของนักเรียนในด้านวิทยาศาสตร์

ชาตรี ฝ่ายคำตา (2563) ได้ให้ความหมายของแบบจำลองไว้ว่า เป็นตัวแทนที่ในรูปแบบนามธรรม เชื่อมโยงระหว่างทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์กับความจริงที่ช่วยอธิบายให้เข้าใจทฤษฎีได้ง่ายขึ้น ช่วยให้มองเห็นปรากฏการณ์ทางธรรมชาติได้เข้าใจขึ้น ทั้งที่มองเห็นด้วยตาเปล่าและไม่สามารถมองเห็นด้วยตาเปล่า โดยแสดงถึงความสัมพันธ์กับเป้าหมายที่เป็นปรากฏการณ์ เหตุการณ์ กระบวนการ ข้อเท็จจริง

ทฤษฎี หรือแนวคิด โดยอาจมีขนาดเล็กหรือใหญ่กว่าของจริงก็ได้ ทั้งนี้ยังพบว่านักเรียนยังมีความเข้าใจคลาดเคลื่อนเกี่ยวกับแบบจำลอง เช่น เข้าใจว่าแบบจำลองเป็นตัวแทนที่มีลักษณะเหมือนวัตถุจริงทุกประการ โดยเลียนแบบมาจากของจริงไม่ต้องใช้จินตนาการในการสร้าง ไม่สามารถเปลี่ยนแปลงได้ และไม่สามารถนำมาทำนายปรากฏการณ์ได้ เป็นต้น

จากการศึกษาความหมายและขอบเขตของแบบจำลอง สรุปได้ว่า แบบจำลอง เป็นตัวแทนทางความคิดของนักเรียนที่ได้จากเชื่อมโยงองค์ความรู้เดิมและความรู้ใหม่จากกระบวนการเรียนรู้ด้วยตนเอง เพื่อสร้างแบบจำลองที่อยู่ในรูปแบบที่สามารถนำเสนอ ทำนาย หรืออธิบายปรากฏการณ์ที่สนใจได้ โดยแบบจำลองมีขอบเขตในรูปของคำอธิบาย หรือการเขียนเป็นแผนภาพ ภาพวาด หรือสัญลักษณ์ต่างๆ พบว่า นักเรียนอาจมีความเข้าใจคลาดเคลื่อนเกี่ยวกับแบบจำลองในบางประการ

2.2 ความหมาย และความเป็นมาของการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

2.2.1 ความหมายของการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

นักการศึกษาหลายท่านได้ให้ความหมายของการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน (Model Based Learning) ไว้ดังนี้

Gobert (2000) ได้กล่าวว่าการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานเป็นการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมให้นักเรียนสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง โดยให้แสดงเป็นแบบจำลองทางความคิด ซึ่งมีครูเป็นผู้ช่วยในการนำเอาข้อมูล ทรัพยากร กิจกรรมการเรียนรู้ และกลยุทธ์การสอน มาอำนวยความสะดวกให้กับนักเรียน ทั้งรายบุคคลและรายกลุ่ม เพื่อช่วยให้นักเรียน สร้างแบบจำลองทางความคิดของตนเอง

National Research Council (2000) ได้กล่าวถึงการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองไว้ว่า เป็นการจัดการเรียนรู้ที่เน้นให้นักเรียนได้แสดงบทบาทของนักวิทยาศาสตร์ เรียนรู้จากสิ่งที่เป็นนามธรรมผ่านประสบการณ์การทดลอง การลงมือปฏิบัติ

Jones (2011) ให้ความหมายของการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานไว้ว่า เป็นตัวอย่างที่สร้างขึ้นเพื่อให้นักเรียนเข้าใจและประยุกต์ใช้ความรู้ในสถานการณ์จริง

สุทธิดา จำรัส (2555) ได้อธิบายเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองไว้ว่า เป็นการจัดกิจกรรมที่ฝึกให้ผู้เรียนได้สร้างแบบจำลองทางความคิดของตนเอง ที่สอดคล้องกับแบบจำลองของนักวิทยาศาสตร์ แบบจำลองนั้นก็จะกลายเป็นแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ หากแบบจำลองนั้นไม่สอดคล้องกับแบบจำลองของนักวิทยาศาสตร์ จะมีการกระตุ้นส่งเสริมให้ผู้เรียนสร้างแบบจำลองที่เป็นวิทยาศาสตร์ โดยการปฏิบัติ วิเคราะห์ สะท้อนความคิด จนได้แบบจำลองที่สมบูรณ์

Quillin and Thomas (2015) อธิบายถึงการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานไว้ว่า เป็นการใช้แบบจำลองเพื่อสร้างความเข้าใจและการเรียนรู้ของนักเรียน โดยให้นักเรียนสร้างและใช้แบบจำลองเพื่อแก้ปัญหาหรือทำนายผล และประเมินความเหมาะสมของแบบจำลอง และปรับปรุง

ตามความจำเป็น โดยอาจใช้การสอนในหลายๆ รูปแบบ เช่น การให้คำชี้แนะ การให้โจทย์ปัญหา และการให้คำตอบกับนักเรียน ซึ่งจะช่วยให้นักเรียนพัฒนาทักษะในการใช้แบบจำลองอย่างเชี่ยวชาญขึ้น

ชาตรี ฝ่ายคำตา (2563) อธิบายถึงการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานไว้ว่าเป็นวิธีการที่ให้นักเรียนได้สร้างแบบจำลองทางความคิด (mental model) โดยใช้ความรู้และประสบการณ์เดิมที่เกี่ยวข้องกับสิ่งที่สนใจ หรือปรากฏการณ์ใดปรากฏการณ์หนึ่ง ผ่านกระบวนการสร้าง การใช้ การปรับปรุงแก้ไข และการขยายแบบจำลอง ซึ่งแบบจำลองทางความคิดของนักเรียนมักแตกต่างจากแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ (scientific model) ครูจัดการเรียนรู้ที่เปิดโอกาสให้นักเรียนได้ปรับแบบจำลองทางความคิดให้เป็นแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์

จากการศึกษาเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานสรุปว่าเป็นการจัดการเรียนรู้ที่นักเรียนสร้างแบบจำลองทางความคิดจากองค์ความรู้เดิมของตนเองเพื่อสร้างความเข้าใจกับสถานการณ์ต่าง ๆ โดยผ่านการจัดการเรียนรู้ของครูในรูปแบบที่หลากหลายกับกระบวนการสร้าง การใช้ การปรับปรุง และการขยายแบบจำลองจนกระทั่งได้แบบจำลองที่สมบูรณ์ สอดคล้องกับแบบจำลองของนักวิทยาศาสตร์ เรียกว่า แบบจำลองทางวิทยาศาสตร์

2.2.2 ความเป็นมาของการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

ในศตวรรษที่ 20 เริ่มมีการนำทฤษฎีการสร้างแบบจำลองมาพัฒนา ปรับใช้ในออกแบบ จนไปสู่การจัดการเรียนการสอนในชั้นเรียนฟิสิกส์ (Hestenes, 1987) และนักเคมีใช้แบบจำลองในการสื่อสารและทำความเข้าใจปรากฏการณ์ทางเคมีเพื่ออธิบายข้อมูล ทำนายเหตุการณ์ และสร้างความเข้าใจเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงทางเคมี แบบจำลองเชื่อมโยงกับคำอธิบายสามระดับ ได้แก่ ระดับสัญลักษณ์ ระดับมหภาค และระดับจุลภาค แบบจำลองถูกใช้เพื่อทำให้เข้าใจแนวคิดเชิงนามธรรมได้ง่ายขึ้นโดยการแสดงแนวคิดเหล่านั้นด้วยภาพ นักเคมีใช้แบบจำลองเพื่อแสดงความคิดและโครงสร้างความคิดของตน ซึ่งเรียกว่าแบบจำลองทางความคิด แบบจำลองทางความคิดเหล่านี้มีลักษณะเฉพาะและมีส่วนช่วยในการทำความเข้าใจปรากฏการณ์ทางเคมี (โพธิศักดิ์ โพธิเสน และชาตรี ฝ่ายคำตา, 2560)

Gobert (2000) ได้กล่าวถึง การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานไว้ว่า ปัจจุบันแบบจำลองและการสร้างแบบจำลองมีความสำคัญต่อความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ และการวิจัยทางวิทยาศาสตร์ จึงนำมาสู่การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานโดยผู้เรียนจะได้รับการพัฒนาให้เป็นผู้ที่มีความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์

Hestenes (2006) ได้กล่าวถึงการจัดการการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นพื้นฐานไว้ว่ามาจากการศึกษาและวิจัยในด้านการใช้แบบจำลองในการสร้างความเข้าใจและการเรียนรู้ในวิชาวิทยาศาสตร์ วิศวกรรม และคณิตศาสตร์ โดยการใช้แบบจำลองช่วยให้ผู้เรียนสามารถสร้างและอธิบายความเข้าใจของพวกเขาเองในปรากฏการณ์พื้นฐาน และเปรียบเทียบกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์

จากการศึกษาความเป็นมา สรุปได้ว่าการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน มีจุดเริ่มต้นมาจากการใช้แบบจำลองของนักเคมีในการแทนการศึกษาต่าง ๆ ด้วยสัญลักษณ์ ต่อมาได้มีการนำมาปรับใช้ในการออกแบบทางวิศวกรรมศาสตร์ คณิตศาสตร์ จนกระทั่งนำมาพัฒนาเป็นการจัดการเรียนรู้ในห้องเรียนเพื่อช่วยให้นักเรียนสร้างความเข้าใจและการเรียนรู้ในวิชาวิทยาศาสตร์ รวมถึงการพัฒนาความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนด้วย

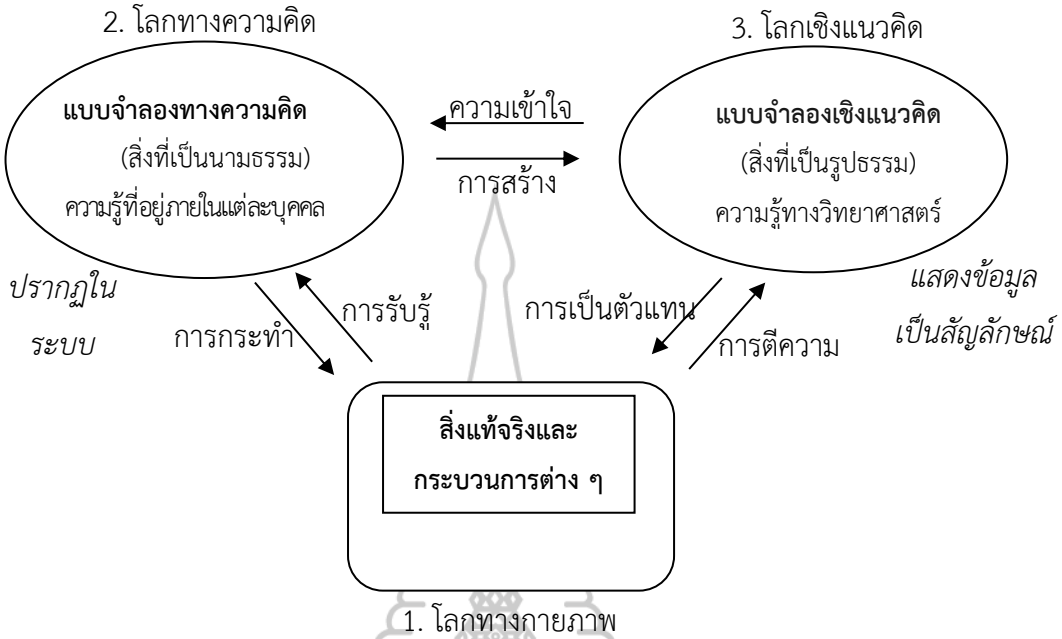
2.3 แนวคิด ทฤษฎีการเรียนรู้ที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานเป็นการสร้างความรู้ด้วยตนเองแล้วนำเสนอออกมาในรูปแบบของแบบจำลองทางความคิด (Gobert, 2000) ซึ่งมีความสอดคล้องกับทฤษฎีการสร้างความรู้ กล่าวคือ ทฤษฎีการสร้างความรู้เป็นทฤษฎีที่มีพื้นฐานมาจากทฤษฎีพัฒนาการทางสติปัญญาของ Piaget นักเรียนเกิดการเรียนรู้จากการนำความคิดของนักเรียนไปสร้างชิ้นงานหรือสื่อที่เป็นรูปธรรมที่ชัดเจน นำความรู้ที่ได้ถ่ายทอดสู่ผู้อื่นให้เข้าใจในความคิดของตน (ทิศนา แขมมณี, 2566)

Gobert (2000) ได้กล่าวโดยสรุปว่าการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานสอดคล้องกับการสร้างความรู้จากภายในสู่ภายนอกของแต่ละบุคคล

Nersessian (2003) ได้กล่าวถึงแนวคิดทฤษฎีของ Thomas Kuhn เกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานไว้ว่าเป็นการใช้อุปนัยในการสร้างแบบจำลองทางความคิด ซึ่งเป็นวิธีการที่มีประสิทธิภาพในการสร้างความเข้าใจและการเรียนรู้ในระดับที่สูงขึ้น

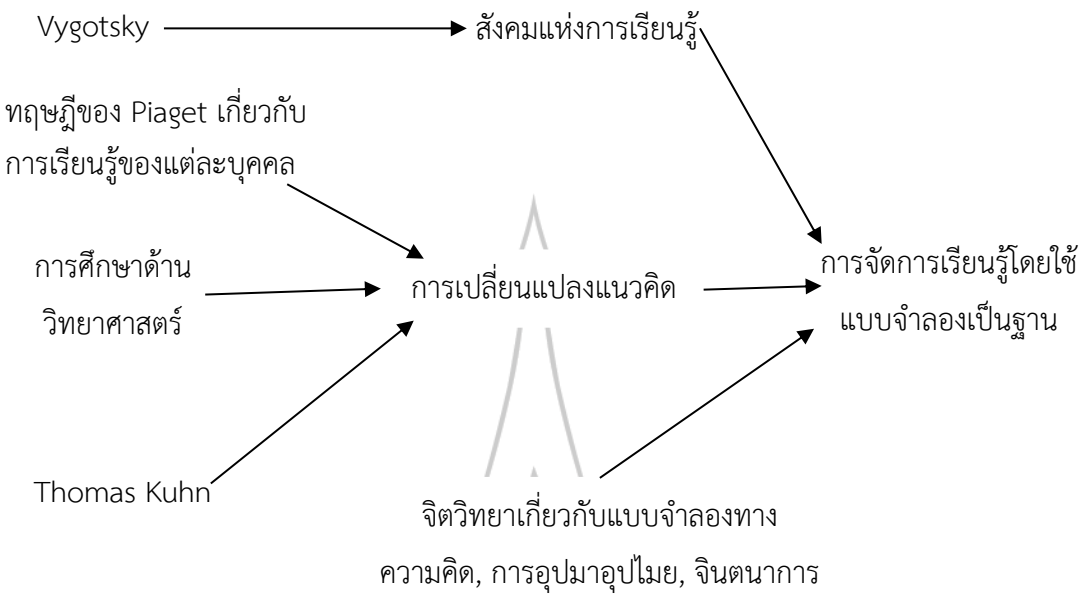
Hestenes (2006) อธิบายถึงการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานไว้ว่าเป็นการจัดการเรียนรู้ที่ใช้แนวคิดเชิงสังคมและการรับรู้เบื้องต้นในการสร้างแบบจำลอง การใช้แบบจำลองในการสร้างความเข้าใจและการเรียนรู้ในวิชาวิทยาศาสตร์ วิศวกรรม และคณิตศาสตร์ ช่วยให้นักเรียนสามารถสร้างและอธิบายความเข้าใจในปรากฏการณ์ด้วยตนเอง โดยสร้างกรอบแนวคิดที่เกี่ยวกับโครงสร้างทางปัญญาของการสร้างแบบจำลองซึ่งมีความเกี่ยวข้องกับแบบจำลองทางความคิด และแบบจำลองเชิงแนวคิด (conceptual model) ในการสะท้อนโครงสร้างทางปัญญาไว้ดังนี้



ภาพที่ 2.1 แบบจำลองทางความคิดและแบบจำลองเชิงแนวคิด

ที่มา: “Notes for a Modeling Theory of Science, Cognition and Instruction.” By Hestenes, D. 2006.

ชาตรี ฝ่ายคำตา (2563) กล่าวโดยสรุปว่าการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานได้รับอิทธิพลมาจากทฤษฎีการสร้างความรู้ (constructivism) ซึ่งทฤษฎีที่เป็นรากฐานที่สำคัญ ได้แก่ 1) ทฤษฎีการเปลี่ยนแปลงแนวคิด ซึ่งเกิดมาจากทฤษฎีของ Piaget เกี่ยวกับ การเรียนรู้ของแต่ละบุคคล จากการทำงานด้านวิทยาศาสตร์ของ Thomas Kuhn และจากการศึกษาด้านวิทยาศาสตร์ศึกษาเกี่ยวกับแนวคิดทางเลือกของนักเรียน 2) ทฤษฎีการสร้างความรู้เชิงสังคมของ Vygotsky และ 3) จิตวิทยาเกี่ยวกับแบบจำลองทางความคิด การอุปมาอุปไมยและการจินตนาการสามารถแสดงแนวคิด ทฤษฎีที่เป็นพื้นฐานได้ดังภาพที่ 2.2



ภาพที่ 2.2 แนวคิด ทฤษฎี และความเชื่อที่ส่งผลต่อการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

ที่มา: “กลยุทธ์การจัดการเรียนรู้เคมี” โดย ชาตรี ฝ่ายคำตา (2563), จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. อ้างถึง Clement,Rea - Remirez & Núnez-Oviedo (2007).

จากแนวคิดและทฤษฎีที่กล่าวมาข้างต้นการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานใช้ทฤษฎีการสร้างความรู้เป็นพื้นฐาน ซึ่งมีความสอดคล้องในกระบวนการสร้างแบบจำลองที่นักเรียนได้มีการเชื่อมโยงสิ่งที่ได้เรียนรู้กับความรู้เดิมของตนเองมาสร้างแบบจำลองทางความคิดที่เปรียบเสมือนตัวแทนของความรู้ที่เป็นนามธรรมตามทฤษฎีพัฒนาการทางเชาวน์ปัญญาของ Piaget หรือทฤษฎีที่เกี่ยวกับการเรียนรู้ของแต่ละบุคคลโดยการปรับความรู้ใหม่ให้เข้ากับโครงสร้างทางปัญญาที่มีอยู่เดิมและอิทธิพลจากสิ่งแวดล้อมทางสังคมที่ส่งผลต่อการเรียนรู้ของแต่ละบุคคลก็ส่งผลต่อการสร้างแบบจำลองทางความคิดตามทฤษฎีการสร้างความรู้เชิงสังคมของ Vygotsky โดยการใช้แบบจำลองเป็นตัวแทนทางความคิดจากภายในที่เป็นนามธรรมสู่ตัวแทนที่เป็นรูปธรรมยังมีความสอดคล้องกับแนวคิดของ Thomas Kuhn และ Gobert (2000)

2.4 ขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

Schwarz et al. (2009) ได้แบ่งขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานไว้ดังนี้

1. การเลือกปรากฏการณ์ที่สนใจ-นักเรียนตั้งคำถามเกี่ยวกับปรากฏภารณที่สนใจแนะนำปรากฏการณ์สถานการณ์ที่จำเป็นต้องใช้แบบจำลองเพื่อหาคำตอบ

2. การสร้างแบบจำลอง สร้างแบบจำลองเริ่มต้น เพื่อแสดงแนวคิดหรือสมมติฐาน

3. การทดสอบแบบจำลอง การตรวจสอบปรากฏการณ์ที่ทำนายและอธิบายด้วยแบบจำลอง

4. การประเมินแบบจำลอง เปรียบเทียบกับข้อมูลที่ได้จากการสืบเสาะหาความรู้และอภิปราย ประเมิน เพื่อปรับปรุงแก้ไข

5. การทดลองใช้แบบจำลองกับแนวคิดอื่น ๆ ทดสอบใช้โมเดลเทียบกับความคิดอื่น ๆ ทฤษฎีอื่น ๆ

6. การปรับปรุงแก้ไขแบบจำลอง เปลี่ยนแปลงแบบจำลองให้สอดคล้องกับหลักฐานใหม่ที่ได้ เปรียบเทียบแบบจำลองและสร้างแบบจำลองที่ลงความเห็นร่วมกัน

7. การใช้แบบจำลองในการทำนายปรากฏการณ์ ใช้แบบจำลองที่ปรับปรุงแล้วในการทำนาย และอธิบายปรากฏการณ์อื่น ๆ

Jong et al. (2015) ได้แบ่งขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานไว้ดังนี้

1. การเลือกแบบจำลอง (Model Selection) เป็นการเลือกแนวคิด ทฤษฎีที่เป็นนามธรรมมาสร้างแบบจำลองเพื่ออธิบาย

2. การสร้างแบบจำลอง (Model Construction) เป็นการสร้างแบบจำลองที่เลือกให้อยู่ในรูปสูตรทางเคมี สมการ หรือคำอธิบาย

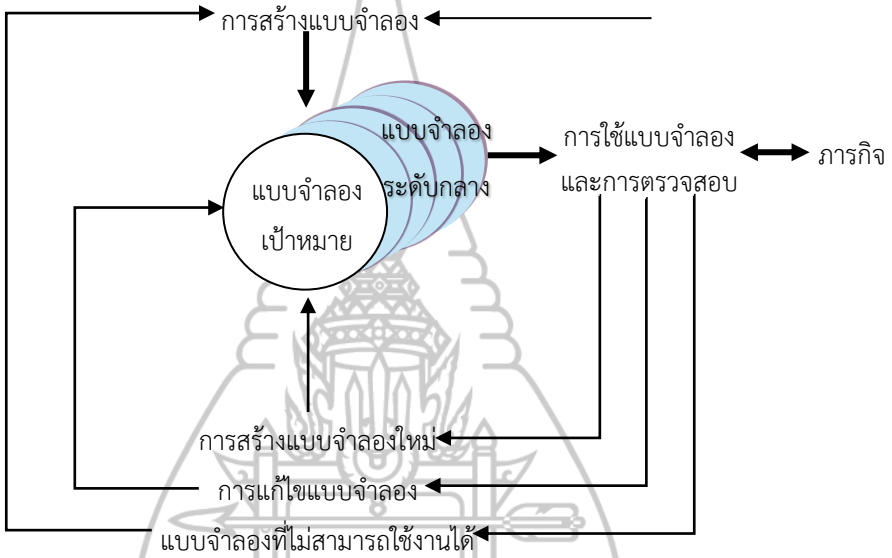
3. การตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลอง (Model Validation) เป็นการพิจารณาแบบจำลองที่สร้างว่าสามารถอธิบายแนวคิด หรือทฤษฎีที่เลือกได้

4. การวิเคราะห์แบบจำลอง (Model Analysis) เป็นการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อประเมินตรวจสอบความแตกต่างกับผลการศึกษา ทดลอง

5. การใช้แบบจำลอง (Model Deployment) การนำแบบจำลองไปปรับประยุกต์ใช้กับสถานการณ์อื่นที่คล้ายคลึงกัน

6. การสร้างแบบจำลองใหม่ (Model Reconstruction) การปรับเปลี่ยนแบบจำลองที่สร้างไว้เมื่อแบบจำลองนั้นไม่สามารถใช้กับคำอธิบายที่จำเป็นหรือกับสถานการณ์อื่น ๆ ได้

Seel (2017) ได้เสนอขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ประกอบด้วย การสร้างแบบจำลองทางความคิดเริ่มต้นของนักเรียนเพื่อใช้ในการอธิบายปรากฏการณ์หากแบบจำลองทางความคิดเริ่มต้นที่สร้างไว้ยังอธิบายถึงปรากฏการณ์ได้ไม่สมบูรณ์ก็จะเข้าสู่ขั้นการปรับแต่งและการปรับโครงสร้างใหม่ได้เป็นแบบจำลองระดับกลางและเข้าสู่ขั้นการทดสอบแบบจำลองหากยังไม่สมบูรณ์แบบจำลองจะกลับเข้าสู่ขั้นการปรับแต่งและการปรับโครงสร้างใหม่จนกระทั่งสมบูรณ์ได้เป็นแบบจำลองเป้าหมายที่สามารถใช้ในการอธิบายหรือทำนายปรากฏการณ์ที่เป็นปัญหาได้ แสดงดังภาพที่ 2.3



ภาพที่ 2.3 ขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานของ Buckley 2012a, p. 2100

ที่มา: “Model - based learning: a synthesis of theory and research” by Seel, 2017, pp. 931–966. (https://doi.org/10.1007/s11423-016-9507-9).

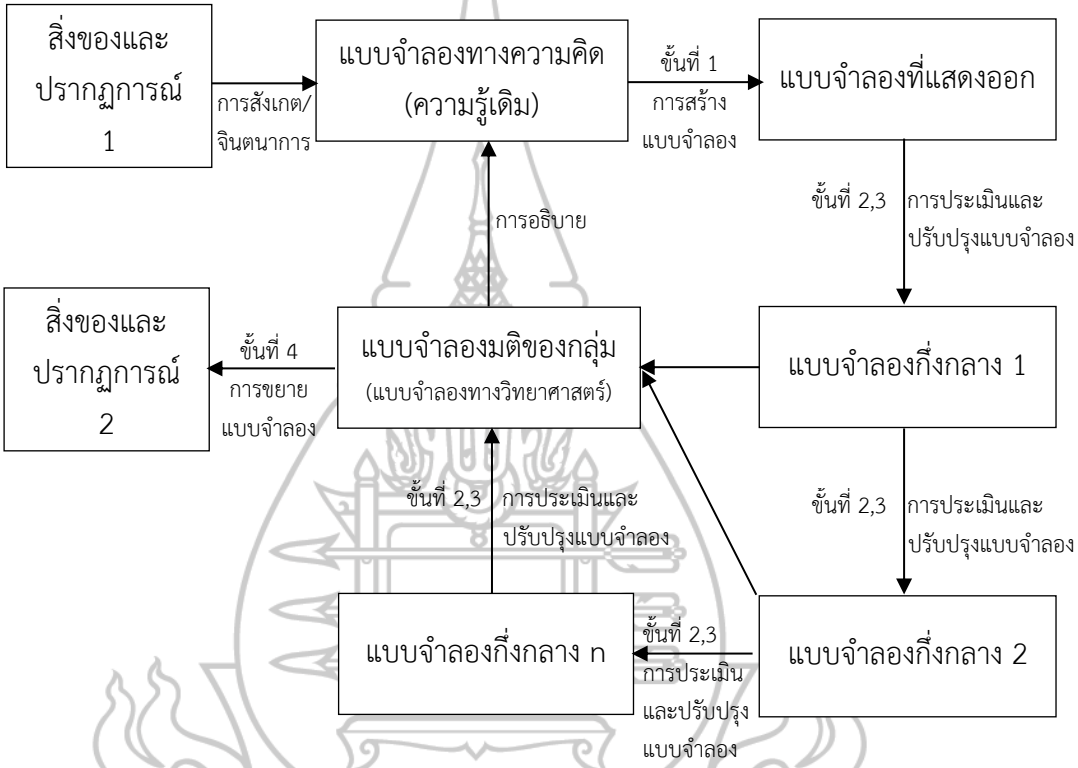
ชาตรี ฝ่ายคำตา (2563) ได้แบ่งขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน โดยแสดงดังภาพที่ 2.4 และรายละเอียดดังนี้

1. การสร้างแบบจำลอง (Generating model) ครูกระตุ้นให้นักเรียนสร้างแบบจำลองทางความคิดออกมาอธิบายปรากฏการณ์ โดยใช้คำถาม หรือกิจกรรม และส่งเสริมแบบจำลองทางความคิดของนักเรียนให้เป็นแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์

2. การประเมินแบบจำลอง (Evaluating model) นักเรียนศึกษาค้นคว้าเพื่อรวบรวมหลักฐานเชิงประจักษ์ แล้วประเมินความสอดคล้องของแบบจำลองทางความคิดที่ได้สร้างขึ้นกับหลักฐานเชิงประจักษ์ ครูและนักเรียน

3. การดัดแปลงแก้ไขแบบจำลอง (Modifying model) นักเรียนดัดแปลงแก้ไขแบบจำลองจนกระทั่งได้แบบจำลองที่สามารถอธิบายข้อมูลได้อย่างถูกต้อง จากการเปรียบเทียบแบบจำลองแลกเปลี่ยนเรียนรู้เพื่อสร้างเป็นแบบจำลองที่ดีที่สุดและสอดคล้องกับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์

4. การขยายแบบจำลอง (Elaborating model) นักเรียนใช้แบบจำลองที่สมบูรณ์ผ่านการดัดแปลงแก้ไขมาแล้วสามารถอธิบายหรือทำนายปรากฏการณ์อื่น ๆ ได้



ภาพที่ 2.4 รูปแบบการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน
ดัดแปลงจาก ชาตรี ฝ่ายคำตา (2563)

จากการศึกษาขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานพบว่าเป็นการจัดการเรียนรู้ที่เน้นกระบวนสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งนักเรียนได้ลงมือปฏิบัติในการสร้างแบบจำลองผ่านกระบวนการจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ การคิดวิเคราะห์ คิดสังเคราะห์ เปรียบเทียบแบบจำลองที่สร้างขึ้นกับข้อมูลเชิงประจักษ์ ประเมิน ปรับปรุง ดัดแปลงแก้ไขแบบจำลองเพื่อให้ได้แบบจำลองที่สมบูรณ์และถูกต้อง สามารถนำไปใช้ในการอธิบาย และทำนายสถานการณ์ รวมทั้งปรากฏการณ์ทางธรรมชาติที่ยากต่อการทำความเข้าใจได้ โดยทำให้มองเห็นจากสิ่งที่เป็นนามธรรมเป็นรูปธรรม

ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยจึงได้ออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ในรูปแบบของ ชาตรี ฝ่ายคำตา (2563) โดยประกอบด้วยขั้นการสร้างแบบจำลอง 4 ขั้น ได้แก่ ขั้นสร้างแบบจำลอง ขั้นประเมินแบบจำลอง ขั้นดัดแปลงแก้ไขแบบจำลอง และขั้นขยายแบบจำลอง จากขั้นตอนการจัดการเรียนรู้จะเห็นได้ว่านักเรียนจะต้องสร้างแบบจำลองทางความคิดเพื่ออธิบายปรากฏการณ์ที่ศึกษา ทำการประเมินแบบจำลองที่สร้างขึ้นจากหลักฐานเชิงประจักษ์ที่ได้จากการสืบเสาะ จากนั้นนักเรียนจะทำการดัดแปลงแก้ไขแบบจำลองจนกระทั่งได้แบบจำลองที่สามารถอธิบายข้อมูลได้อย่างถูกต้อง เพื่อนำไปอธิบายและทำนายปรากฏการณ์อื่น ๆ ที่ใกล้เคียง ซึ่งในขั้นตอนการจัดการเรียนรู้เป็นรูปแบบที่มีความเหมาะสมกับบริบทของนักเรียน เมื่อพิจารณาขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ของ Schwarz et al. (2009) ประกอบไปด้วยขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ทั้งหมด 7 ขั้น Jong et al. (2015) ประกอบไปด้วย ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ทั้งหมด 6 ขั้น และ Seel (2017) ที่ยังไม่สามารถระบุขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ที่ชัดเจนได้ ผู้วิจัยเห็นว่าขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ในแต่ละขั้นมีข้อจำกัดในเรื่องของเวลาในการดำเนินกิจกรรมขั้นตอนจัดการเรียนการสอนที่ชัดเจน ดังนั้นการจัดการเรียนรู้ของ Schwarz et al. (2009) Jong et al. (2015) และ Seel (2017) อาจยังไม่เหมาะสม โดยรูปแบบการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานของงานวิจัยในครั้งนี้ ประกอบด้วย 4 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นที่ 1 ขั้นสร้างแบบจำลอง โดยนักเรียนแสดงแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์อธิบายปรากฏการณ์ หรือสถานการณ์ที่สนใจจากความรู้เดิม

ขั้นที่ 2 ขั้นประเมินแบบจำลอง โดยนักเรียนประเมินแบบจำลองของตนเองในขั้นที่ 1 กับหลักฐานเชิงประจักษ์ที่ได้จากการศึกษาค้นคว้า

ขั้นที่ 3 ขั้นปรับปรุงแบบจำลอง โดยนักเรียนดัดแปลงแก้ไขแบบจำลองจนสามารถใช้อธิบายปรากฏการณ์ หรือสถานการณ์ที่สนใจได้อย่างถูกต้อง

ขั้นที่ 4 ขั้นขยายแบบจำลอง โดยนักเรียนใช้แบบจำลองที่ผ่านการดัดแปลงแก้ไขมาอธิบาย และทำนายปรากฏการณ์ หรือสถานการณ์อื่น ๆ

2.5 บทบาทของผู้สอนและนักเรียนในการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

2.5.1 บทบาทของผู้สอนในการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

บทบาทของผู้สอนในการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานตามแนวคิดของ Chen et al. (2016) มีรายละเอียดดังนี้

1. กระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดความสนใจในปรากฏการณ์ที่ต้องการให้ผู้เรียนศึกษา
2. ใช้คำถามสำคัญที่ทำให้นักเรียนเกิดการตั้งคำถามนำทางที่มีประสิทธิภาพและเป็นคำถามที่ทดสอบได้
3. กระตุ้นความคิดของนักเรียนให้นักเรียนอธิบายและชี้แจงเหตุผลในการสร้างแบบจำลอง

4. ใช้คำถามเพื่อต่อยอดลำดับการคิดของนักเรียน

5. ตรวจสอบความคืบหน้าในงานของนักเรียนโดยใช้คำถาม

6. พยายามหาจุดแข็งและจุดอ่อนของแบบจำลองของนักเรียนแต่ละกลุ่ม

7. พยายามสร้างสภาพแวดล้อมในการอภิปราย

8. สร้างบรรยากาศในการสืบค้นข้อมูล

9. แนะนำ/ จัดหาแหล่งข้อมูลที่น่าเชื่อถือให้แก่นักเรียน

10. นำนักเรียนสรุปบทเรียนที่ได้เรียนรู้

11. สร้างบรรยากาศเพื่อให้นักเรียนได้ทบทวนสิ่งที่ได้เรียนรู้จากกิจกรรม

12. ใช้คำถามเพื่อกระตุ้นให้นักเรียนสร้างข้อโต้แย้งเกี่ยวกับแนวคิดหลัก

ชาตรี ฝ่ายคำตา (2563) ได้กล่าวถึงบทบาทของผู้สอนในการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ดังนี้

1. ครูคอยกระตุ้นผู้เรียนให้สะท้อนความคิดและคิดว่าจุดเด่น จุดด้อยเกี่ยวกับการเรียนรู้ของตนเองมีอะไรบ้างผ่านกระบวนการเรียนรู้ที่ทำให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ด้วยตนเอง

2. กระตุ้นให้นักเรียนสร้างแบบจำลองทางความคิดออกมาและอภิปรายร่วมกัน

3. ส่งเสริมให้นักเรียนปรับแบบจำลองทางความคิดให้เป็นรูปธรรมมากขึ้น

4. แสดงความคิดเห็น สาธิตการเรียนรู้ และการแก้ปัญหาในระหว่างทำกิจกรรมให้ผู้เรียนได้เห็น

5. สนับสนุนให้ผู้เรียนแสดงแบบจำลองในหลาย ๆ รูปแบบ เช่น การเขียน การวาดรูป แผนภาพ

6. ให้นักเรียนแสดงบทบาทเป็นครูเพื่อถ่ายทอดความรู้ให้เพื่อนในชั้นเรียน

7. ใช้วิธีการที่หลากหลายเพื่อส่งเสริมความสนใจ เจตคติและความเชื่อของนักเรียน เช่น การอ่าน การเขียน การอภิปราย และการโต้วาที

8. ใช้คำถามกับนักเรียนเพื่อให้ได้สะท้อนคิด เช่น ใคร ทำอะไร ที่ไหน เมื่อไหร่ อย่างไร แล้วให้อธิบายถึงคำตอบที่ถูกและผิด ให้นักเรียนอธิบายแบบจำลองทางความคิดด้วยภาษาของตนเองและสื่อสารความเข้าใจของตนเองโดยการวาดภาพ

9. ใช้แนวคิดที่ง่ายและปัญหาที่น่าสนใจที่เปิดโอกาสให้นักเรียนได้ใช้แนวคิดในการเริ่มต้นบทเรียน

10. คอยกระตุ้นให้นักเรียนตั้งคำถามเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ สร้างสมมติฐาน ค้นหาคำตอบด้วยตนเอง เชื่อมโยงบทเรียนกับชีวิตประจำวัน

11. ใช้คำถามที่กระตุ้นให้ผู้เรียนประเมินแบบจำลอง เช่น ทำไมจึงใช้แบบจำลองนี้ แบบจำลองนี้ควรมีอะไรที่ต้องเพิ่มเติม

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2566) ได้เสนอบทบาทของผู้สอนในการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานไว้ว่า ผู้สอนเป็นผู้นำปรากฏการณ์มากระตุ้นให้ผู้เรียนสร้างแบบจำลองเพื่ออธิบายหรือทำนายปรากฏการณ์ดังกล่าวตรวจสอบความเหมือนและความต่างกับแบบจำลองที่ผู้สอนคาดหวังไว้ให้ผู้เรียนได้ทำการสำรวจตรวจสอบ เช่น ทำการทดลอง เพื่อรวบรวมข้อมูลและหลักฐานเชิงประจักษ์ใช้คำถามกระตุ้น ให้คำชี้แจงให้ผู้เรียนสร้างแบบจำลองโดยพิจารณาจากข้อมูลและหลักฐานเชิงประจักษ์

2.5.2 บทบาทของนักเรียนในการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

บทบาทของนักเรียนในการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานตามแนวคิดของ Chen et al. (2016) มีรายละเอียดดังนี้

1. ระดมความคิดเพื่อตั้งคำถามนำทาง
2. สร้างแบบจำลองที่สามารถเป็นตัวแทนของปรากฏการณ์
3. ใช้แบบจำลองเป็นเครื่องมือในการสร้างข้อโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์
4. ใช้หลักฐานที่ถูกต้องซึ่งประกอบด้วยข้อมูลกับเหตุผลจากแบบจำลองในการโต้แย้ง
5. แบ่งปัน อภิปราย ซักชวนและร่วมมือกับเพื่อนเพื่อสร้างความเข้าใจเกี่ยวกับแนวคิดหลัก
6. นำเสนอแบบจำลองและข้อโต้แย้งของตนเองกับเพื่อนร่วมชั้นและรับฟังข้อเสนอจากกลุ่มอื่น ๆ
7. ปรับแก้แบบจำลองตามข้อเสนอแนะของเพื่อน
8. เปรียบเทียบแบบจำลองและข้อโต้แย้งของตนเองกับแหล่งข้อมูลที่น่าเชื่อถือ
9. ร่วมกันอภิปรายสิ่งที่ได้เรียนรู้เพื่อสรุปบทเรียน
10. สะท้อนความคิดที่เปลี่ยนไปเมื่อเวลาเปลี่ยนไปประสบการณ์อะไรที่สนับสนุนการเปลี่ยนแปลงเหล่านั้นตลอดจนประสบการณ์การเรียนรู้ที่นักเรียนได้จากกิจกรรม

ชาตรี ฝ่ายคำตา (2563) ได้กล่าวถึงบทบาทของนักเรียนในการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ดังนี้

1. นักเรียนแสดงความคิดของตนเองจากความรู้เดิมผ่านแบบจำลองทางความคิด
2. ประเมินแบบจำลองทางความคิดกับหลักฐานเชิงประจักษ์
3. สังเกต สืบค้นข้อมูลเพื่อรวบรวมหลักฐานเชิงประจักษ์สำหรับตรวจสอบแบบจำลอง
4. ให้ความสนใจกับกิจกรรมการจัดการเรียนการสอน
5. ร่วมกันออกแบบ วางแผน ทำงานเป็นทีมกับเพื่อนในกลุ่ม

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2566) ได้เสนอบทบาทของนักเรียนในการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานไว้ว่า นักเรียนจะต้องแสดงพฤติกรรมการพูด วาดภาพ เพื่อแสดงแบบจำลองทางความคิดที่มีต่อปรากฏการณ์ที่ศึกษา สำรวจตรวจสอบ ประเมินแบบจำลองภว่ามีความสอดคล้องกับข้อมูลและหลักฐานเชิงประจักษ์อย่างไร คอยแลกเปลี่ยนเรียนรู้เปรียบเทียบแบบจำลองและปรับปรุงแก้ไขแบบจำลองหลักจากที่ได้แลกเปลี่ยนกับเพื่อน เพื่อให้ได้แบบจำลองที่ถูกต้อง สมบูรณ์มากที่สุด

จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเกี่ยวกับขั้นตอนการสอนโดยใช้แบบจำลองเป็นฐานสามารถสรุปบทบาทของผู้สอนและบทบาทของนักเรียนในแต่ละขั้นตอนในการจัดการเรียนรู้ได้ดังต่อไปนี้

ตารางที่ 2.2 สรุปบทบาทของผู้สอนและนักเรียนในแต่ละขั้นการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

ขั้นการสอนโดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน	**บทบาทของครู**	**บทบาทของนักเรียน**
ขั้นที่ 1 ขั้นสร้างแบบจำลอง	1) กระตุ้นให้นักเรียนเกิดความสนใจ สนับสนุนให้นักเรียนสร้างแบบจำลองที่เกี่ยวกับสถานการณ์หรือปรากฏการณ์ 2) กระตุ้นให้นักเรียนตั้งคำถามและสมมติฐานกับสถานการณ์หรือปรากฏการณ์	1) ระดมความคิดจากความรู้และประสบการณ์เดิมสร้างแบบจำลองที่เป็นตัวแทนของสถานการณ์หรือปรากฏการณ์ที่สนใจ
ขั้นที่ 2 ขั้นประเมินแบบจำลอง	1) สร้างบรรยากาศที่ดีในการสืบค้นและแนะนำแหล่งข้อมูลที่ใช้ในการศึกษาค้นคว้า 2) ใช้คำถามสะท้อนคิดให้เกิดการเชื่อมโยงแบบจำลองกับตัวแปรต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง 3) ใช้คำถามที่ชี้นำให้เกิดการอภิปรายถึงแบบจำลองที่สร้างขึ้นกับหลักฐานเชิงประจักษ์	1) วางแผน ออกแบบการตรวจสอบสมมติฐาน แบบจำลองที่สร้างขึ้น 2) สำรวจ ตรวจสอบ เพื่อรวบรวมหลักฐานเชิงประจักษ์ 3) ประเมินความสอดคล้องของแบบจำลองที่สร้างขึ้นกับหลักฐานเชิงประจักษ์ 4) แลกเปลี่ยนเรียนรู้ อธิปรายร่วมกัน

ตารางที่ 2.2 (ต่อ)

ขั้นการสอนโดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน	บทบาทของครู	บทบาทของนักเรียน
	4) ใช้วิธีการที่หลากหลายที่สนับสนุนให้นักเรียนอภิปรายร่วมกัน 5) หาจุดแข็งและจุดอ่อนของแบบจำลองที่นักเรียนสร้างขึ้น	5) ศึกษาจุดแข็งและจุดอ่อนของแบบจำลองที่สร้างขึ้น
ขั้นที่ 3 ขั้นปรับปรุงแบบจำลอง	1) ส่งเสริมให้นักเรียนปรับปรุงแบบจำลองให้เป็นรูปธรรมมากยิ่งขึ้น 2) ตรวจสอบความคืบหน้าของแบบจำลองที่นักเรียนสร้างขึ้น	1) ปรับปรุงแก้ไขแบบจำลองให้สอดคล้องกับหลักฐานเชิงประจักษ์และข้อเสนอแนะที่ได้รับ
ขั้นที่ 4 ขั้นขยายแบบจำลอง	1) กระตุ้นให้นักเรียนเชื่อมโยงแนวคิด 2) นำสรุปบทเรียนที่ได้จากการเรียนรู้ 3) กำหนดสถานการณ์ ปรากฏการณ์ที่ใกล้เคียงและอธิบายได้ด้วยแบบจำลองที่นักเรียนสร้างขึ้น	1) สะท้อนคิดความรู้ที่ได้จากการสร้างแบบจำลอง 2) นำแบบจำลองที่สมบูรณ์มาใช้อธิบายสถานการณ์หรือปรากฏการณ์อื่น ๆ ที่ใกล้เคียง

2.6 ประโยชน์ของการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสารและที่เกี่ยวข้องเกี่ยวกับประโยชน์ของการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานพบว่านักการศึกษาได้กล่าวไว้ดังนี้

Hestenes (1987) กล่าวโดยสรุปว่า การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานมีประโยชน์ในการช่วยให้นักเรียนเข้าใจในบทเรียน เรียนรู้ได้ดีขึ้น ได้เรียนรู้การสร้างและใช้แบบจำลองที่เหมาะสมในการแก้ปัญหาในวิชาวิทยาศาสตร์ ได้พัฒนาทักษะในการวิเคราะห์ และคิดอย่างเป็นระบบการคิดเชิงวิทยาศาสตร์ เห็นถึงความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งที่เรียนรู้กับสิ่งที่เกิดขึ้นในโลกจริง และสามารถนำไปใช้ในการแก้ปัญหาในชีวิตประจำวันได้อย่างมีประสิทธิภาพ

Gilbert (2004) ได้กล่าวถึงการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานมีประโยชน์ในการพัฒนาความสามารถในการคิด มีความเข้าใจที่เป็นระบบ และมีการคิดวิเคราะห์ที่เป็นระบบมากขึ้น ช่วยให้

ผู้เรียนมีความเข้าใจที่ถูกต้องเกี่ยวกับแบบจำลอง และเข้าใจถึงความสัมพันธ์ระหว่างการอุปมาและอุปไมยในวิทยาศาสตร์ นอกจากนี้ยังช่วยให้ผู้เรียนสามารถสร้างและปรับปรุงแบบจำลองได้อย่างมีประสิทธิภาพ

สุทธิดา จำรัส (2555) ได้สรุปประโยชน์ของการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานไว้ว่า เป็นการฝึกให้นักเรียนได้สร้างแบบจำลองแนวคิดของตนเองปรับปรุงพัฒนาไปสู่แบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ซึ่งเป็นที่ยอมรับ สามารถอธิบายปรากฏการณ์ได้ เปิดโอกาสให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติคิดวิเคราะห์ สะท้อนความคิด ซึ่งจะช่วยส่งเสริมนักเรียนให้พัฒนาทักษะการคิดโดยการเปรียบเทียบสิ่งที่คุ้นเคยกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์

Seel (2017) กล่าวว่าการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานมีประโยชน์ในการสนับสนุนกระบวนการเรียนรู้ การแก้ปัญหาของนักเรียน ช่วยให้นักเรียนได้เรียนรู้และเข้าใจแนวคิดและกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ โดยการสร้างแบบจำลองด้วยตนเอง

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2566) ได้สรุปประโยชน์ของการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานในเนื้อหาวิทยาศาสตร์กายภาพว่าเป็นกระบวนการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมให้นักเรียนได้คิดและปฏิบัติเหมือนกับนักวิทยาศาสตร์ในการสร้างแบบจำลองเพื่ออธิบายปรากฏการณ์ทางกายภาพ โดยใช้ข้อมูลและหลักฐานเชิงประจักษ์มาสนับสนุนแบบจำลองจนสามารถสรุปออกมาเป็นองค์ความรู้ ช่วยแก้ปัญหาความยากของเนื้อหาวิทยาศาสตร์กายภาพที่มีความเป็นนามธรรมให้เป็นรูปธรรมได้

จากประโยชน์ของการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานดังที่นักการศึกษากล่าวไว้ข้างต้น สรุปได้ว่า เป็นรูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่ช่วยส่งเสริมทักษะการแก้ปัญหา การคิดวิเคราะห์ การเชื่อมโยงการเรียนรู้กับการประยุกต์ใช้ในโลกแห่งความเป็นจริง เข้าใจในหลักการทางวิทยาศาสตร์ด้วยการสร้างและใช้แบบจำลอง ลงมือปฏิบัติสร้างแบบจำลองด้วยตนเองดังเช่นนักวิทยาศาสตร์ และยังเป็นแนวทางในการเรียนรู้อย่างเป็นระบบ ที่ทำให้นักเรียนเข้าใจในสิ่งที่เป็นนามธรรมสู่รูปธรรม และแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ได้อย่างลึกซึ้งยิ่งขึ้น

3. ความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์

การศึกษาความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยได้แบ่งประเด็นการศึกษาเป็น 2 ประเด็นหลัก ได้แก่ 1) ความหมาย ขอบเขต และความสำคัญของความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ และ 2) องค์ประกอบ และตัวชี้วัดความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ โดยแต่ละประเด็นมีรายละเอียดดังนี้

3.1 ความหมาย ขอบเขต และความสำคัญของความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์

3.1.1 ความหมายของความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์

Hestenes (2006) ได้กล่าวถึงความสามารถในการสร้างแบบจำลองไว้ว่าเป็นการสร้างตัวแทนที่ใช้ในการอภิปรายและแสดงเข้าใจเกี่ยวกับสิ่งที่เราไม่สามารถสัมผัสหรือมองเห็นได้มีบทบาทสำคัญในการให้เหตุผลและการเรียนรู้ในสาขาต่าง ๆ ของวิทยาศาสตร์และวิศวกรรมศาสตร์

Schwarz et al. (2009) ได้ให้ความหมายของความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ไว้ว่าเป็นการสร้างตัวแทนความคิดในรูปนามมธรรมของปรากฏการณ์ ระบบ ที่นักเรียนสร้างขึ้นให้อยู่ในรูปที่เข้าใจง่ายขึ้น เพื่ออธิบายและทำนายปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์

Yael and Elizabeth (2011) กล่าวถึงความสามารถในการสร้างแบบจำลองไว้ว่าเป็นการสร้างตัวแทนเพื่อสื่อความหมายของสิ่งที่สนใจโดยแสดงเป็นภาพ หรือสัญลักษณ์ และแสดงถึงทักษะที่นักเรียนแสดงให้เห็นถึงการสร้าง การใช้ การประเมิน และการตรวจสอบตัวแทนทางความคิดของตนเองโดยแสดงถึงคุณสมบัติ ความเข้าใจและการประยุกต์ใช้ตัวแทนทางความคิดของตนเอง ในการอธิบายแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์อย่างถูกต้องเหมาะสม

Nicolaou and Constantinou (2014) กล่าวถึงความสามารถในการสร้างแบบจำลองว่าเป็นการสร้าง การแก้ไข การเปรียบเทียบ การตรวจสอบความถูกต้อง และการใช้แบบจำลองเพื่ออธิบายเกี่ยวกับความจริง

Jong et al. (2015) ได้กล่าวถึงความสามารถในการสร้างแบบจำลองไว้ว่าเป็นทักษะการคิดที่นักเรียนใช้ในการสร้าง ตรวจสอบ แก้ไข และสร้างแบบจำลองทางความคิดขึ้นมาใหม่เพื่อใช้สื่อความหมายแสดงถึงความเข้าใจจากการเรียนรู้ของนักเรียน โดยระดับความสามารถในการรับรู้ของนักเรียนจะส่งผลต่อแบบจำลองที่นักเรียนสร้างขึ้น

สรุปได้ว่า ความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์เป็นการสร้างตัวแทนในการสื่อความหมายของสิ่งที่สนใจในรูปแบบต่าง ๆ ที่อยู่ในรูปแบบของนามธรรม โดยผ่านกระบวนการสร้าง ตรวจสอบ แก้ไข เปรียบเทียบ เพื่อนำเสนอตัวแทนความคิดจากภายในของตนเองให้ผู้อื่นเกิดความเข้าใจถึงแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์ ผลที่ได้จากการศึกษาเรียนรู้ รวมไปถึงการนำแบบจำลองที่ตนเองสร้างขึ้นไปอธิบาย ทำนาย ปรากฏการณ์อื่น ๆ

3.1.2 ขอบเขตของความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์

จากการศึกษาข้อมูลจากนักการศึกษาหลายๆ ท่านพบว่าความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์มีขอบเขตบางประการ ได้แก่ การวัดและประเมินผลของความสามารถในการสร้างแบบจำลองควรมีการกำหนดร่วมกันจากชุมชนการเรียนรู้เพื่อเป็นไปในทิศทางเดียวกันในการประเมินผลการสร้างแบบจำลองและการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ของนักเรียน และแบบจำลองทางความคิด

ของนักเรียนแต่ละคนอาจมีลักษณะที่แตกต่างกันไปเนื่องจากเป็นตัวแทนภายใจของแต่ละคนไม่มีใครสามารถจินตนาการหรือล่วงรู้ได้ นอกจากนั้นบุคคลนั้นจะแสดงแบบจำลองที่สร้างไว้ภายในออกมา (Chiu and Lin, 2019) ในส่วนของการปรับเปลี่ยนแบบจำลองทางความคิดให้เป็นแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์นั้นเป็นส่วนหนึ่งที่สำคัญของความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน ซึ่งครูจะต้องคอยพัฒนาหรือจัดกิจกรรมให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ เพื่อให้นักเรียนได้มีโอกาสในการปรับเปลี่ยนแบบจำลอง (Schwarz et al., 2009; ชาตรี ฝ่ายคำตา และภรทิพย์ สุภัทรชัยวงศ์, 2557)

3.1.3 ความสำคัญของความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์

Nersessian (2003) กล่าวว่าความสามารถในการสร้างแบบจำลองมีความสำคัญต่อการเปลี่ยนแปลงแนวคิดที่เป็นเหตุเป็นผลที่เป็นพื้นฐานของการสร้างแบบจำลองที่สอดคล้องกับปรากฏการณ์เป้าหมาย การใช้แบบจำลองในการสร้างสรรค์ และปรับปรุงแบบจำลองใหม่

ลฎาภา ลดาชาติ (2561) ได้ให้ความสำคัญของความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ไว้ว่าเป็นส่วนหนึ่งการการพัฒนาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เช่น การที่นักวิทยาศาสตร์ใช้แบบจำลองที่ตนเองสร้างขึ้นมาเพื่ออธิบายและทำนายสิ่งที่เกิดขึ้นในธรรมชาติเพื่อสื่อความหมายในสิ่งที่เป็นนามธรรม ดังนั้นนักเรียนควรจะมีความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ ความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์มีความสำคัญต่อนักเรียนซึ่งเป็นพลเมืองในศตวรรษที่ 21 ที่ควรเป็นผู้ที่มีความรู้ทางวิทยาศาสตร์อย่างแท้จริงมีส่วนสำคัญต่อการเปลี่ยนแปลงแนวคิดที่เป็นเหตุเป็นผลเพื่อทำความเข้าใจเกี่ยวกับแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์ ตลอดจนการนำไปปรับใช้ และยังแสดงถึงกระบวนการต่าง ๆ ที่นักเรียนนำมาใช้ในการสร้างแบบจำลอง

Chiu and Lin (2019) ได้ให้ความสำคัญกับของความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ไว้ว่าความสามารถของนักเรียนในการทำความเข้าใจและนำแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ไปใช้อย่างมีประสิทธิภาพ การพัฒนาความสามารถในการจำลองแบบมีความจำเป็นสำหรับพลเมืองในศตวรรษที่ 21 ในการเป็นผู้ที่มีความรู้ทางวิทยาศาสตร์

3.2 องค์ประกอบ และตัวชี้วัดความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์

Schwarz et al. (2009) ได้แบ่งเกณฑ์การประเมินกระบวนการปฏิบัติออกเป็น 1) การเป็นตัวแทนของความเข้าใจในสิ่งที่ต้องการนำเสนอ และ 2) การสื่อความหมาย และ 3) การอธิบาย รายละเอียดดังนี้

ตารางที่ 2.3 แสดงองค์ประกอบและตัวชี้วัดของความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ตามแนวคิดของ Schwarz et al. (2009)

ระดับ	องค์ประกอบของความสามารถในการสร้างแบบจำลอง		
	ตัวแทนความเข้าใจ	**การสื่อความ**	**การอธิบาย**
1	มีตัวแทนเป็นสิ่งที่เป็นรูปธรรม/ รับรู้จากประสามสัมผัส	ไม่มีการสื่อสาร/ ไม่เกี่ยวข้องกับปรากฏการณ์	ไม่มี/ ไม่อธิบายความสัมพันธ์ที่สอดคล้องกับปรากฏการณ์
2	เป็นตัวแทนของสิ่งที่เป็นนามธรรม/ ไม่สามารถรับรู้ได้จากประสาทสัมผัส	สามารถสื่อความหมายให้ผู้อื่นเข้าใจได้เพียงบางส่วน	อธิบายความสัมพันธ์ที่ยังไม่ชัดเจน หรือสอดคล้องกับปรากฏการณ์ในบางส่วน
3	เป็นตัวแทนที่ผสมผสานระหว่างรูปธรรมและนามธรรม	สามารถสื่อความหมายให้ผู้อื่นเข้าใจได้อย่างชัดเจน	อธิบายความสัมพันธ์ที่อย่างชัดเจน หรือสอดคล้องกับปรากฏการณ์

Yael and Elizabeth (2011) ได้เสนอองค์ประกอบและตัวชี้วัดของความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ไว้ 3 ระดับ ดังนี้

ตารางที่ 2.4 แสดงองค์ประกอบและตัวชี้วัดของความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ตามแนวคิดของ Yael and Elizabeth (2011)

ระดับ	องค์ประกอบของความสามารถในการสร้างแบบจำลอง		
	การระบุสิ่งที่เป็นนามธรรม	**การสื่อความ**	**การอธิบาย**
1	เป็นแบบจำลองที่ไม่ได้มีการระบุถึงลักษณะของสิ่งที่จับต้องได้จากประสาทสัมผัส	เป็นแบบจำลองที่ไม่สามารถสื่อความหมายให้ผู้อื่นเข้าใจได้	(ไม่เกี่ยวข้อง)
2	เป็นแบบจำลองที่แสดงสิ่งที่ไม่สามารถรับรู้ได้	เป็นแบบจำลองที่สามารถสื่อความหมายและสะท้อนความคิดของผู้สร้างแบบจำลองได้	แบบจำลองถูกสร้างหรือใช้ในการอธิบายโดยทั่วไป

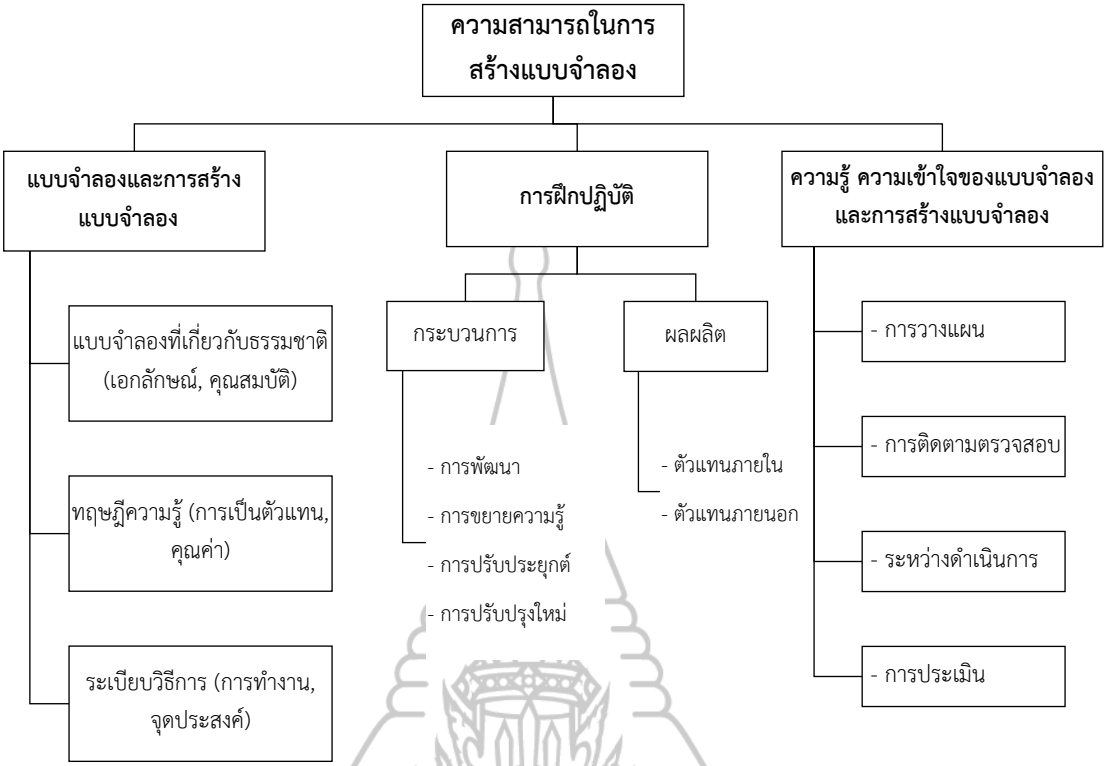
ตารางที่ 2.4 (ต่อ)

ระดับ	องค์ประกอบของความสามารถในการสร้างแบบจำลอง		
	การระบุสิ่งที่เป็นนามธรรม	**การสื่อความ**	**การอธิบาย**
3	(ไม่เกี่ยวข้อง)	(ไม่เกี่ยวข้อง)	แบบจำลองถูกสร้างหรือใช้โดยการอธิบายกลไกและแสดงกระบวนการ

Jong et al. (2015) ได้ระบุองค์ประกอบองค์ประกอบของความสามารถในการสร้างแบบจำลองไว้ 6 องค์ประกอบ ดังนี้

1. การเลือกองค์ประกอบของแบบจำลองที่มีความเหมาะสม (Model selection)
2. การเชื่อมองค์ประกอบของแบบจำลอง เพื่อสร้างแบบจำลอง (Model construction)
3. การตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลอง (Model validation)
4. การนำแบบจำลองมาวิเคราะห์ปัญหาที่เป้าหมาย (Model analysis)
5. การประยุกต์แบบจำลอง เพื่อใช้แก้ปัญหาในบริบทที่คล้ายกัน (Model deployment)
6. การปรับปรุงแบบจำลอง (Model reconstruction)

Chiu and Lin (2019) ได้กล่าวถึงองค์ประกอบของความสามารถในการสร้างแบบจำลองว่าประกอบไปด้วย แบบจำลองและการสร้างแบบจำลอง การฝึกปฏิบัติสร้างแบบจำลอง และ ความรู้ความเข้าใจของแบบจำลอง และการสร้างแบบจำลอง ที่จะช่วยส่งผลให้นักเรียนเป็นผู้ที่มีความสามารถในการสร้างแบบจำลอง โดยมีรายละเอียดดังภาพที่ 2.5



ภาพที่ 2.5 ส่วนประกอบของความสามารถในการสร้างแบบจำลอง ดัดแปลงมาจาก (Chiu and Lin)

ที่มา: “Modeling competence in science education. Disciplinary and Interdisciplinary Science Education Research.” by Lin, M.-H. C. a. J.-W., 2019.

จากการศึกษาองค์ประกอบและตัวชี้วัดของความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์พบว่า แนวคิดของ Schwarz et al. (2009) และ Yael and Elizabeth (2011) มีความสอดคล้องกันโดยมีการวัดระดับความสามารถในการสร้างแบบจำลองในองค์ประกอบย่อยต่าง ๆ เท่ากัน 3 ระดับ ในด้านการสื่อความหมายข้อมูล การอธิบายเกี่ยวกับแบบจำลองที่สร้างขึ้น ซึ่งเป็นการแสดงความสัมพันธ์ตัวแทนของความเข้าใจของสิ่งที่เป็นรูปธรรมและนามธรรมที่มีความเกี่ยวข้องกัน ผู้วิจัยจึงได้ศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับองค์ประกอบของความสามารถในการสร้างแบบจำลองพบว่า Chiu and Lin (2019) ได้แบ่งไว้ได้ 3 องค์ประกอบหลัก ดังภาพที่ 2.5 โดยในส่วนของแบบจำลองและการสร้างแบบจำลองมีองค์ประกอบย่อยที่สอดคล้องกับ แนวคิดของ Schwarz et al. (2009) และ Yael and Elizabeth (2011) เช่นกัน ประกอบกับ Jong et al. (2015) ที่ได้ระบุไว้ และเนื่องจากแบบจำลองเป็นตัวแทนของสิ่งที่อยู่ภายในเพื่อแสดงให้เห็นถึงความเข้าใจนั้นมีหลากหลายรูปแบบได้แก่ การวาดภาพ ข้อความ สัญลักษณ์

แผนภาพ สมการ เป็นต้น ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้แบ่งองค์ประกอบของความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์เป็น 3 องค์ประกอบ ได้แก่ 1) การสร้างแบบจำลอง คือ นักเรียนเขียนแบบจำลองจากข้อมูลซึ่งมีส่วนประกอบหลายอย่างที่กำหนดให้ 2) การปรับแบบจำลอง คือ นักเรียนนำสัญลักษณ์/ขอบเขต/ ข้อมูล เพิ่มเติมเป็นตัวช่วยในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ และ 3) การเปรียบเทียบแบบจำลอง คือ นักเรียนเปรียบเทียบ และแก้ไขแบบจำลองได้ตามข้อมูลเพิ่มเติม

4. ความสามารถในการคิดวิเคราะห์

4.1 ความหมาย และขอบเขตของการคิดวิเคราะห์

มีนักการศึกษาได้ให้ความหมายไว้ ดังต่อไปนี้

Bloom et al. (1956) อธิบายว่า การคิดวิเคราะห์เป็นการตรึกตรองและใช้ความมีเหตุผลของบุคคลเป็นขั้นตอนโดยการเรียนรู้จากความรู้ ความเข้าใจ การประยุกต์ใช้ การวิเคราะห์ การสังเคราะห์และการประเมินค่า โดยความสามารถในการคิดวิเคราะห์ยังเป็นการคิดขั้นสูงที่ประกอบด้วย การคิดแยกแยะองค์ประกอบ การคิดเชื่อมโยงความสัมพันธ์ และเกี่ยวกับความสำคัญของหลักการที่เกี่ยวข้อง

พิมพันธ์ เดชะคุปต์ และ พเยาว์ ยินดีสุข (2558) ได้กล่าวว่าการคิดวิเคราะห์ไว้เป็นทักษะการคิดขั้นสูงที่ใช้ความสามารถในการคิดทักษะพื้นฐานในการสังเกต เก็บรวบรวมข้อมูล ความรู้ต่าง ๆ แล้วนำมาจัดกระทำโดยการจัดกลุ่ม จำแนก เรียงลำดับ รวมทั้งใช้ตัวเลขในการจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล โดยคิดแยะแยะองค์ประกอบ บอกความสัมพันธ์ เปรียบเทียบความเหมือนความต่าง ระบุสาเหตุ หรือจุดเด่นจุดด้อยของข้อมูล หรือความรู้ หรือปรากฏการณ์ต่าง ๆ

นวลจิตต์ เชาวกีรติพงศ์ (2560) ได้อธิบายถึงความหมายและขอบเขตของการคิดวิเคราะห์ไว้ว่า เป็นการแยกแยะข้อมูลเป็นส่วนย่อย ๆ มีการเชื่อมโยงความสัมพันธ์เชิงเหตุผลของข้อมูลนั้น และยังเป็นพื้นฐานของการคิดในระดับอื่น ๆ

Ramadani (2021) ได้ให้ความหมายการคิดวิเคราะห์ไว้ว่า เป็นทักษะการคิดระดับสูงที่เกี่ยวข้องกับการจำแนกข้อมูลออกเป็นส่วน ๆ เพื่อให้ได้ความรู้เชิงลึกและข้อมูลที่แม่นยำ สามารถใช้ในการระบุและแก้ไขปัญหาได้ ซึ่งการคิดวิเคราะห์มีหลากหลายกระเทภ ได้แก่ การคิดแยกแยะ การระบุวัตถุประสงค์และมุมมองของข้อมูล และการจัดกระทำข้อมูลในการจัดระเบียบ

ทิศนา แขมมณี (2566) ได้อธิบายการคิดวิเคราะห์ไว้ว่า เป็นการพัฒนานักเรียนให้สืบค้นข้อเท็จจริง เพื่อตอบคำถาม โดยการตีความ การจำแนกแยกแยะ และทำความเข้าใจกับองค์ประกอบของสิ่งนั้น ๆ และองค์ประกอบที่มีความสัมพันธ์กัน รวมทั้งเชื่อมโยงความสัมพันธ์เชิงเหตุผลที่ไม่ขัดแย้งกันขององค์ประกอบนั้น ๆ ด้วยเหตุผลที่น่าเชื่อถือ

เนาวนิตย์ สงคราม (2566) ได้กล่าวถึงความสามารถในการคิดวิเคราะห์ไว้ว่าเป็นความสามารถทางสติปัญญาของพฤติกรรมด้านพุทธิพิสัย โดยนักเรียนสามารถคิดหรือแยกแยะเรื่อราวต่าง ๆ ออกเป็นส่วนประกอบย่อยที่สำคัญ และมองเห็นความสัมพันธ์ของส่วนที่เกี่ยวข้องกัน ซึ่งแต่ละบุคคลจะมีความสามารถในการคิดวิเคราะห์ที่แตกต่างกันไป

จากการศึกษาความหมายของการคิดวิเคราะห์และความสามารถในการคิดวิเคราะห์ สรุปได้ว่าเป็นความสามารถทางสติปัญญาของพฤติกรรมด้านพุทธิพิสัย ในการการคิดแยกแยะข้อมูลทั้งที่เป็นข้อเท็จจริงและความคิดเห็นออกเป็นส่วนย่อย ๆ และมีการเชื่อมโยงความสัมพันธ์เชิงเหตุผลของข้อมูลเหล่านั้น ทำให้เข้าใจเหตุการณ์ในแง่มุมต่าง ๆ ได้ชัดเจนมากขึ้น มีขอบเขตแบ่งได้ 3 ประเภท คือ 1) การคิดวิเคราะห์ความสำคัญ หมายถึง การแยกแยะส่วนประกอบ ความสำคัญ ของสิ่งที่กำหนด/ สถานการณ์ การระบุจุดเด่น จุดด้อย และสิ่งที่แอบแฝงอยู่จากข้อมูลนั้น ๆ 2) การคิดวิเคราะห์ความสัมพันธ์ หมายถึง การหาความสัมพันธ์ย่อย ๆ ของสิ่งที่กำหนด/ สถานการณ์ ว่าเกี่ยวข้องกันอย่างไร สอดคล้องหรือขัดแย้งกันอย่างไร และ 3) การคิดวิเคราะห์หลักการ หมายถึง การคิดหาความสำคัญและวิเคราะห์ความสัมพันธ์พิจารณาแยกแยะค้นหาความจริง ศึกษา สิ่งของเรื่องราว และการกระทำต่าง ๆ

4.2 แนวคิด ทฤษฎีเกี่ยวกับการคิดวิเคราะห์

Bloom et al. (1956) ได้จำแนกความสามารถในการคิดวิเคราะห์ออกเป็น 3 ระดับ ได้แก่ 1) การคิดวิเคราะห์ความสำคัญ 2) การคิดวิเคราะห์ความสัมพันธ์ และ 3) การคิดวิเคราะห์หลักการ ดังรายละเอียดต่อไปนี้

1. การคิดวิเคราะห์ความสำคัญ (Analysis of Element) เป็นความสามารถในการแยกแยะได้ว่า สิ่งใดจาเป็น สิ่งใดสำคัญ สิ่งใดมีบทบาทมากที่สุด ประกอบด้วย

1.1 วิเคราะห์ชนิด เป็นการให้นักเรียนวินิจฉัยว่า สิ่งนั้นเหตุการณ์นั้น ๆ จัดเป็นชนิดใด ลักษณะใด เพราะเหตุใด เช่น ข้อความนี้ (ทำดีได้ดี ทำชั่ว ได้ชั่ว) เป็นข้อความชนิดใด ต้นผักชี เป็นเป็นพืชชนิดใด ม้าน้ำเป็นพืชหรือสัตว์

1.2 วิเคราะห์สิ่งสำคัญ เป็นการวินิจฉัยว่าสิ่งใดสำคัญ สิ่งใดไม่สำคัญ เป็นการค้นหาสาระสำคัญ ข้อความหลัก ข้อสรุป จุดเด่น จุดด้อย ของสิ่งต่าง ๆ เช่น

1.2.1 สาระสำคัญของเรื่องนี้คืออะไร

1.2.2 ควรตั้งชื่อเรื่องนี้ว่าอะไร

1.2.3 การปฏิบัติเช่นนั้น เพื่ออะไร

1.2.4 สิ่งใดสำคัญที่สุด สิ่งใดมีบทบาทมากที่สุดจากสถานการณ์นี้

1.3 วิเคราะห์เลศนัย เป็นการมุ่งค้นหาสิ่งที่แอบแฝงซ่อนเร้น หรืออยู่เบื้องหลังจากสิ่งที่เห็น ซึ่ง มิได้บ่งบอกตรง ๆ แต่มีร่องรอยของความเป็นจริงซ่อนเร้นอยู่ เช่น

1.3.1 ภาพนี้หมายถึงใคร

1.3.2 ข้อความนี้หมายถึงใครหรือสถานการณ์ใด

1.3.3 เรื่องนี้ควรยกย่องหรือตำหนิใคร

1.3.4 เรื่องนี้ให้ข้อคิดอะไร ผู้เขียนมีความเชื่ออย่างไร

2. การคิดวิเคราะห์ความสัมพันธ์ (Analysis of Relationship) เป็นการค้นหาความสัมพันธ์ของสิ่งต่าง ๆ ว่ามีอะไรสัมพันธ์กัน สัมพันธ์กันอย่างไร สัมพันธ์กันมากน้อยเพียงใด สอดคล้องหรือขัดแย้งกัน ได้แก่

2.1 วิเคราะห์ชนิดของความสัมพันธ์

2.1.1 มุ่งให้คิดว่าเป็นความสัมพันธ์แบบใดมีสิ่งใดสอดคล้องกัน หรือไม่สอดคล้องกัน มีสิ่งใดที่เกี่ยวข้องกับเรื่องนี้และมีสิ่งใดไม่เกี่ยวข้องกับเรื่องนี้

2.1.2 มีข้อความใด มีสิ่งใดไม่สมเหตุสมผล เพราะอะไร

2.1.3 คำกล่าวใดสรุปผิด การตัดสินใจการกระทำอะไรไม่ถูกต้อง

2.1.4 สองสิ่งนี้เหมือนกันอย่างไร หรือแตกต่างกันอย่างไร

2.2 วิเคราะห์ขนาดของความสัมพันธ์

2.2.1 สิ่งใดที่เกี่ยวข้องกันมากที่สุด สิ่งใดเกี่ยวข้องน้อยที่สุด

2.2.2 สิ่งใดสัมพันธ์กับสถานการณ์ หรือเรื่องราวมากที่สุด

2.2.3 การเรียงลำดับมากน้อยของสิ่งต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง เช่น เรียงลำดับความรุนแรง จำนวน

2.3 วิเคราะห์ขั้นตอนความสัมพันธ์

2.3.1 เมื่อเกิดสิ่งนี้แล้ว เกิดผลลัพธ์อะไรตามมาบ้างตามลำดับ

2.3.2 การเรียงลำดับขั้นตอนของเหตุการณ์ วงจรของสิ่งของต่าง ๆ สิ่งที่จะเกิดขึ้นตามมาตามลำดับขั้นตอน

2.3.3 ผลสุดท้ายจะเป็นอย่างไร เช่น วิเคราะห์วงจรของฝน, ผีเสื้อ

2.4 วิเคราะห์จุดประสงค์และวิธีการ

2.4.1 การกระทำแบบนี้เพื่ออะไร การทำบุญตักบาตร (สุขใจ)

2.4.2 เมื่อทำอย่างนี้แล้วจะเกิดผลสัมฤทธิ์อย่างไร

2.4.3 ทำอย่างนี้มีเป้าหมายอย่างไร มีจุดมุ่งหมายอะไร

2.5 วิเคราะห์สาเหตุและผล

2.5.1 สิ่งใดเป็นสาเหตุของเรื่องนี้

2.5.2 หากไม่ทำอย่างนี้ผลจะเป็นอย่างไร

2.5.3 หากทำอย่างนี้ผลจะเป็นอย่างไร

2.5.4 ข้อความใดเป็นเหตุผลแก่กัน หรือขัดแย้งกัน

2.6 วิเคราะห์แบบความสัมพันธ์ในรูปอุปมาอุปไมย เช่น

2.6.1 บินเร็วเหมือนนก

2.6.2 ระบบประชาธิปไตยเหมือนกับระบบทำงานของอวัยวะในร่างกาย

3. การคิดวิเคราะห์หลักการ (Analysis of Organization Principles) หมายถึง การค้นหาโครงสร้างของระบบ เรื่องราว สิ่งของและการทำงานต่าง ๆ ว่าสิ่งเหล่านั้นดำรงอยู่ได้ในสภาพเช่นนั้นเนื่องจากอะไร มีอะไรเป็นแกนหลัก มีหลักการอย่างไร มีเทคนิคอะไรหรือยึดถือคติใด มีสิ่งใดเป็นตัวเชื่อมโยง การคิดวิเคราะห์หลักการเป็นการวิเคราะห์ที่ถือว่ามีความสำคัญที่สุด การจะวิเคราะห์เชิงหลักการได้ดีจะต้องมีความรู้ความสามารถในการวิเคราะห์องค์ประกอบและวิเคราะห์ความสัมพันธ์ได้ดีเสียก่อน เพราะผลจากความสามารถในการวิเคราะห์องค์ประกอบ และวิเคราะห์ความสัมพันธ์จะทำให้สามารถสรุปเป็นหลักการได้ ประกอบด้วย

3.1 วิเคราะห์โครงสร้าง เป็นการค้นหาโครงสร้างของสิ่งต่าง ๆ เช่น

3.1.1 การทำวิจัยมีกระบวนการทำงานอย่างไร

3.1.2 สิ่งนี้บ่งบอกความคิดหรือเจตนาอย่างไร

3.1.3 คำกล่าวนี้มีลักษณะอย่างไร (ชวนเชิญ โฆษณาชวนเชื่อ)

3.1.4 โครงสร้างของสังคมไทยเป็นอย่างไร

3.1.5 ส่วนประกอบของสิ่งนี้มีอะไรบ้าง

3.2 วิเคราะห์หลักการ เป็นการแยกแยะเพื่อค้นหาความจริงของสิ่งต่าง ๆ แล้วสรุปเป็นคำตอบหลักได้

3.2.1 หลักการของเรื่องนี้มีว่าอย่างไร

3.2.2 เหตุใดความรุนแรงใน 3 จังหวัดชายแดนภาคใต้จึงไม่มีทีท่าจะยุติลงได้

3.2.3 หลักการในการสอนของครูควรเป็นอย่างไร

Marzano (2001) อ้างถึงใน ประพันธ์ศิริ สุเสารัจ (2553); นวลจิตต์ เชาวกีรติพงศ์ (2560) ได้จำแนกความสามารถในการคิดวิเคราะห์ออกเป็น 5 องค์ประกอบ ดังนี้

1. การจำแนก เป็นความสามารถในการแยกแยะส่วนย่อยต่าง ๆ ของเหตุการณ์ เรื่องราว หรือสิ่งของเพื่อให้เข้าใจง่ายอย่างมีหลักเกณฑ์ สามารถบอกรายละเอียดของสิ่งต่าง ๆ ได้

2. การจัดหมวดหมู่ เป็นความสามารถในการจัดประเภท จัดกลุ่ม จัดลำดับของสิ่งที่มีลักษณะคล้ายกันเข้าไว้ด้วยกัน โดยยึดตามโครงสร้าง ลักษณะ หรือคุณสมบัติที่เป็นประเภทเดียวกัน

3. การสรุป เป็นความสามารถในการเชื่อมโยงความสัมพันธ์ของข้อมูลต่าง ๆ ทั้งข้อมูลเก่าที่มีอยู่ก่อนว่าสัมพันธ์กันอย่างไร อย่างมีเหตุผล

4. การประยุกต์ เป็นความสามารถในการจับประเด็นและสรุปผลของข้อมูลที่กำหนดให้ แล้วนำหลักการ ความรู้ ทฤษฎีมาใช้แก้ปัญหาในสถานการณ์ใหม่

5. การคาดการณ์ เป็นความสามารถในการนำความรู้ หลักการ และทฤษฎีมาใช้ในสถานการณ์ต่าง ๆ สามารถคาดคะเน ประมาณการ พยากรณ์ ขยายความ คาดเดาในสิ่งที่จะเกิดขึ้นในอนาคตได้

จากข้อมูลข้างต้นพบว่าแนวคิด ทฤษฎีเกี่ยวกับความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของ Bloom และMarzano เป็นแนวคิดที่มีความคล้ายคลึงกัน โดยสามารถสรุปเป็นตารางได้ดังนี้

ตารางที่ 2.5 แสดงแนวคิด ทฤษฎีที่เกี่ยวกับความสามารถในการคิดวิเคราะห์

แนวคิดของ Bloom	แนวคิดของ Marzano
1. การคิดวิเคราะห์ความสำคัญ	1. การจำแนก
	2. การจัดหมวดหมู่
2. การคิดวิเคราะห์ความสัมพันธ์	3. การสรุป
3. การคิดวิเคราะห์หลักการ	4. การประยุกต์
	5. การคาดการณ์

4.3 ลักษณะของคนที่มีความสามารถในการคิดวิเคราะห์

ประพันธ์ศิริ สุเสารัจ (2553) ได้กล่าวถึงลักษณะของคนที่มีความสามารถในการคิดวิเคราะห์ไว้ว่าเป็นคนที่ประกอบไปด้วยทักษะพื้นฐานที่สำคัญ เช่น การสังเกต การเปรียบเทียบ การคาดคะเนและการประยุกต์ใช้ การประเมิน การจำแนกแยกแยะประเภท การจัดหมวดหมู่ รวบรวมผลของการศึกษาค้นคว้าไปสู่ การสันนิษฐาน การสรุปผลเชิงเหตุผล การศึกษาหลักการ การเชื่อมโยงความสัมพันธ์ของสิ่งต่าง ๆ ด้วยเหตุผล

ชนาธิป พรกุล (2555) ได้กล่าวถึงลักษณะของคนที่มีความสามารถในการคิดวิเคราะห์ไว้ว่า เป็นคนที่มีความสามารถในการแยกแยะข้อมูล ตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้เองในการวิเคราะห์ข้อมูล และสามารถบอกความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบต่าง ๆ ของข้อมูลได้ รวมไปถึงสามารถนำเสนอผลการวิเคราะห์ได้ตามวัตถุประสงค์

ไพฑูรย์ สินลารัตน์ และคณะ (2560) ได้สรุปลักษณะของคนที่มีความสามารถในการคิดวิเคราะห์ไว้ว่า เป็นคนที่มีความสามารถที่จะมองเห็นสิ่งต่าง ๆ เหตุการณ์ต่าง ๆ สภาพแวดล้อมต่าง ๆ

แล้วสามารถแยกแยะองค์ประกอบและเชื่อมโยงความสัมพันธ์ของแต่ละองค์ประกอบเข้าด้วยกันได้อย่างเป็นเหตุเป็นผล และรู้ถึงความหมาย ความสำคัญขององค์ประกอบเหล่านั้น รวมถึงเป็นคนที่มีมุมมองที่หลากหลาย

จากข้อมูลที่นักการศึกษาได้กล่าวไว้ข้างต้นสรุปได้ว่า คนที่มีความสามารถในการคิดวิเคราะห์เป็นคนที่มีลักษณะที่มีมุมมองที่หลากหลาย มีทักษะพื้นฐานที่สำคัญ สามารถแยกแยะส่วนประกอบของข้อมูลต่าง ๆ และหาความสัมพันธ์ของข้อมูลนั้น รู้ความหมายและรู้ความสำคัญของข้อมูลเข้าใจในหลักการและส่วนประกอบของข้อมูลนั้น ๆ ด้วยเหตุและผล

4.4 การสร้างและหาคุณภาพเครื่องมือวัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์

4.4.1 การสร้างเครื่องมือวัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์

จิตติรัตน์ แสงเลิศอุทัย (2557) ได้สรุปแนวการสร้างแบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์ จำแนกไว้ 3 ประเภท ดังนี้

1. การสร้างแบบทดสอบถามการวิเคราะห์ส่วนประกอบหรือความสำคัญ ได้แก่ คำถามที่ให้แยกแยะเนื้อหาเพื่อหาข้อเท็จจริงที่แฝงอยู่

2. การสร้างแบบทดสอบถามการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ ได้แก่ คำถามที่ให้ค้นหาความเกี่ยวข้องสัมพันธ์กันระหว่างสิ่งต่าง ๆ ว่ามีความเกี่ยวข้องกันอย่างไร

3. การสร้างแบบทดสอบถามการวิเคราะห์หลักการ ได้แก่ คำถามที่ให้ค้นหาหลักการ องค์ประกอบของสาระความรู้ เรื่องราว หรือการกระทำต่าง ๆ

ทวีศักดิ์ จินดานุรักษ์ (2560) ได้ให้แนวทางในการการสร้างและหาคุณภาพเครื่องมือวัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์โดยแบ่งขั้นตอนการดำเนินการไว้ดังนี้

1. กำหนดจุดมุ่งหมายของแบบทดสอบ ว่าต้องการวัดสิ่งได้มีจุดประสงค์เพื่ออะไร

2. กำหนดกรอบของการทดสอบและนิยามเชิงปฏิบัติการของการคิดวิเคราะห์

3. สร้างผังข้อสอบ เป็นการกำหนดเค้าโครงของแบบทดสอบ โดยการกำหนดว่าแต่ละส่วนมีน้ำหนักความสำคัญมากน้อยเพียงใด

4. กำหนดรูปแบบการเขียนข้อสอบ เขียนแบบทดสอบตามผังข้อสอบที่สร้างไว้

5. นำแบบทดสอบไปทดลองวิเคราะห์คุณภาพ เพื่อตรวจสอบคุณภาพของแบบทดสอบเป็นรายข้อในด้านความง่าย (p) และอำนาจจำแนก (r) แล้วเลือกแบบทดสอบที่มีความง่าย (p) และอำนาจจำแนก (r) ที่เหมาะสม

6. นำแบบทดสอบไปใช้จริง

สมคิด พรมจุ้ย (2561) ได้อธิบายเกี่ยวกับการสร้างเครื่องมือวัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์ว่า ต้องมีการวางแผนที่ประกอบไปด้วยขั้นตอนที่สำคัญ คือ การกำหนดจุดมุ่งหมายของการสร้างแบบทดสอบ การกำหนดลักษณะของแบบทดสอบ การกำหนดเนื้อหาของแบบทดสอบหรือสิ่งที่ต้องการวัด และการจัดทำแผนผังการสร้างแบบทดสอบ ดังรายละเอียดต่อไปนี้

1. การกำหนดจุดมุ่งหมายของการสร้างแบบทดสอบ เปรียบเสมือนการกำหนดเข็มทิศเพื่อไปสู่จุดมุ่งหมายที่ตั้งไว้ เช่น หากต้องการนำผลการสอบไปวินิจฉัยผลการเรียนในปัจจุบัน เนื้อหาของข้อสอบต้องมุ่งเน้นไปที่การค้นหาจุดอ่อน จุดเก่งของนักเรียนแต่ละคน เป็นต้น

2. การกำหนดลักษณะของแบบทดสอบ ลักษณะของแบบทดสอบต้องมีการกำหนดความยาวของแบบทดสอบ ช่วงเวลาที่ใช้ในการสอบ จำนวนข้อสอบ (ควรสร้างเผื่อไว้ประมาณ 20 – 30%) กำหนดความยากของแบบทดสอบ รวมไปถึงวิธีการดำเนินการสอบ เพื่อให้ผู้นำแบบทดสอบไปใช้สามารถใช้ได้อย่างถูกต้อง

3. การกำหนดเนื้อหาของแบบทดสอบหรือสิ่งที่ต้องการวัด การเตรียมเนื้อหาของแบบทดสอบที่มุ่งหวังให้เกิดขึ้นกับนักเรียนหลังจากได้เรียนเนื้อหาใดเนื้อหาหนึ่งไปแล้ว โดยกำหนดให้น้ำหนักความสำคัญแตกต่างกันไปในแต่ละหัวข้อ

4. การจัดทำแผนผังการสร้างแบบทดสอบ เป็นวางแผน กำหนดประเภทของแบบทดสอบ จำนวนข้อสอบ เนื้อหา วัตถุประสงค์และพฤติกรรมใด ๆ ที่ต้องการวัด โดยการจัดทำเป็นตารางวิเคราะห์ข้อสอบ

จากการศึกษาการสร้างเครื่องมือวัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของนักการศึกษาหลาย ๆ ท่าน ซึ่งมีความสอดคล้องเป็นไปในทิศทางเดียวกันโดยพบว่า การสร้างเครื่องมือวัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์มีลำดับขั้นตอน 4 ขั้นตอนดังรายละเอียดต่อไปนี้ 1) กำหนดจุดมุ่งหมายของแบบทดสอบ 2) กำหนดกรอบของการทดสอบและนิยามเชิงปฏิบัติการของการคิดวิเคราะห์ 3) สร้างผังข้อสอบ 4) กำหนดรูปแบบการเขียนข้อสอบ (เป็นการใช้คำถามที่ให้แยกแยะเนื้อหาเพื่อหาข้อเท็จจริงที่แฝงอยู่ เพื่อวัดการวิเคราะห์ส่วนประกอบหรือความสำคัญ คำถามที่ให้ค้นหาความเกี่ยวข้องสัมพันธ์กันระหว่างสิ่งต่าง ๆ ว่ามีความเกี่ยวข้องกันอย่างไรเพื่อวัดการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ และคำถามที่ให้ค้นหาหลักการองค์ประกอบของสาระความรู้ เรื่องราว หรือการกระทำต่าง ๆ เพื่อใช้วัดการวิเคราะห์หลักการ) และขั้นสุดท้าย 5) นำแบบทดสอบไปทดลองวิเคราะห์คุณภาพ แล้วจึงนำไปใช้จริง

4.4.2 การหาคุณภาพเครื่องมือวัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์

สมคิด พรมจุ้ย (2561) ได้ให้แนวทางในการหาคุณภาพเครื่องมือวัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์ โดยการตรวจสอบแบบทดสอบทั้งฉบับด้วยค่าความตรง และความเที่ยง และตรวจสอบรายข้อ ด้วยค่าความยาก และค่าอำนาจจำแนก มีรายละเอียดดังนี้

1. การตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือทั้งฉบับ

1.1 การตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหา โดยผู้เชี่ยวชาญในเนื้อหาที่สร้างเครื่องมือ ด้านความสอดคล้องระหว่างแบบทดสอบกับจุดประสงค์ โดยใช้ผู้เชี่ยวชาญลงความเห็นต่อแบบทดสอบเป็นรายข้อแล้วนำไปคำนวณค่าดัชนีความสอดคล้อง มี 2 วิธี ดังนี้

1.1.1 วิธีหาดัชนีความสอดคล้อง (Index of Item Objective Congruence: IOC) (Index of Item Objective Congruence: IOC

1.1.2 วิธีหาดัชนีความสอดคล้องโดยใช้มาตราส่วนประเมินค่า Likert ผู้ตอบจะพิจารณาเลือกตอบอย่างใดอย่างหนึ่งที่ตรงกับความคิดเห็นของตนมากที่สุด จากนั้นให้นำผลจากการพิจารณาของผู้เชี่ยวชาญในแต่ละข้อความหรือแต่ละตัวเลือกมาหาค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ข้อความใดหรือตัวเลือกใด มีค่าเฉลี่ยตั้งแต่ 3.5 ขึ้นไป และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานไม่เกิน 1.00 แสดงว่าข้อความหรือตัวเลือกนั้นมีความตรง

1.2 การตรวจสอบความเที่ยง เป็นการวัดความคงที่ของแบบทดสอบสามารถตรวจสอบได้หลากหลายวิธี ได้แก่ วิธีการสอบซ้ำ วิธีใช้ฟอร์มเทียบเท่า และวิธีหาความสอดคล้องภายในด้วยวิธีของคูเดอร์ - ริชาร์ดสัน โดยใช้สูตร KR - 20 และวิธีสัมประสิทธิ์แอลฟา ดังนี้

1.2.1 วิธีของคูเดอร์ - ริชาร์ดสัน โดยใช้สูตร KR - 20

1) นำแบบทดสอบให้ผู้สอบทำและตรวจให้คะแนนข้อผิดให้ 0 คะแนน ข้อถูกให้ 1 คะแนน

2) คำนวณหาสัดส่วนของผู้ตอบถูกแต่ละข้อ และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนนรวมของผู้สอบ

3) นำคะแนนที่ได้จากแบบทดสอบมาหาค่าความเที่ยงโดยใช้สูตรของคูเดอร์ - ริชาร์ดสัน ในการคำนวณหาความเที่ยง

1.2.2 วิธีสัมประสิทธิ์แอลฟา เป็นวิธีการที่นำมาใช้กับแบบทดสอบที่ให้คะแนนแบบ ตอบถูกได้ 1 คะแนน กับ ตอบผิดได้ 0 คะแนน หรือข้อสอบแบบความเรียงที่มีการให้คะแนนในแต่ละข้อคำถามที่หลากหลาย เช่น 4, 3, 2, 1, 0

2. การการตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือรายข้อ

2.1 การตรวจสอบความยาก (p) ของแบบทดสอบแบบอิงกลุ่ม เพื่อหาค่าความยากของแบบทดสอบรายข้อ ซึ่งเป็นสัดส่วนของผู้ตอบแต่ละข้อได้ถูกต้อง มีค่าอยู่ระหว่าง 0 ถึง 1.00 ซึ่งแบบทดสอบที่ง่ายจะมีค่าความยากสูง อยู่ประมาณ 0.95 หรือ 0.90 ส่วนแบบทดสอบที่ยากจะมีค่าความยากต่ำ อยู่ประมาณ 0.50 หรือ 0.10

2.2 การตรวจสอบอำนาจจำแนก (r) ของแบบทดสอบแบบอิงกลุ่ม เป็นความสามารถของข้อสอบในการจำแนกผู้ที่ได้คะแนนรวมสูงสุดออกจากผู้ที่ได้คะแนนรวมต่ำ

จากการศึกษาการหาคุณภาพเครื่องมือวัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์ข้างต้น สรุปได้ว่าคุณภาพของแบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์รายข้อ ต้องมีค่าความยาก และค่าอำนาจจำแนก ในแบบทดสอบรายข้อที่เหมาะสม คือ ค่าความยาก (p) อยู่ระหว่าง 0.20 – 0.80 และค่าอำนาจจำแนก (r) มีค่ามากกว่าหรือเท่ากับ 0.02 สำหรับการตรวจสอบคุณภาพของแบบทดสอบ

วัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์ทั้งฉบับ จะใช้วิธีการ การตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหา โดยผู้เชี่ยวชาญประเมินความสอดคล้องแล้วแปลผลค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) มีค่ามากกว่าหรือเท่ากับ 0.50 และหาความเที่ยงของแบบทดสอบทั้งฉบับโดยการตรวจสอบความเที่ยงด้วยวิธีหาความสอดคล้องภายในของคูเดอร์ - ริชาร์ดสัน โดยใช้สูตร KR - 20

5. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

5.1 งานวิจัยภายในประเทศ

พัณนิดา มีลา (2559) ได้ทำการศึกษาการสนับสนุนความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ด้วยการสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง ของแข็ง ของเหลว และแก๊ส พบว่า ก่อนเรียนนักเรียนส่วนใหญ่มีความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับต่ำ และหลังเรียนนักเรียนส่วนใหญ่พัฒนาความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับกลาง โดยมีค่าเฉลี่ยหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

โพธิศักดิ์ โพธิเสน และ ชาตรี ฝ่ายคำตา (2560) ได้ศึกษาเกี่ยวกับการพัฒนาแบบจำลองทางความคิดของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ในเรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี พบว่าแนวทางการสอนที่จะช่วยพัฒนาแบบจำลองทางความคิดของนักเรียนได้ดีนั้น ได้แก่ การใช้วิดีทัศน์ที่แสดงให้เห็นการเปลี่ยนแปลงในระดับมหภาคและจุลภาคผ่านการอุปมา และการจัดการเรียนรู้ ที่มีลำดับ คือ การนำเข้าสู่บทเรียนด้วยคำถาม นักเรียนค้นหาคำตอบ สร้างแบบจำลอง อภิปราย และปรับปรุงแบบจำลอง ใช้คำถามท้าทายซักไซ้ไล่เรียง ฝึกสร้างปฏิบัติด้วยตนเอง สามารถแบบจำลองทางความคิดที่เป็นแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์มากขึ้น และมีแบบจำลองทางความคิด ในเรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีที่ถูกต้องสมบูรณ์

ชลัญญา แนบสนิทธรรม (2561) ได้ศึกษาการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ตามแนวคิดคอนสตรัคติวิซึม เพื่อพัฒนาการคิดวิเคราะห์ของนักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 พบว่า นักเรียนที่ได้รับการสอนตามแนวคิดคอนสตรัคติวิซึม มีคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการคิดวิเคราะห์ก่อนการจัดการเรียนรู้เท่ากับ 26.53 คะแนน และมีคะแนนเฉลี่ยหลังการจัดการเรียนรู้ เท่ากับ 36.87 คะแนน ซึ่งความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

พงศกร เผือกสกุล (2562) ได้ทำการศึกษาการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับภาพยนต์ เพื่อส่งเสริมการคิดวิเคราะห์ เรื่อง กระบวนการเปลี่ยนแปลงของโลก ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 พบว่า การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับภาพยนต์สามารถส่งเสริมการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนได้ ทั้ง 3 ลักษณะ ได้แก่ การคิดวิเคราะห์ความสำคัญ การคิดวิเคราะห์หลักการ

และการคิดวิเคราะห์ความสัมพันธ์ โดยการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนได้ ทั้ง 3 ลักษณะ จากประเมินการนำเสนอและใบบันทึกกิจกรรมของนักเรียน ส่วนใหญ่อยู่ในระดับ ดี

สิทธิโชค เอี่ยมบุญ (2563) ได้ทำการศึกษาความคิดสร้างสรรค์ และความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน จำนวน 2 ห้องเรียน โดยมีกลุ่มทดลอง 1 ห้อง และกลุ่มควบคุม 1 ห้อง พบว่า 1) ความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนหลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน สูงกว่าหลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบปกติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 2) ความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนหลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ปิยะนารถ ประดับมุข (2563) ได้ทำการศึกษาผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานเพื่อพัฒนามโนทัศน์และความสามารถ ในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ลมฟ้าอากาศรอบตัว สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 พบว่า 1) ความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ลมฟ้าอากาศรอบตัว ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 หลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานสูง กว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 2) ความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ลมฟ้าอากาศรอบตัว ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 หลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานสูง กว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ณัฐพล กวดไทย (2563) ได้ทำการพัฒนาความสามารถในการสร้างแบบจำลองของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 รายวิชาชีววิทยา ด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน พบว่า การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานสามารถพัฒนาความสามารถในการสร้างแบบจำลองของนักเรียนได้ โดยเมื่อผ่านไปแต่ละวงจรปฏิบัติการจะมีจำนวนนักเรียนที่มีคะแนนความสามารถในการสร้างแบบจำลองผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 จำนวนมากขึ้นตามลำดับ

วัลลภ ปริญทอง และ ประสาท เนืองเฉลิม (2563) ได้ทำการพัฒนาทักษะการสร้างแบบจำลอง เรื่อง กรดและเบส ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบจำลองเป็นฐาน พบว่า นักเรียนมีค่าคะแนนเทียบกับเกณฑ์ที่กำหนดได้ระดับดี และจำนวนนักเรียนที่มีค่าคะแนนเฉลี่ยผ่านเกณฑ์ที่กำหนดระดับดี มีจำนวนเพิ่มขึ้น โดยในวงจรปฏิบัติการที่ 1 ร้อยละ 45.45 และในวงจรปฏิบัติการที่ 2 ร้อยละ 100

เอกพล จิตตะโส และหนูกร ปฐมพรรษ (2564) ได้ศึกษาการเรียนรู้แบบซิปปาเสริมด้วยแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ที่มีต่อความเข้าใจมโนทัศน์สารชีวโมเลกุลและความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 พบว่า 1) นักเรียนมีความเข้าใจมโนทัศน์สารชีวโมเลกุลหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 2) นักเรียนมีการเปลี่ยนแปลงความเข้าใจมโนทัศน์สารชีว

โมเลกุลระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และ 3) นักเรียนมีความสามารถในการคิดวิเคราะห์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

พรพิมล โพธิ์ไธสง และพรรณวิไล ดอกไม้ (2566) ได้ศึกษาการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานเพื่อส่งเสริมการคิดอย่างมีวิจารณญาณและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง เซลล์และการทำงานของเซลล์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 พบว่า คะแนนความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณทั้ง 4 ด้าน ได้แก่ 1) ความสามารถในการพิจารณาความน่าเชื่อถือของแหล่งข้อมูลและการสังเกต 2) ความสามารถในการอุปนัย 3) ความสามารถในการนิรนัย และ 4) ความสามารถในการระบุข้อตกลงเบื้องต้น มีคะแนนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

5.2 งานวิจัยต่างประเทศ

Hestenes (2006) ได้ทำการจัดการเรียนการสอนแบบปกติที่เน้นการสอนแบบบรรยายกับการจัดการเรียนการสอนโดยการสร้างแบบจำลองเพื่อทำความเข้าใจปรากฏการณ์ทางกายภาพในวิชาฟิสิกส์ด้านมโนทัศน์ เรื่องกลศาสตร์ โดยการให้นักเรียนจำนวน 3,394 คน เข้าอบรมเชิงปฏิบัติการ 3 – 4 สัปดาห์ พบว่าคะแนนมโนทัศน์เรื่องกลศาสตร์หลังเรียนสูงกว่ากลุ่มที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบปกติ ร้อยละ 52 ต่อ ร้อยละ 42

Schwarz et al. (2009) ได้ศึกษาแนวการพัฒนาความก้าวหน้าในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ โดยศึกษาจากการฝึกปฏิบัติสร้างแบบจำลองที่ประกอบด้วยความเข้าใจเกี่ยวกับธรรมชาติของแบบจำลองและขั้นตอนในการสร้างแบบจำลอง พบว่านักเรียนมีความสามารถในการสร้างแบบจำลองที่ดีขึ้นซึ่งพัฒนาจากการสร้างแบบจำลองทางความคิดไปสู่แบบจำลองที่มีความซับซ้อนมากขึ้นอธิบายปรากฏการณ์ หรือเหตุการณ์ได้ครบคลุมและชัดเจนมากขึ้น

Hung and Lin (2009) ได้ศึกษาการประเมินความสามารถในการสร้างแบบจำลองและพัฒนาโปรแกรมจำลอง (Pendulum Simulation Software) ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 จำนวน 15 คน พบว่านักเรียนได้รับการพัฒนาความสามารถในการสร้างแบบจำลองเข้าใจในกระบวนการสร้างแบบจำลองมากขึ้น

Yael and Elizabeth (2011)ได้ทำการศึกษาการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น ในด้านความรู้และความก้าวหน้าทางการเรียนรู้ พบว่า นักเรียนมีการพัฒนาความรู้เกี่ยวกับกลิ่นและสร้างแบบจำลองการระเหยได้ดีขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งมีผลเป็นไปตามวัตถุประสงค์เนื่องจากเป็นหัวข้อปรากฏการณ์ที่มีความสอดคล้องกับหัวข้อที่สอน ส่วนแบบจำลองเรื่องแรงเสียดทานยังไม่สามารถช่วยปรับปรุงความเข้าใจของนักเรียนได้เนื่องจากเป็นหัวข้อที่ไม่สอดคล้องกับหัวข้อที่สอน สรุปได้ว่าการสอนโดยใช้แบบจำลองเป็นฐานจะช่วยให้นักเรียนได้รับแนวทางในการพัฒนาความสามารถในการสร้างแบบจำลองได้

Bekiroğlu and Arslan (2014) ได้ทำการศึกษาผลของการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานต่อทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และความเข้าใจแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาครูชั้นปีที่ 4 สาขาฟิสิกส์ (อายุประมาณ 23 ปี) จำนวน 25 คน โดยแบ่งเป็นกลุ่มทดลอง จำนวน 13 คน (จัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน) และกลุ่มควบคุม จำนวน 12 คน (จัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะที่มีมีการสร้างแบบจำลอง) เป็นเวลา 10 สัปดาห์ ใช้แบบทดสอบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ แบบปรนัย จำนวน 36 ข้อ และแบบทดสอบความเข้าใจแนวคิดทางวิทยาศาสตร์แบบปรนัย จำนวน 30 ข้อ สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล คือ t-test และMann-Whitney U tests พบว่านักศึกษากลุ่มที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานมีคะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ความเข้าใจแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ไม่พบความแตกต่างระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียน

Lubis et al. (2020) ได้ศึกษาผลของการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานในการปรับปรุงความเข้าใจของนักเรียนเกี่ยวกับแนวคิดเรื่อง ความร้อนและการถ่ายโอนความร้อนของนักเรียน จำนวน 34 คน สุ่มกลุ่มตัวอย่างตามสะดวก เก็บข้อมูลก่อนเรียนและหลังเรียน โดยแบบทดสอบแบบเลือกตอบจำนวน 18 ข้อ พบว่านักเรียนมีความเข้าใจแนวคิดเรื่องการถ่ายเทความร้อนและการถ่ายเทความร้อนเพิ่มขึ้น

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องมีข้อสรุปว่า การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เป็นการจัดการเรียนรู้ที่ทำให้นักเรียนได้ทำกิจกรรมสืบเสาะเพื่อรวบรวมข้อมูลสำหรับสร้างความรู้ด้วยตนเอง ส่งเสริมความสามารถในการคิดวิเคราะห์ รู้จักเชื่อมโยงองค์ความรู้ต่าง ๆ ที่ได้รับมาหรือมีอยู่เข้าด้วยกันอย่างเป็นเหตุเป็นผล เป็นระบบ พัฒนาต่อยอดสู่ความคิดขั้นสูง และความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ โดยนักเรียนสามารถนำความรู้ที่ได้มาปรับประยุกต์ใช้กับสถานการณ์หรือปรากฏการณ์ต่าง ๆ ในชีวิตประจำวัน การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานจึงส่งผลให้นักเรียนมีความสามารถในการสร้างแบบจำลองและความสามารถในการคิดวิเคราะห์สูงขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับก่อนเรียนและการจัดการเรียนรู้แบบปกติ

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัย เรื่อง ผลการใช้การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง แสง ที่มีต่อความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์และความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนภัทรญาณวิทยา จังหวัดนครปฐม

1. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

1.1 ประชากร เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนภัทรญาณวิทยา จังหวัดนครปฐม ปีการศึกษา 2566 จัดเป็น 9 ห้องเรียนแบบคละความสามารถ โดยมีนักเรียนจำนวน ทั้งสิ้น 261 คน

1.2 กลุ่มตัวอย่าง เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ดังกล่าว จำนวน 2 ห้องเรียน มีนักเรียน 64 คน ซึ่งได้มาโดยการสุ่มแบบกลุ่ม แล้วจับสลากให้ห้องหนึ่งเป็นกลุ่มทดลอง และอีกห้องหนึ่งเป็นกลุ่มควบคุม

2. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

2.1 เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง ได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง แสง จำนวน 4 แผน ใช้เวลาสอน 18 ชั่วโมง และแผนการจัดการเรียนรู้แบบปกติใช้เวลาสอนเท่ากัน

2.2 เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

2.2.1 แบบวัดความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์

2.2.2 แบบวัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์

3. การสร้างและหาคุณภาพเครื่องมือ

3.1 เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง ได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน และแผนการจัดการเรียนรู้แบบปกติ มีขั้นตอนการสร้างและหาคุณภาพ ดังนี้

3.1.1 แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

1) ศึกษาและวิเคราะห์หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) จุดมุ่งหมาย สาระและมาตรฐานการเรียนรู้ ตัวชี้วัด ขอบข่ายของเนื้อหาสาระกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี และหลักสูตรสถานศึกษาโรงเรียนภัทรญาณวิทยา ในรายวิชาวิทยาศาสตร์พื้นฐาน สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

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

ตารางที่ 3.1 วิเคราะห์รายละเอียดการสร้างแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้	เป้าหมาย	บทบาทของผู้สอน	บทบาทของผู้เรียน
ขั้นที่ 1 ขั้นสร้างแบบจำลอง	นักเรียนแสดงแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์อธิบายปรากฏการณ์หรือสถานการณ์ที่สนใจจากความรู้เดิม	1) กระตุ้นให้นักเรียนเกิดความสนใจ สนับสนุนให้นักเรียนสร้างแบบจำลองที่เกี่ยวกับสถานการณ์หรือปรากฏการณ์ 2) กระตุ้นให้นักเรียนตั้งคำถาม และสมมติฐานกับสถานการณ์หรือปรากฏการณ์	ระดมความคิดจากความรู้และประสบการณ์เดิมสร้างแบบจำลองที่เป็นตัวแทนของสถานการณ์หรือปรากฏการณ์ที่สนใจ
ขั้นที่ 2 ขั้นประเมินแบบจำลอง	นักเรียนประเมินแบบจำลองของตนเองในขั้นที่ 1 กับหลักฐานเชิงประจักษ์ที่ได้จากการศึกษาค้นคว้า	1) สร้างบรรยากาศที่ดีในการสืบค้น และแนะนำแหล่งข้อมูลที่ใช้ในการศึกษาค้นคว้า 2) ให้ข้อมูลเพิ่มเติมเกี่ยวกับสิ่งที่นักเรียนสนใจนำไปสร้างแบบจำลองแล้ว ใช้คำถามสะท้อนคิด	1) วางแผน ออกแบบการตรวจสอบสมมติฐานแบบจำลองที่สร้างขึ้น 2) สำรวจ ตรวจสอบเพื่อรวบรวมหลักฐานเชิงประจักษ์ 3) แสดงความคิดเห็นเพื่อตัดสินแบบจำลองของตน

ตารางที่ 3.1 (ต่อ)

ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้	เป้าหมาย	บทบาทของผู้สอน	บทบาทของผู้เรียน
		ให้เกิดการเชื่อมโยงแบบจำลองกับตัวแปรต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง 3) ใช้คำถามที่ชี้นำให้เกิดการอภิปรายถึงแบบจำลองที่สร้างขึ้นกับหลักฐานเชิงประจักษ์ 4) ใช้วิธีการที่หลากหลายที่สนับสนุนให้นักเรียนอภิปรายร่วมกัน 5) หาจุดแข็งและจุดอ่อนของแบบจำลองที่นักเรียนสร้างขึ้น	ในขั้นที่ 1 เพื่อประเมินความสอดคล้องของแบบจำลองที่สร้างขึ้นกับหลักฐานเชิงประจักษ์ 4) แลกเปลี่ยนเรียนรู้อภิปรายร่วมกัน 5) ศึกษาจุดแข็งและจุดอ่อนของแบบจำลองที่สร้างขึ้น
ขั้นที่ 3 ขั้นปรับปรุงแบบจำลอง	นักเรียนดัดแปลงแก้ไขแบบจำลองจนสามารถใช้อธิบายปรากฏการณ์หรือสถานการณ์ที่สนใจได้อย่างถูกต้อง	1) ส่งเสริมให้นักเรียนปรับปรุงแบบจำลองให้เป็นรูปธรรมมากยิ่งขึ้น 2) ตรวจสอบความคืบหน้าของแบบจำลองที่นักเรียนสร้างขึ้น	1) ปรับปรุงแก้ไขแบบจำลองให้สอดคล้องกับหลักฐานเชิงประจักษ์และข้อเสนอแนะที่ได้รับ
ขั้นที่ 4 ขั้นขยายแบบจำลอง	นักเรียนใช้แบบจำลองที่ผ่านการดัดแปลงแก้ไขมาอธิบายและทำนายปรากฏการณ์หรือสถานการณ์อื่น ๆ	1) กระตุ้นให้นักเรียนเชื่อมโยงแนวคิด 2) นำสรุปบทเรียนที่ได้จากการเรียนรู้ 3) กำหนดสถานการณ์ปรากฏการณ์ที่ใกล้เคียง	1) สะท้อนคิดความรู้ที่ได้จากการสร้างแบบจำลอง 2) นำแบบจำลองที่สมบูรณ์มาใช้อธิบายสถานการณ์หรือปรากฏการณ์อื่น ๆ ที่ใกล้เคียง

ตารางที่ 3.1 (ต่อ)

ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้	เป้าหมาย	บทบาทของผู้สอน	บทบาทของผู้เรียน
		และอธิบายได้ด้วยแบบจำลองที่นักเรียนสร้างขึ้น	

3) ศึกษาวิเคราะห์รายละเอียดเนื้อหาสาระการเรียนรู้ เพื่อออกแบบและวางแผนในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ และการประเมินผลการเรียนรู้ให้ตรงตามหลักสูตรที่กำหนด

4) สร้างแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน ให้สัมพันธ์กับมาตรฐานการเรียนรู้ช่วงชั้น ตัวชี้วัด และสาระการเรียนรู้ จำนวน 4 แผน ใช้เวลารวมทั้งหมด 18 ชั่วโมง ได้แยกเป็นแผนการจัดการเรียนรู้ ดังตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.2 กรอบเนื้อหาแผนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง แสง

แผนการจัดการเรียนรู้ที่	ชื่อเรื่อง	ตัวชี้วัด	จำนวนชั่วโมง
1	การสะท้อนของแสง	ว 2.3 ม.3/ 13 ออกแบบการทดลองและดำเนินการทดลองด้วยวิธีที่เหมาะสมในการอธิบาย กฎการสะท้อนของแสง ว 2.3 ม.3/ 14 เขียนแผนภาพการเคลื่อนที่ของแสง แสดงการเกิดภาพจากกระจกเงา	5
2	การหักเหของแสง	ว 2.3 ม.3/ 15 อธิบายการหักเหของแสงเมื่อผ่านตัวกลางโปร่งใสที่แตกต่างกัน และอธิบายการกระจายแสงของแสงขาวเมื่อผ่านปริซึมจากหลักฐาน เชิงประจักษ์ ว 2.3 ม.3/ 16 เขียนแผนภาพการเคลื่อนที่ของแสง แสดงการเกิดภาพจากเลนส์บาง	6

ตารางที่ 3.2 (ต่อ)

แผนการจัดการเรียนรู้ที่	ชื่อเรื่อง	ตัวชี้วัด	จำนวนชั่วโมง
3	ตาและความสว่างของแสง	ว 2.3 ม.3/ 18 เขียนแผนภาพการเคลื่อนที่ของแสง แสดงการเกิดภาพของทัศนอุปกรณ์และเลนส์ตา ว 2.3 ม.3/ 19 อธิบายผลของความสว่างที่มีต่อดวงตาจากข้อมูลที่ได้จากการสืบค้น ว 2.3 ม.3/ 20 วัดความสว่างของแสงโดยใช้อุปกรณ์วัดความสว่างของแสง ว 2.3 ม.3/ 21 ตระหนักในคุณค่าของความรู้เรื่อง ความสว่างของแสงที่มีต่อดวงตา โดยวิเคราะห์สถานการณ์ ปัญหาและเสนอแนะการจัดความสว่าง ให้เหมาะสมในการทำกิจกรรมต่าง ๆ	4
4	ปรากฏการณ์ที่เกี่ยวกับแสงและทัศนอุปกรณ์	ว 2.3 ม.3/ 17 อธิบายปรากฏการณ์ที่เกี่ยวกับแสงและการทำงานของทัศนอุปกรณ์จากข้อมูลที่รวบรวมได้ ว 2.3 ม.3/ 18 เขียนแผนภาพการเคลื่อนที่ของแสงแสดงการเกิดภาพของทัศนอุปกรณ์และเลนส์ตา	3
		รวม	**18**

5) นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่สร้างขึ้นเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์เพื่อตรวจสอบความถูกต้องและความเหมาะสม แล้วปรับปรุงแก้ไข

6) นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่ปรับปรุงแก้ไขแล้ว เสนอต่อผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 ท่าน เพื่อตรวจสอบ พบว่า แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 - 4 มีค่าคะแนนเฉลี่ยของระดับความคิดเห็นเท่ากับ 4.75, 4.75, 4.75, 4.72 ตามลำดับ และได้ค่าคะแนนเฉลี่ยความเหมาะสมของทั้ง 4 แผนการจัดการเรียนรู้เท่ากับ 4.74 สรุปได้ว่าแผนการจัดการเรียนรู้มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุดทุกแผน

7) ปรับปรุงแก้ไขแผนการจัดการเรียนรู้ที่ได้รับการตรวจพิจารณา แก้ไขปรับปรุงตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ

8) นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่แก้ไขปรับปรุงเรียบร้อยแล้วไปใช้จริงกับกลุ่มตัวอย่าง

3.1.2 แผนการจัดการเรียนรู้แบบปกติ

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ใช้ในการจัดการเรียนการสอนแบบปกติใช้จัดการเรียนรู้ตามคู่มือการใช้หลักสูตรรายวิชาพื้นฐานวิทยาศาสตร์ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ระดับมัธยมศึกษาตอนต้น ของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ซึ่งเสนอวิธีการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ มีทั้งหมด 5 ขั้น ซึ่งมีรายละเอียดต่าง ๆ ดังนี้

1) ขั้นสร้างความสนใจ เป็นขั้นที่มีการที่มีการกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดความสงสัยแล้วเกิดปัญหาหรือประเด็นที่จะศึกษา ซึ่งเป็นขั้นที่มีความสำคัญในการทำให้นักเรียนสงสัยและต้องการศึกษาต่อ

2) ขั้นสำรวจและค้นหา เป็นการจัดกิจกรรม ให้ผู้เรียนมีประสบการณ์ร่วมกันในการสร้างองค์ความรู้ใหม่ โดยการวางแผนกำหนดการสำรวจตรวจสอบ และลงมือปฏิบัติ ในการสำรวจตรวจสอบปัญหาหรือประเด็นที่ผู้เรียนสนใจ

3) ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป เป็นการจัดกิจกรรมหรือสถานการณ์ที่ให้ผู้เรียนได้สร้างองค์ความรู้ใหม่ร่วมกันทั้งชั้นเรียน โดยนำเสนอองค์ความรู้ที่ได้จากการสำรวจ ตรวจสอบ พร้อมทั้งวิเคราะห์ อธิบาย และเปิดโอกาสให้มีการอภิปรายแลกเปลี่ยนเรียนรู้

4) ขั้นอธิบายความรู้ เป็นกิจกรรมให้ผู้เรียนได้เพิ่มเติมหรือเติมเต็มองค์ความรู้ใหม่ให้มากขึ้น โดยอภิปรายแลกเปลี่ยนเรียนรู้ และเชื่อมโยงความรู้เดิมสู่องค์ความรู้ใหม่อย่างเป็นระบบ

5) ขั้นประเมินผล เป็นการจัดกิจกรรมที่ให้ผู้เรียนได้ประเมินกระบวนการสำรวจตรวจสอบและผลการสำรวจตรวจสอบ หรือองค์ความรู้ใหม่ของตนเองและของเพื่อนร่วมชั้นเรียน

3.2 การสร้างและหาคุณภาพเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล ได้แก่ แบบวัดความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ และแบบวัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์ มีขั้นตอนในการสร้าง ดังนี้

3.2.1 แบบวัดความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์

1) ศึกษาหนังสือ เอกสาร และงานวิจัยเกี่ยวกับการสร้างแบบทดสอบวัดความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์

2) กำหนดกรอบแนวคิด การวัด นิยามเชิงปฏิบัติการของการวัดความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ ดังตารางที่ 3.3

ตารางที่ 3.3 กรอบแนวคิดการวัดความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์กรอบความหมายและตัวชี้วัดผลงาน

ข้อ	องค์ประกอบความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์	ขั้นตอนความสามารถในการสร้างแบบจำลอง	ตัวบ่งชี้ความสามารถของนักเรียน
1	การสร้างแบบจำลอง	1. ให้นักเรียนเขียนแบบจำลองจากข้อมูลซึ่งมีส่วนประกอบหลายอย่างที่กำหนดให้	นักเรียนแสดงแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์อธิบายปรากฏการณ์ หรือสถานการณ์ที่สนใจจากความรู้เดิม
2	การแก้ไขปรับปรุงแบบจำลอง	2. กำหนดสัญลักษณ์/ขอบเขต/ ข้อมูล เพิ่มเติมเป็นตัวช่วยในการสร้างแบบจำลอง	นักเรียนประเมินแบบจำลองของตนเองในขั้นที่ 1 กับข้อมูลเพิ่มเติมที่ได้รับแล้วดัดแปลงแก้ไขแบบจำลองจนสามารถใช้อธิบายปรากฏการณ์หรือสถานการณ์ที่สนใจได้อย่างถูกต้อง
3	การเปรียบเทียบและประเมินแบบจำลอง	3. ให้นักเรียนเปรียบเทียบและปรับแก้แบบจำลอง	นักเรียนเปรียบเทียบ จุดเด่นจุดด้อยของแบบจำลองที่ตนเองสร้างขั้นในข้อที่ 1 และ ข้อที่ 2 ว่ามีความเหมือนหรือแตกต่างกันอย่างไร และเสนอแนวทางในการปรับปรุงแบบจำลองในข้อที่ 1 ให้ดีขึ้น

3) สร้างแบบทดสอบวัดความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ ประกอบด้วย สถานการณ์ หรือปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์ จำนวน 4 สถานการณ์ แต่ละสถานการณ์ประกอบด้วย คำถามจำนวน 3 ข้อ ที่สอดคล้องกับองค์ประกอบ และตัวบ่งชี้ความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ กำหนดเฉลยคำตอบ และเกณฑ์การให้คะแนนในการทำแบบทดสอบวัดความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ ดังตารางที่ 3.4 - 3.10

ตารางที่ 3.4 เกณฑ์การให้คะแนนแบบทดสอบวัดความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ องค์ประกอบที่ 1 การสร้างแบบจำลอง (ระดับคะแนน 5 คะแนน)

ระดับคะแนน	เกณฑ์
5	สามารถวาดภาพและอธิบายสถานณ์ที่กำหนดให้ได้ถูกต้องสมบูรณ์ มีความครบถ้วนสมบูรณ์ 100 – 85 % ตามองค์ประกอบทั้ง 5 องค์ประกอบ
4	สามารถวาดภาพและอธิบายสถานณ์ที่กำหนดให้ได้ถูกต้อง แต่ยังขาดหาย หรือคลาดเคลื่อนไป 1 องค์ประกอบ มีความครบถ้วนสมบูรณ์โดยรวม 84 - 70 %
3	สามารถวาดภาพและอธิบายสถานณ์ที่กำหนดให้ได้ถูกต้อง แต่ยังขาดหาย หรือคลาดเคลื่อนไป 2 องค์ประกอบ มีความครบถ้วนสมบูรณ์โดยรวม 69 - 55 %
2	สามารถวาดภาพและอธิบายสถานณ์ที่กำหนดให้ได้ถูกต้อง แต่ยังขาดหาย หรือคลาดเคลื่อนไป 3 องค์ประกอบ มีความครบถ้วนสมบูรณ์โดยรวม 54 - 40 %
1	สามารถวาดภาพและอธิบายสถานณ์ที่กำหนดให้ได้ถูกต้อง แต่ยังขาดหาย หรือคลาดเคลื่อนไป 4 องค์ประกอบ มีความครบถ้วนสมบูรณ์โดยรวม 40 %
0	ไม่มีคำตอบ หรือคำตอบไม่ตรงกับคำถาม

ตารางที่ 3.5 เกณฑ์การให้คะแนนแบบทดสอบวัดความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ องค์ประกอบที่ 1 การสร้างแบบจำลอง (ระดับคะแนน 4 คะแนน)

ระดับคะแนน	เกณฑ์
4	สามารถวาดภาพและอธิบายสถานณ์ที่กำหนดให้ได้ถูกต้องสมบูรณ์ มีความครบถ้วนสมบูรณ์ 100 – 80 % ตามองค์ประกอบทั้ง 4 องค์ประกอบ
3	สามารถวาดภาพและอธิบายสถานณ์ที่กำหนดให้ได้ถูกต้อง แต่ยังขาดหาย หรือคลาดเคลื่อนไป 1 องค์ประกอบ มีความครบถ้วนสมบูรณ์โดยรวม 79 – 60 %
2	สามารถวาดภาพและอธิบายสถานณ์ที่กำหนดให้ได้ถูกต้อง แต่ยังขาดหาย หรือคลาดเคลื่อนไป 2 องค์ประกอบ มีความครบถ้วนสมบูรณ์โดยรวม 59 – 40 %
1	สามารถวาดภาพและอธิบายสถานณ์ที่กำหนดให้ได้ถูกต้อง แต่ยังขาดหาย หรือคลาดเคลื่อนไป 3 องค์ประกอบ มีความครบถ้วนสมบูรณ์โดยรวม 40 %
0	ไม่มีคำตอบ หรือคำตอบไม่ตรงกับคำถาม

ตารางที่ 3.6 เกณฑ์การให้คะแนนแบบทดสอบวัดความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ ข้อที่ 1 การสร้างแบบจำลอง (ระดับคะแนน 3 คะแนน)

ระดับคะแนน	เกณฑ์
3	สามารถวาดภาพและอธิบายสถานณ์ที่กำหนดให้ได้ถูกต้องสมบูรณ์ มีความครบถ้วนสมบูรณ์ 100 – 70 % ตามองค์ประกอบทั้ง 3 องค์ประกอบ
2	สามารถวาดภาพและอธิบายสถานณ์ที่กำหนดให้ได้ถูกต้อง แต่ยังขาดหาย หรือคลาดเคลื่อนไป 1 องค์ประกอบ มีความครบถ้วนสมบูรณ์โดยรวม 69 – 40 %
1	สามารถวาดภาพและอธิบายสถานณ์ที่กำหนดให้ได้ถูกต้อง แต่ยังขาดหาย หรือคลาดเคลื่อนไป 2 องค์ประกอบ มีความครบถ้วนสมบูรณ์โดยรวม 40 %
0	ไม่มีคำตอบ หรือคำตอบไม่ตรงกับคำถาม

ตารางที่ 3.7 เกณฑ์การให้คะแนนแบบทดสอบวัดความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ ข้อที่ 2 การแก้ไขปรับปรุงแบบจำลอง (ระดับคะแนน 5 คะแนน)

ระดับคะแนน	เกณฑ์
5	นำสัญลักษณ์ที่กำหนดให้มาใช้ในการสร้างแบบจำลอง เพื่ออธิบายสถานณ์ที่กำหนดให้ได้อย่างครบถ้วนโดยแสดงให้เห็นถึงความสอดคล้อง เป็นเหตุเป็นผลอย่างครบถ้วนสมบูรณ์ ทั้ง 5 องค์ประกอบ
4	นำสัญลักษณ์ที่กำหนดให้มาใช้ในการสร้างแบบจำลอง เพื่ออธิบายสถานณ์ที่กำหนดให้ได้อย่างครบถ้วนโดยแสดงให้เห็นถึงความสอดคล้อง เป็นเหตุเป็นผล ได้ถูกต้อง แต่ยังขาดหาย หรือคลาดเคลื่อนไป 1 องค์ประกอบ
3	นำสัญลักษณ์ที่กำหนดให้มาใช้ในการสร้างแบบจำลอง เพื่ออธิบายสถานณ์ที่กำหนดให้ได้อย่างครบถ้วนโดยแสดงให้เห็นถึงความสอดคล้อง เป็นเหตุเป็นผล ได้ถูกต้อง แต่ยังขาดหาย หรือคลาดเคลื่อนไป 2 องค์ประกอบ
2	นำสัญลักษณ์ที่กำหนดให้มาใช้ในการสร้างแบบจำลอง เพื่ออธิบายสถานณ์ที่กำหนดให้ได้อย่างครบถ้วนโดยแสดงให้เห็นถึงความสอดคล้อง เป็นเหตุเป็นผล ได้ถูกต้อง แต่ยังขาดหาย หรือคลาดเคลื่อนไป 3 องค์ประกอบ

ตารางที่ 3.7 (ต่อ)

ระดับคะแนน	เกณฑ์
1	นำสัญลักษณ์ที่กำหนดให้มาใช้ในการสร้างแบบจำลอง เพื่ออธิบายสถานณ์ที่กำหนดให้ได้อย่างครบถ้วนโดยแสดงให้เห็นถึงความสอดคล้อง เป็นเหตุเป็นผล ได้ถูกต้อง แต่ยังขาดหาย หรือคลาดเคลื่อนไป 4 องค์ประกอบ
0	ไม่มีคำตอบ หรือคำตอบไม่ตรงกับคำถาม

ตารางที่ 3.8 เกณฑ์การให้คะแนนแบบทดสอบวัดความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ ข้อที่ 2 การแก้ไขปรับปรุงแบบจำลอง (ระดับคะแนน 4 คะแนน)

ระดับคะแนน	เกณฑ์
4	นำสัญลักษณ์ที่กำหนดให้มาใช้ในการสร้างแบบจำลอง เพื่ออธิบายสถานณ์ที่กำหนดให้ได้อย่างครบถ้วนโดยแสดงให้เห็นถึงความสอดคล้อง เป็นเหตุเป็นผลอย่างครบถ้วนสมบูรณ์ ทั้ง 4 องค์ประกอบ
3	นำสัญลักษณ์ที่กำหนดให้มาใช้ในการสร้างแบบจำลอง เพื่ออธิบายสถานณ์ที่กำหนดให้ได้อย่างครบถ้วนโดยแสดงให้เห็นถึงความสอดคล้อง เป็นเหตุเป็นผล ได้ถูกต้อง แต่ยังขาดหาย หรือคลาดเคลื่อนไป 1 องค์ประกอบ
2	นำสัญลักษณ์ที่กำหนดให้มาใช้ในการสร้างแบบจำลอง เพื่ออธิบายสถานณ์ที่กำหนดให้ได้อย่างครบถ้วนโดยแสดงให้เห็นถึงความสอดคล้อง เป็นเหตุเป็นผล ได้ถูกต้อง แต่ยังขาดหาย หรือคลาดเคลื่อนไป 2 องค์ประกอบ
1	นำสัญลักษณ์ที่กำหนดให้มาใช้ในการสร้างแบบจำลอง เพื่ออธิบายสถานณ์ที่กำหนดให้ได้อย่างครบถ้วนโดยแสดงให้เห็นถึงความสอดคล้อง เป็นเหตุเป็นผล ได้ถูกต้อง แต่ยังขาดหาย หรือคลาดเคลื่อนไป 3 องค์ประกอบ
0	ไม่มีคำตอบ หรือคำตอบไม่ตรงกับคำถาม

ตารางที่ 3.9 เกณฑ์การให้คะแนนแบบทดสอบวัดความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ ข้อที่ 2 การแก้ไขปรับปรุงแบบจำลอง (ระดับคะแนน 3 คะแนน)

ระดับคะแนน	เกณฑ์
3	นำสัญลักษณ์ที่กำหนดให้มาใช้ในการสร้างแบบจำลอง เพื่ออธิบายสถานณ์ที่กำหนดให้ได้อย่างครบถ้วนโดยแสดงให้เห็นถึงความสอดคล้อง เป็นเหตุเป็นผลอย่างครบถ้วนสมบูรณ์ ทั้ง 3 องค์ประกอบ
2	นำสัญลักษณ์ที่กำหนดให้มาใช้ในการสร้างแบบจำลอง เพื่ออธิบายสถานณ์ที่กำหนดให้ได้อย่างครบถ้วนโดยแสดงให้เห็นถึงความสอดคล้อง เป็นเหตุเป็นผลได้ถูกต้อง แต่ยังขาดหาย หรือคลาดเคลื่อนไป 1 องค์ประกอบ
1	นำสัญลักษณ์ที่กำหนดให้มาใช้ในการสร้างแบบจำลอง เพื่ออธิบายสถานณ์ที่กำหนดให้ได้อย่างครบถ้วนโดยแสดงให้เห็นถึงความสอดคล้อง เป็นเหตุเป็นผลได้ถูกต้อง แต่ยังขาดหาย หรือคลาดเคลื่อนไป 2 องค์ประกอบ
0	ไม่มีคำตอบ หรือคำตอบไม่ตรงกับคำถาม

ตารางที่ 3.10 เกณฑ์การให้คะแนนแบบทดสอบวัดความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ ข้อที่ 3 การเปรียบเทียบและประเมินแบบจำลอง

ระดับคะแนน	เกณฑ์
3	สามารถเปรียบเทียบความเหมือนหรือความต่าง ข้อดี ข้อด้อยระหว่างแบบจำลองในข้อที่ 2 และ 1 ได้อย่างชัดเจน รวมทั้งเสนอแนวทางในการปรับเปลี่ยนแบบจำลองในข้อ 1 ให้สมบูรณ์ขึ้นได้อย่างเหมาะสม มีความสอดคล้องกับลักษณะของสถานการณ์
2	สามารถเปรียบเทียบความเหมือนหรือความต่าง ข้อดี ข้อด้อยระหว่างแบบจำลองในข้อที่ 2 และ 1 ได้อย่างค่อนข้างชัดเจน รวมทั้งเสนอแนวทางในการปรับเปลี่ยนแบบจำลองในข้อ 1 ให้สมบูรณ์ขึ้นได้อย่างเหมาะสม มีความสอดคล้องกับลักษณะของสถานการณ์เป็นส่วนใหญ่
1	สามารถเปรียบเทียบความเหมือนหรือความต่าง ข้อดี ข้อด้อยระหว่างแบบจำลองในข้อที่ 2 และ 1 แต่ไม่สามารถเสนอแนวทางในการปรับปรุงแบบจำลองได้ หรือเสนอแนวทางแต่ไม่เหมาะสม

ตารางที่ 3.10 (ต่อ)

ระดับคะแนน	เกณฑ์
0	ไม่อธิบาย หรือไม่สามารถเปรียบเทียบความเหมือนหรือความต่าง ข้อดี ข้อด้อย ระหว่างแบบจำลองในข้อที่ 2 กับ 1 ได้

4) นำแบบทดสอบที่สร้างขึ้นเสนออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์เพื่อตรวจสอบความถูกต้อง พิจารณาให้ข้อเสนอแล้วนำไปปรับปรุงแก้ไขให้สมบูรณ์

5) นำแบบทดสอบที่ปรับปรุงแก้ไขแล้ว เสนอผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน เพื่อพิจารณาตรวจสอบคุณภาพความความสอดคล้องของข้อความในแบบวัดกับขั้นตอนของการสร้างแบบจำลอง และความสอดคล้องของเกณฑ์การให้คะแนนกับตัวชี้วัด โดยใช้เกณฑ์การประเมินระดับความคิดเห็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ ตามวิธีของ Likert พบว่า แบบทดสอบวัดความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ ได้คะแนนเฉลี่ยของระดับความคิดเห็นด้านความสอดคล้องของข้อความในแบบวัดกับขั้นตอนของการสร้างแบบจำลอง มีค่าคะแนนเฉลี่ย เท่ากับ 4.97 และด้านความสอดคล้องของเกณฑ์การให้คะแนนกับตัวชี้วัด มีค่าคะแนนเฉลี่ย เท่ากับ 4.92 ของทุกสถานการณ์ สรุปได้ว่าแบบทดสอบวัดความสามารถในการสร้างแบบจำลองมีความเหมาะสมทั้ง 2 ด้าน โดยมีค่าคะแนนเฉลี่ยรวม 4.94 มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด

6) นำแบบทดสอบวัดความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ที่ปรับปรุงแล้วไปหาประสิทธิภาพ โดยทดลองใช้กับกลุ่มนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนภัทรญาณวิทยา ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง

7) นำคะแนนที่ได้มาวิเคราะห์หาค่าความยาก (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) โดยใช้สูตรของ Whitney and Sabers พบว่า แบบทดสอบที่สร้างขึ้นมีค่าความยากตั้งแต่ 0.20 ถึง 0.58 มีค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.20 ถึง 0.55

8) นำคะแนนจากแบบทดสอบวัดความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ มาวิเคราะห์หาค่าความเที่ยงโดยใช้สูตรสัมประสิทธิ์แอลฟา (Alpha - Coefficient) ของ Cronbach พบว่า แบบทดสอบที่สร้างขึ้นมีค่าความเที่ยง 0.64

9) นำแบบทดสอบวัดความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ไปใช้กับกลุ่มตัวอย่างสำหรับการวิจัย

3.2.2 แบบวัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์

1) ศึกษาหนังสือ เอกสาร และงานวิจัยเกี่ยวกับการสร้างแบบวัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์

2) กำหนดกรอบแนวคิด การวัด นิยามเชิงปฏิบัติการของการวัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์ โดยผู้วิจัยยึดแนวคิดของ Benjamin S. Bloom สำหรับนำมาสร้างแบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์ 3 ระดับ ดังนี้

(1) การคิดวิเคราะห์ความสำคัญ หมายถึง การแยกแยะส่วนประกอบความสำคัญ ของสิ่งที่กำหนด/ สถานการณ์ที่กำหนด รวมถึงการระบุจุดเด่น จุดด้อย และสิ่งที่แอบแฝงอยู่จากข้อมูลนั้น ๆ

(2) การคิดวิเคราะห์ความสัมพันธ์ หมายถึง การหาความสัมพันธ์ย่อย ๆ ของเรื่องราว/ สิ่งที่กำหนด/ เหตุการณ์/ สถานการณ์ ว่ามีความเกี่ยวพันกันอย่างไร สอดคล้องหรือขัดแย้งกันอย่างไร เช่น ความสัมพันธ์ในเชิง สาเหตุ – ผล ความแตกต่าง การจัดกลุ่ม การเรียงลำดับ

(3) การคิดวิเคราะห์หลักการ หมายถึง การใช้ความสามารถในการคิดวิเคราะห์ความสำคัญและวิเคราะห์ความสัมพันธ์ พิจารณาแยกแยะค้นหาความจริง ศึกษาโครงสร้างของระบบ สิ่งของเรื่องราว และการกระทำต่าง ๆ แล้วนำมาสรุปเป็นหลักการ โดยการให้เหตุผลแบบอุปนัย

3) สร้างผังข้อสอบของแบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์ ตามแนวคิดของ Benjamin S. Bloom จำนวน 1 ฉบับ ตามกรอบแนวคิดที่กำหนดไว้ โดยสร้างเป็นแบบทดสอบแบบเลือกตอบ 4 ตัวเลือก มีคำตอบที่ถูกต้อง 1 ตัวเลือก จำนวน 5 สถานณการณ์ สถานการณ์ละ 4 ข้อคำถาม โดยไม่อิงกับเนื้อหาที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้ มีรายละเอียด ดังตารางที่ 3.11

ตารางที่ 3.11 จำนวนข้อสอบของแบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์

ความสามารถในการคิดวิเคราะห์	สถานการณ์ที่					รวม
	1	2	3	4	5	
1. วิเคราะห์ความสำคัญ	1	1	1	1	1	5
2. วิเคราะห์ความสัมพันธ์	2	2	2	2	2	10
3. วิเคราะห์หลักการ	1	1	1	1	1	5
รวม	**4**	**4**	**4**	**4**	**4**	**20**

4) สร้างแบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์ ให้ครอบคลุมตามระดับความสามารถในการคิดวิเคราะห์ที่กำหนดไว้ จำนวน 6 สถานการณ์ แต่ละสถานการณ์ประกอบด้วยคำถามจำนวน 4 ข้อ

5) นำแบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์ที่สร้างขึ้นเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ เพื่อตรวจสอบ พิจารณาถึงความถูกต้อง และเหมาะสม แล้วนำไปปรับปรุงแก้ไขให้สมบูรณ์ต่อไป

6) นำแบบทดสอบที่ปรับปรุงแก้ไขแล้ว เสนอต่อผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 ท่าน เพื่อพิจารณาตรวจสอบคุณภาพความตรงกับความสอดคล้องของข้อความในแบบวัดกับตัวบ่งชี้พฤติกรรมความสามารถในการคิดวิเคราะห์และความเหมาะสมของคำตอบที่ถูกต้อง โดยใช้เกณฑ์การประเมินระดับความคิดเห็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ ตามวิธีของ Likert พบว่า แบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์ มีคะแนนเฉลี่ยของระดับความคิดเห็น เท่ากับ 4.83 มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด

7) นำแบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์ที่ปรับปรุงแล้วไปหาประสิทธิภาพ โดยทดลองใช้กับกลุ่มนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนภัทรญาณวิทยา ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง

8) นำคะแนนที่ได้มาวิเคราะห์หาค่าความยาก (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) โดยใช้สูตรของ Whitney and Sabers พบว่า แบบทดสอบที่สร้างขึ้นมีค่าความยากตั้งแต่ 0.21 ถึง 0.57 มีค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.29 ถึง 0.86

9) นำคะแนนจากแบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์ มาวิเคราะห์หาค่าความเที่ยงโดยใช้สูตรสัมประสิทธิ์แอลฟา (Alpha-Coefficient) ของ Cronbach (KR - 20) พบว่าแบบทดสอบที่สร้างขึ้นมีค่าความเที่ยง 0.71

10) นำแบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์ ไปใช้กับกลุ่มตัวอย่างสำหรับการวิจัย

4. การเก็บรวบรวมข้อมูล

การวิจัยครั้งนี้มีวิธีการเก็บรวบรวมข้อมูล ดังนี้

4.1 ทดสอบก่อนเรียน ด้วยแบบทดสอบวัดความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ และแบบความสามารถในการคิดวิเคราะห์ ทดสอบนักเรียนทั้งในกลุ่มตัวอย่างและกลุ่มควบคุม แล้วนำผลการสอบมาตรวจให้คะแนน

4.2 ดำเนินการทดลอง โดยจัดกิจกรรมการเรียนรู้ให้กับผู้เรียน โดยในกลุ่มตัวอย่างใช้แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน และใช้แผนการจัดการเรียนรู้แบบปกติกับกลุ่มควบคุม โดยแผนแต่ละแบบ มีจำนวน 4 แผน ใช้เวลาทั้งหมด 18 ชั่วโมง

4.3 ทดสอบหลังการทดลอง เมื่อเสร็จสิ้นการสอนทุกแผนการจัดการเรียนรู้ ทำการทดสอบหลังเรียนโดยใช้แบบทดสอบวัดความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ และแบบความสามารถในการคิดวิเคราะห์ กับนักเรียนทั้งในกลุ่มตัวอย่างและกลุ่มควบคุม แล้วนำผลการสอบมาตรวจให้คะแนนบันทึกผลข้อมูลไว้ใช้ในการวิเคราะห์ผลต่อไป

5. การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยใช้ค่าสถิติการวิเคราะห์ข้อมูล ดังนี้

5.1 การวิเคราะห์เพื่อตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือ ประกอบด้วย

5.1.1 วิเคราะห์ความตรงของเนื้อหา จุดประสงค์การเรียนรู้ กิจกรรมการเรียนรู้และขั้นตอนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ของแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้เกณฑ์การประเมินระดับความคิดเห็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) 5 ระดับ ตามวิธีของ Likert

5.1.2 วิเคราะห์ความตรงของข้อคำถาม เกณฑ์การให้คะแนน กับตัวบ่งชี้ความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ ของแบบทดสอบวัดความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ และ ความสอดคล้องของข้อความในแบบวัดกับตัวบ่งชี้พฤติกรรมความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของแบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์ โดยใช้เกณฑ์การประเมินระดับความคิดเห็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) 5 ระดับ ตามวิธีของ Likert โดยใช้สูตรดังนี้ (สมคิด พรมจุ้ย, 2561)

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

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

เมื่อ $\bar{X}$ แทน ค่าเฉลี่ย

S.D. แทน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

N แทน จำนวนผู้เชี่ยวชาญ

โดยใช้มาตราส่วนประเมินค่า Likert ผู้ตอบจะพิจารณาเลือกตอบอย่างใดอย่างหนึ่งที่ตรงกับความคิดเห็นของตนมากที่สุด ให้พิจารณาอยู่ 5 ระดับ คือ

ให้ 1 หากเห็นว่าสอดคล้องน้อยที่สุด

ให้ 2 หากเห็นว่าสอดคล้องน้อย

ให้ 3 หากเห็นว่าสอดคล้องปานกลาง

ให้ 4 หากเห็นว่าสอดคล้องมาก

ให้ 5 หากเห็นว่าสอดคล้องมากที่สุด

จากนั้นให้นำผลจากการพิจารณาของผู้เชี่ยวชาญในแต่ละข้อความหรือแต่ละตัวเลือกมาหาค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ข้อความใดหรือตัวเลือกใด มีค่าเฉลี่ยตั้งแต่ 3.5 ขึ้นไป และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานไม่เกิน 1.00 แสดงว่าข้อความหรือตัวเลือกนั้นมีความตรง

5.1.3 วิเคราะห์ค่าความยาก (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) เป็นรายข้อ ของแบบทดสอบวัดความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ และแบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์ โดยใช้สูตรของ Whitney and Sabers (สมคิด พรมจุ้ย, 2561)

การตรวจสอบความยาก (p) คำนวณได้จากสูตร

$$p = \frac{\text{จำนวนผู้สอบที่ตอบถูก}}{\text{จำนวนผู้สอบทั้งหมด}}$$

(ใช้ในกรณีที่ผู้สอบมีจำนวนไม่เกิน 50 คน)

ตารางที่ 3.12 เกณฑ์ในการพิจารณาแปลความหมายค่าความยาก

ค่าความยาก (p)	**ความหมาย**
0.81 – 1.00	ข้อสอบใช้ไม่ได้ ง่ายเกินไป
0.61 – 0.80	ข้อสอบใช้ได้ แต่ค่อนข้างง่าย
0.41 – 0.60	ข้อสอบใช้ได้ ยากปานกลาง
0.20 – 0.40	ข้อสอบใช้ได้ แค่ค่อนข้างยาก
0.00 – 0.19	ข้อสอบใช้ไม่ได้ ยากเกินไป

ค่าอำนาจจำแนกจากสูตร

$$r = P_H - P_L$$

สูตรการหาค่าอำนาจจำแนกสำหรับตัวเลือกถูก

$$r = \frac{H - L}{N_H} \text{ หรือ } r = \frac{H - L}{N_L} \text{ หรือ } r = P_H - P_L$$

สูตรการหาค่าอำนาจจำแนกสำหรับตัวลวง

$$r = \frac{L - H}{N_H} \text{ หรือ } r = \frac{L - H}{N_L} \text{ หรือ } r = P_L - P_H$$

เมื่อ r แทน ค่าอำนาจจำแนก

เมื่อ H แทน จำนวนผู้ตอบข้อถูกในกลุ่มสูง

เมื่อ L แทน จำนวนผู้ตอบข้อถูกในกลุ่มต่ำ

เมื่อ N_H แทน จำนวนผู้ตอบข้อสอบในกลุ่มสูง

เมื่อ N_L แทน จำนวนผู้ตอบข้อสอบในกลุ่มต่ำ

เมื่อ P_H แทน สัดส่วนของผู้ตอบข้อถูกในกลุ่มสูง

เมื่อ P_L แทน สัดส่วนของผู้ตอบข้อถูกในกลุ่มต่ำ

การแปลความหมายค่าอำนาจจำแนกข้อสอบที่ดีควรมีค่าอำนาจจำแนกอยู่ที่มากกว่าหรือเท่ากับ 0.02

5.1.4 วิเคราะห์ค่าความเที่ยง ของแบบทดสอบวัดความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ ทั้งฉบับ โดยใช้สูตรสัมประสิทธิ์แอลฟา (Alpha-Coefficient) ของ Cronbach (สมคิด พรมจุ้ย, 2561)

วิธีสัมประสิทธิ์แอลฟา เป็นวิธีการที่นำมาใช้กับแบบทดสอบที่ให้คะแนนแบบตอบถูกได้ 1 คะแนน กับ ตอบผิดได้ 0 คะแนน หรือข้อสอบแบบความเรียงที่มีการให้คะแนนในแต่ละข้อคำถามที่หลากหลาย เช่น 4, 3, 2, 1, 0 โดยใช้สูตรดังนี้

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

เมื่อ α แทน ความเที่ยง

k แทน จำนวนข้อสอบ

S_i^2 แทน สัดส่วนของผู้สอบที่ตอบแต่ละข้อผิดซึ่งมีค่าเท่ากับ (1 - p)

s^2 แทน ความแปรปรวนของคะแนนรวมทั้งหมด

โดยที่ $S_i^2 = \frac{N\sum X_i^2 - (\sum X_i)^2}{N(N-1)}$

เมื่อ N แทน จำนวนผู้สอบ

X_i แทน คะแนนของผู้สอบแต่ละคนที่ได้จากการตอบข้อคำถามข้อที่ i

5.1.5 วิเคราะห์ค่าความเที่ยง ของแบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์ทั้งฉบับ โดยใช้สูตรของคูเดอร์ - ริชาร์ดสัน ในการคำนวณหาความเที่ยง KR - 20 (สมคิด พรมจุ้ย, 2561)

การคำนวณหาความเที่ยงโดยสูตร KR - 20 ดังนี้

$$r_{tt} = \frac{k}{k-1}\left[1 - \frac{\sum pq}{s^2}\right]$$

เมื่อ r_{tt} แทน ความเที่ยง

K แทน จำนวนข้อสอบ

p แทน สัดส่วนของผู้สอบที่ตอบข้อถูก

q แทน สัดส่วนของผู้สอบที่ตอบแต่ละข้อผิดซึ่งมีค่าเท่ากับ (1 - p)

s^2 แทน ความแปรปรวนของคะแนนรวมทั้งหมด

5.2 การวิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติพื้นฐาน

5.2.1 วิเคราะห์ค่าเฉลี่ย (Mean) ของคะแนนความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ และคะแนนความสามารถในการคิดวิเคราะห์ (นงลักษณ์ วิรัชชัย, 2561)

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

เมื่อ $\bar{X}$ แทน ค่าเฉลี่ย

N แทน จำนวนของค่าคะแนน

$\sum X$ แทน ผลรวมของค่าคะแนน

5.2.2 วิเคราะห์ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) ของคะแนนความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ และคะแนนความสามารถในการติดวิเคราะห์ (นงลักษณ์ วิรัชชัย, 2561)

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

เมื่อ $\bar{X}$ แทน ค่าเฉลี่ย

S.D. แทน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

N แทน จำนวนของค่าคะแนน

$\sum X$ แทน ผลรวมของค่าคะแนน

5.3 การวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อตรวจสอบสมมติฐาน

5.3.1 วิเคราะห์เปรียบเทียบคะแนนความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานกับนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ โดยใช้การทดสอบค่าที (t - test for Independent Sample)

5.3.2 วิเคราะห์เปรียบเทียบคะแนนความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานระหว่างก่อนและหลังเรียน โดยใช้การทดสอบค่าที (t - test for Dependent Sample)

5.3.3 วิเคราะห์เปรียบเทียบคะแนนความสามารถในการคิดวิเคราะห์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานกับนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ โดยใช้การทดสอบค่าที (t - test for Independent Sample)

5.3.4 วิเคราะห์เปรียบเทียบคะแนนความสามารถในการคิดวิเคราะห์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานระหว่างก่อนและหลังเรียน โดยใช้การทดสอบค่าที (t - test for Dependent Sample)

โดยการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อตรวจสอบสมมติฐาน นงลักษณ์ วิรัชชัย (2564) ใช้สูตรดังนี้

1) สูตรสำหรับการทดสอบค่าที (t - test dependent)

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

2) สูตรสำหรับการทดสอบค่าที (t - test independent)

ตารางที่ 3.13 สูตรสถิติทดสอบ t กรณีวิเคราะห์ตามความแปรปรวนของกลุ่มประชากร

สถิติทดสอบ t กรณี $\sigma_1^2 = \sigma_2^2$	**สถิติทดสอบ t กรณี $\sigma_1^2 \neq \sigma_2^2$**
สถิติทดสอบ $t = \frac{(\bar{x}_1 - \bar{x}_2)-(\mu_1 - \mu_2)}{SD_{(\bar{x}_1-\bar{x}_2)}}$	สถิติทดสอบ $t = \frac{(\bar{x}_1 - \bar{x}_2)-(\mu_1 - \mu_2)}{SD_{(\bar{x}_1-\bar{x}_2)}}$
$SD_{(\bar{x}_1-\bar{x}_2)} = SD_p \sqrt{\frac{1}{n_1}+\frac{1}{n_2}}$	$SD_{(\bar{x}_1-\bar{x}_2)} = \sqrt{\frac{SD_1^2}{n_1}+\frac{SD_2^2}{n_2}}$
SD_p = ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานรวม $SD_p = \frac{(n_1-1)SD_1^2+(n_2-1)SD_2^2}{n_1+n_2-2}$ $df = n_1+n_2-2$	$df = \frac{\left(\frac{SD_1^2}{n_1}+\frac{SD_2^2}{n_2}\right)^2}{\frac{1}{n_1-1}\left(\frac{SD_1^2}{n_1}\right)^2+\frac{1}{n_2-1}\left(\frac{SD_2^2}{n_2}\right)^2}$

เมื่อ t แทน สถิติที่ใช้เปรียบเทียบกับค่าวิกฤตเพื่อทราบความมีนัยสำคัญความเที่ยง

n แทน จำนวนนักเรียน

$\sum D$ แทน ผลรวมของความแตกต่างระหว่างคะแนนสอบก่อนและหลังเรียนของนักเรียนแต่ละคน

$\sum D^2$ แทน ผลรวมยกกำลังสองของความแตกต่างระหว่างคะแนนสอบก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนแต่ละคน

$\bar{X}$ แทน ค่าเฉลี่ย

S.D. แทน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

σ^2 แทน ความแปรปรวนของกลุ่มประชากร

Df แทน ชั้นแห่งความเป็นอิสระ

μ แทน ค่าเฉลี่ยรวม

บทที่ 4
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

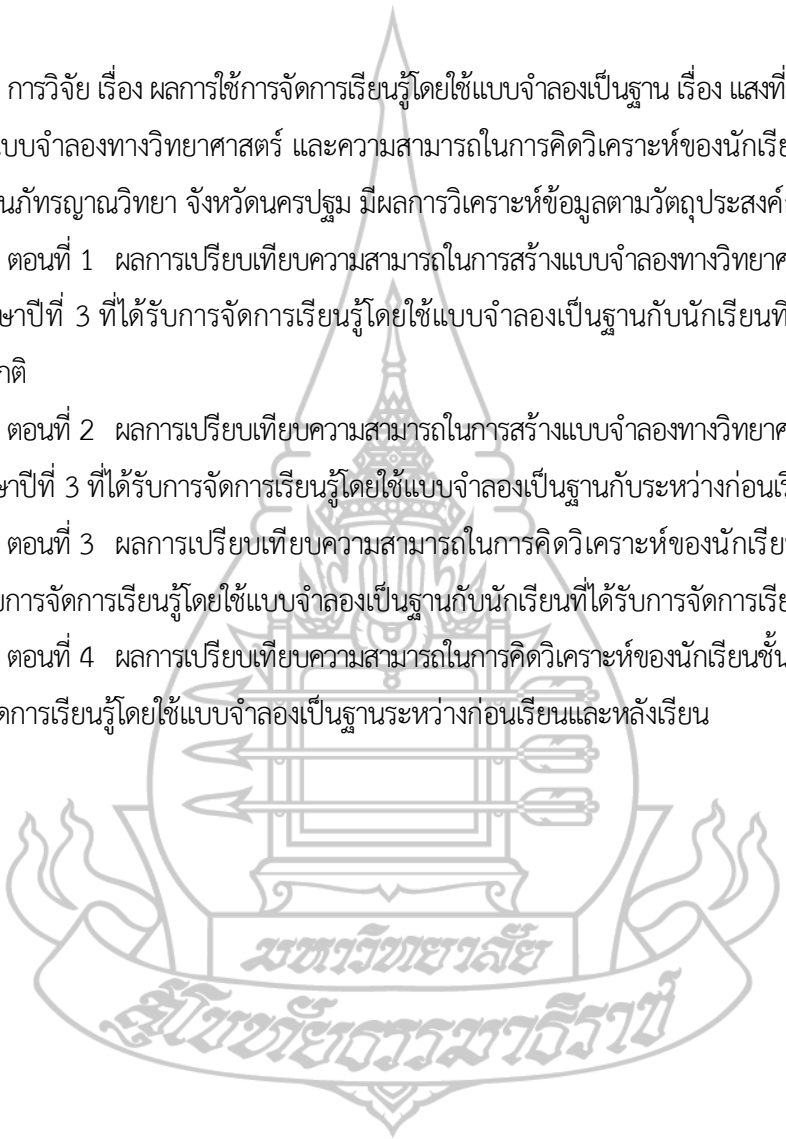
การวิจัย เรื่อง ผลการใช้การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง แสงที่มีต่อความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ และความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนภัทรญาณวิทยา จังหวัดนครปฐม มีผลการวิเคราะห์ข้อมูลตามวัตถุประสงค์การวิจัย ดังนี้

ตอนที่ 1 ผลการเปรียบเทียบความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานกับนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ

ตอนที่ 2 ผลการเปรียบเทียบความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานกับระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียน

ตอนที่ 3 ผลการเปรียบเทียบความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานกับนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ

ตอนที่ 4 ผลการเปรียบเทียบความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียน



ตอนที่ 1 ผลการเปรียบเทียบความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนและหลังเรียน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน กับนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ

ตารางที่ 4.1 แสดงผลการเปรียบเทียบความสามารถในการสร้างแบบจำลองก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานกับนักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบปกติ

คะแนน	กลุ่มทดลอง (n = 32)		กลุ่มควบคุม (n = 32)		t	Sig
	M	*SD*	*M*	*SD*		
ก่อนเรียน	13.68	5.03	12.58	4.37	0.930	0.365
หลังเรียน	18.37	6.67	11.87	3.77	4.797*	0.000

*p < .05

จากตารางที่ 4.1 พบว่า คะแนนเฉลี่ยก่อนเรียนของความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เท่ากับ 13.68 และนักเรียนที่ได้รับการจัดการจัดการเรียนรู้แบบปกติ เท่ากับ 12.58 และพบว่า คะแนนความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ส่วนคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนของความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เท่ากับ 18.37 และนักเรียนที่ได้รับการจัดการจัดการเรียนรู้แบบปกติ เท่ากับ 11.87 และพบว่า คะแนนความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานมีค่าสูงกว่าคะแนนของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ตารางที่ 4.2 แสดงผลการเปรียบเทียบคะแนนความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์รายองค์ประกอบหลังเรียนของนักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน และนักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบปกติ

คะแนน	**กลุ่มทดลอง (n = 32)**		**กลุ่มควบคุม (n = 32)**		**t**	**Sig**
	M	*SD*	*M*	*SD*		
1. การสร้างแบบจำลอง (20 คะแนน)	5.38	2.57	3.97	1.66	2.599*	0.012
2. การแก้ไขปรับปรุงแบบจำลอง (20 คะแนน)	9.53	3.63	5.28	2.07	5.758*	0.000
3. การเปรียบเทียบและประเมินแบบจำลอง (8 คะแนน)	3.47	1.93	2.63	1.64	1.882	0.065

*p < .05

จากตารางที่ 4.2 คะแนนความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ แยกตามองค์ประกอบ ระหว่างนักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน กับนักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบปกติ พบว่า องค์ประกอบที่ 1 การสร้างแบบจำลอง มีคะแนนเฉลี่ย 5.38 และ 3.97 ตามลำดับ องค์ประกอบที่ 2 การแก้ไขปรับปรุงแบบจำลอง มีคะแนนเฉลี่ย 9.53 และ 5.28 ตามลำดับ และองค์ประกอบที่ 3 การเปรียบเทียบและประเมินแบบจำลอง มีคะแนนเฉลี่ย 3.47 และ 2.63 ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบค่าคะแนนเฉลี่ยของนักเรียนทั้งสองกลุ่ม พบว่า องค์ประกอบที่ 1 การสร้างแบบจำลอง และ องค์ประกอบที่ 2 การแก้ไขปรับปรุงแบบจำลอง มีคะแนนความสามารถในการสร้างแบบจำลองหลังเรียนของนักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานสูงกว่าคะแนนของนักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบปกติ ส่วนองค์ประกอบที่ 3 การเปรียบเทียบและประเมินแบบจำลองพบว่าทั้งสองกลุ่มไม่แตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ตอนที่ 2 ผลการเปรียบเทียบความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานกับระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียน

ตารางที่ 4.3 แสดงผลการเปรียบเทียบคะแนนความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ระหว่างก่อนเรียนกับหลังเรียน

คะแนน	**กลุ่มทดลอง (n = 32)**		**t**	**Sig**
	M	*SD*		
ก่อนเรียน	13.68	5.03	4.336*	0.000
หลังเรียน	18.37	6.67		

*p < .05

จากตารางที่ 4.3 ค่าเฉลี่ยของความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เท่ากับ 13.68 คะแนน และหลังเรียนเท่ากับ 18.37 คะแนน เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของคะแนนพบว่า ความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ตารางที่ 4.4 แสดงผลการเปรียบเทียบคะแนนความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์รายองค์ประกอบของนักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ระหว่างก่อนเรียนกับหลังเรียน

คะแนน	ก่อนเรียน (n = 32)		หลังเรียน (n = 32)		t	Sig
	M	*SD*	*M*	*SD*		
1. การสร้างแบบจำลอง (20 คะแนน)	4.56	2.11	5.38	2.57	1.655	0.108
2. การแก้ไขปรับปรุงแบบจำลอง (20 คะแนน)	6.91	2.40	9.53	3.62	4.097*	0.000
3. การเปรียบเทียบและประเมินแบบจำลอง (8 คะแนน)	2.21	1.43	3.47	1.93	3.766*	0.001

*p < .05

จากตารางที่ 4.4 คะแนนความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน แยกตามองค์ประกอบความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ ระหว่างก่อนเรียนกับหลังเรียน พบว่า องค์ประกอบที่ 1 การสร้างแบบจำลอง มีคะแนนเฉลี่ย 4.56 และ 5.38 ตามลำดับ องค์ประกอบที่ 2 การแก้ไขปรับปรุงแบบจำลอง มีคะแนนเฉลี่ย 6.91 และ 9.53 ตามลำดับ และองค์ประกอบที่ 3 การเปรียบเทียบและประเมินแบบจำลอง มีคะแนนเฉลี่ย 2.21 และ 3.47 ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของคะแนน พบว่า คะแนนความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน องค์ประกอบที่ 2 การแก้ไขปรับปรุงแบบจำลอง และองค์ประกอบที่ 3 การเปรียบเทียบและประเมินแบบจำลอง มีคะแนนความสามารถในการสร้างแบบจำลองหลังเรียน สูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ส่วนองค์ประกอบที่ 1 การสร้างแบบจำลอง พบว่าค่าเฉลี่ยของคะแนนก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานไม่แตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยองค์ประกอบที่นักเรียนมีระดับความสามารถสูงที่สุดคือ องค์ประกอบที่ 3 การเปรียบเทียบและประเมินแบบจำลอง องค์ประกอบที่ 2 การแก้ไขปรับปรุงแบบจำลอง และองค์ประกอบที่ 1 การสร้างแบบจำลอง ตามลำดับ องค์ประกอบที่นักเรียนมีคะแนนพัฒนาขึ้นจากก่อนเรียนสูงที่สุด คือ องค์ประกอบที่ 3

การเปรียบเทียบและประเมินแบบจำลอง องค์ประกอบที่ 2 การแก้ไขปรับปรุงแบบจำลอง และองค์ประกอบที่ 1 การสร้างแบบจำลอง ตามลำดับ

ตอนที่ 3 ผลการเปรียบเทียบความสามารถในการคิดวิเคราะห์ก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานกับนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ

ตารางที่ 4.5 แสดงผลการเปรียบเทียบความสามารถในการคิดวิเคราะห์ก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานกับนักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบปกติ

คะแนน	**กลุ่มทดลอง (n = 32)**		**กลุ่มควบคุม (n = 32)**		**t**	**Sig**
	M	*SD*	*M*	*SD*		
ก่อนเรียน	11.13	2.86	10.13	2.41	1.524	0.133
หลังเรียน	16.38	1.74	13.78	2.47	4.856*	0.000

*p < .05

จากตารางที่ 4.5 พบว่า คะแนนเฉลี่ยของความสามารถในการคิดวิเคราะห์ก่อนเรียนของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เท่ากับ 11.13 และนักเรียนที่ได้รับการจัดการจัดการเรียนรู้แบบปกติ เท่ากับ 10.13 คะแนน และพบว่าความสามารถในการคิดวิเคราะห์ก่อนเรียนของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานกับนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และคะแนนเฉลี่ยของความสามารถในการคิดวิเคราะห์หลังเรียนของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เท่ากับ 16.38 และนักเรียนที่ได้รับการจัดการจัดการเรียนรู้แบบปกติ เท่ากับ 13.78 คะแนน และพบว่าความสามารถในการคิดวิเคราะห์หลังเรียนของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน มีค่าสูงกว่าคะแนนของนักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ตารางที่ 4.6 แสดงผลการเปรียบเทียบคะแนนความสามารถในการคิดวิเคราะห์รายองค์ประกอบหลังเรียนของนักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน กับนักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบปกติ

คะแนน	**กลุ่มทดลอง (n = 32)**		**กลุ่มควบคุม (n = 32)**		**t**	**Sig**
	M	*SD*	*M*	*SD*		
1. การคิดวิเคราะห์ความสำคัญ (5 คะแนน)	4.16	0.72	3.63	0.79	2.800*	0.007
2. การคิดวิเคราะห์ความสัมพันธ์ (10 คะแนน)	8.03	1.15	6.53	1.50	4.485*	0.000
3. การคิดวิเคราะห์หลักการ (5 คะแนน)	4.19	0.64	3.62	0.97	2.722*	0.009

*p < .05

จากตารางที่ 4.6 คะแนนความสามารถในการคิดวิเคราะห์แยกตามองค์ประกอบ ระหว่างนักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน กับนักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบปกติ พบว่า องค์ประกอบที่ 1 การคิดวิเคราะห์ความสำคัญ มีคะแนนเฉลี่ย 4.16 และ 3.63 ตามลำดับ องค์ประกอบที่ 2 การคิดวิเคราะห์ความสัมพันธ์ มีคะแนนเฉลี่ย 8.03 และ 6.53 ตามลำดับ และองค์ประกอบที่ 3 การคิดวิเคราะห์หลักการ มีคะแนนเฉลี่ย 4.19 และ 3.62 ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของคะแนนทั้งสองกลุ่ม พบว่า คะแนนความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานมีค่าสูงกว่าคะแนนของนักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบปกติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ในทุกองค์ประกอบ

ตอนที่ 4 ผลการเปรียบเทียบความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียน

ตารางที่ 4.7 แสดงผลการเปรียบเทียบความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียน

คะแนน	กลุ่มทดลอง (n = 32)		t	Sig
	M	*SD*		
ก่อนเรียน	11.13	2.86	10.58*	0.000
หลังเรียน	16.38	1.74		

*p < .05

จากตารางที่ 4.7 พบว่า ค่าเฉลี่ยของความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ก่อนเรียนและหลังเรียน เฉลี่ยเท่ากับ 11.13 คะแนน และ เท่ากับ 16.38 คะแนน ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของคะแนนความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของนักเรียน พบว่า นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานมีคะแนนความสามารถในการคิดวิเคราะห์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ตารางที่ 4.8 แสดงผลการเปรียบเทียบความสามารถในการคิดวิเคราะห์รายองค์ประกอบของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียน

คะแนน	ก่อนเรียน (n = 32)		หลังเรียน (n = 32)		t	Sig
	M	*SD*	*M*	*SD*		
1. การคิดวิเคราะห์ความสำคัญ (5 คะแนน)	3.22	0.97	4.16	0.72	4.023*	0.000
2. การคิดวิเคราะห์ความสัมพันธ์ (10 คะแนน)	4.94	2.09	8.03	1.15	7.885*	0.000
3. การคิดวิเคราะห์หลักการ (5 คะแนน)	3.13	0.94	4.19	0.64	5.927*	0.000

*p < .05

จากตารางที่ 4.8 คะแนนความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน แยกตามองค์ประกอบความสามารถในการคิดวิเคราะห์ระหว่างก่อนเรียนกับหลังเรียน พบว่า องค์ประกอบที่ 1 การคิดวิเคราะห์ความสำคัญ มีคะแนนเฉลี่ย 3.22 และ 4.16 ตามลำดับ องค์ประกอบที่ 2 การคิดวิเคราะห์ความสัมพันธ์ มีคะแนนเฉลี่ย 4.94 และ 8.03 ตามลำดับ และองค์ประกอบที่ 3 การคิดวิเคราะห์หลักการ มีคะแนนเฉลี่ย 3.13 และ 4.19 ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของคะแนน พบว่า คะแนนความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ในทุกองค์ประกอบ โดยองค์ประกอบที่นักเรียนมีระดับความสามารถสูงที่สุดคือ องค์ประกอบที่ 2 การคิดวิเคราะห์ความสัมพันธ์ องค์ประกอบที่ 3 การคิดวิเคราะห์หลักการ และองค์ประกอบที่ 1 การคิดวิเคราะห์ความสำคัญ ตามลำดับ องค์ประกอบที่นักเรียนมีคะแนนพัฒนาขึ้นจากก่อนเรียนสูงที่สุด คือ องค์ประกอบที่ 2 การคิดวิเคราะห์ความสัมพันธ์ องค์ประกอบที่ 3 การคิดวิเคราะห์หลักการ และองค์ประกอบที่ 1 การคิดวิเคราะห์ความสำคัญ ตามลำดับ

บทที่ 5
สรุปการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การวิจัย เรื่อง ผลการใช้การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง แสงที่มีต่อความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์และความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนภัทรญาณวิทยา จังหวัดนครปฐม ซึ่งมีการสรุปการวิจัย อภิปรายผล และมีข้อเสนอแนะ ดังนี้

1. สรุปการวิจัย

1.1 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.1.1 เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน กับนักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบปกติ

1.1.2 เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียน

1.1.3 เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการคิดวิเคราะห์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน กับนักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบปกติ

1.1.4 เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียน

1.2 สมมติฐานการวิจัย

1.2.1 นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานมีความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ สูงกว่านักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบปกติ

1.2.2 นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานมีความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน

1.2.3 นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานมีความสามารถในการคิดวิเคราะห์ สูงกว่านักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบปกติ

1.2.4 นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานมีความสามารถในการคิดวิเคราะห์ หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน

1.3 วิธีการดำเนินการวิจัย

1.3.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

1) ประชากร ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนภัทรญาณวิทยา จังหวัดนครปฐม ปีการศึกษา 2566 จัดเป็น 9 ห้องเรียนแบบคละความสามารถ โดยมีนักเรียนจำนวน ทั้งสิ้น 261 คน

2) กลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ดังกล่าว จำนวน 2 ห้องเรียน มีนักเรียน 64 คน ซึ่งได้มาโดยการสุ่มแบบกลุ่ม แล้วจับสลากให้ห้องหนึ่งเป็นกลุ่มทดลอง และอีกห้องหนึ่งเป็นกลุ่มควบคุม

1.3.2 ตัวแปรที่ศึกษา

1) ตัวแปรต้น ได้แก่ การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

2) ตัวแปรตาม ได้แก่ ความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์และความสามารถในการคิดวิเคราะห์

1.3.3 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1) เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง ได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง แสง จำนวน 4 แผน ใช้เวลาสอน 18 ชั่วโมง และแผนการจัดการเรียนรู้แบบปกติใช้เวลาสอนเท่ากัน

2) เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

(1) แบบวัดความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ เป็นแบบทดสอบเขียนตอบ จำนวน 4 สถานการณ์ ประกอบด้วย 3 ข้อย่อย มีค่าความยากอยู่ 0.20 ถึง 0.58 มีค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.20 ถึง 0.55 และมีค่าความเที่ยง 0.64

(2) แบบวัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์ เป็นแบบชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 20 ข้อ ประกอบด้วยสถานการณ์ที่เกี่ยวข้องกับทางวิทยาศาสตร์ จำนวน 5 สถานการณ์ ประกอบด้วย 4 ข้อย่อย มีค่าความยากตั้งแต่ 0.21 ถึง 0.57 มีค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.29 ถึง 0.86 และมีค่าความเที่ยง 0.71

1.4 การเก็บรวบรวมข้อมูล

1.4.1 ทดสอบก่อนเรียน ด้วยแบบวัดความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์และแบบวัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์ ทดสอบนักเรียนทั้งในกลุ่มตัวอย่างและกลุ่มควบคุม แล้วนำผลการสอบมาตรวจให้คะแนน

1.4.2 ดำเนินการทดลอง โดยจัดกิจกรรมการเรียนรู้ให้กับนักเรียน โดยในกลุ่มตัวอย่างใช้แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน และใช้แผนการจัดการเรียนรู้แบบปกติกับกลุ่มควบคุม โดยแผนแต่ละแบบ มีจำนวน 4 แผน ใช้เวลาทั้งหมด 18 ชั่วโมง

1.4.3 ทดสอบหลังการทดลอง เมื่อเสร็จสิ้นการสอนทุกแผนการจัดการเรียนรู้ ด้วยแบบวัดความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ และแบบวัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์กับนักเรียนทั้งในกลุ่มตัวอย่างและกลุ่มควบคุม แล้วนำผลการสอบมาตรวจให้คะแนน บันทึกผลข้อมูลไว้ใช้ในการวิเคราะห์ผลต่อไป

1.5 การวิเคราะห์ข้อมูล

1.5.1 วิเคราะห์เปรียบเทียบคะแนนความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานกับนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ โดยใช้การทดสอบค่าที (t - test for Independent Sample)

1.5.2 วิเคราะห์เปรียบเทียบคะแนนความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานระหว่างก่อนและหลังเรียน โดยใช้การทดสอบค่าที (t - test for Dependent Sample)

1.5.3 วิเคราะห์เปรียบเทียบคะแนนความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานกับนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ โดยใช้การทดสอบค่าที (t - test for Independent Sample)

1.5.4 วิเคราะห์เปรียบเทียบคะแนนความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานระหว่างก่อนและหลังเรียน โดยใช้การทดสอบค่าที (t - test for Dependent Sample)

1.6 ผลการวิจัย

1.6.1 นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานมีความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ค่าสูงกว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

1.6.2 นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน มีความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

1.6.3 นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานมีความสามารถในการคิดวิเคราะห์สูงกว่านักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบปกติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

1.6.4 นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานมีความสามารถในการคิดวิเคราะห์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

2. อภิปรายผล

การวิจัย เรื่อง ผลการใช้การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง แสงที่มีต่อความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์และความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนภัทรญาณวิทยา จังหวัดนครปฐม ซึ่งผู้วิจัยได้แยกการอภิปรายผลออกเป็นประเด็นต่าง ๆ ต่อไปนี้

2.1 ผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานที่มีต่อความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์

จากผลการวิจัยพบว่า นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานและนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติมีความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ก่อนเรียน ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าก่อนเรียนนักเรียนทั้งสองกลุ่มมีระดับความสามารถไม่แตกต่างกัน แต่เมื่อพิจารณาคะแนนหลังเรียนนักเรียนกลุ่มที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานมีคะแนนเฉลี่ย เท่ากับ 18.37 ขณะที่นักเรียนกลุ่มที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติมีคะแนนเฉลี่ย เท่ากับ 11.87 เมื่อวิเคราะห์ผลพบว่า นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานมีความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์สูงกว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 สอดคล้องกับสมมติฐานการวิจัยข้อที่ 1 นอกจากนี้นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานมีความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 สอดคล้องกับสมมติฐานการวิจัยข้อที่ 2 ด้วยเช่นกัน จากผลการวิจัย อภิปรายได้ว่า การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานสามารถพัฒนาความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนได้ เนื่องจากเป็นรูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่เน้นกระบวนการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติในการสร้างแบบจำลองผ่านกระบวนการเรียนรู้แล้วสร้างแบบจำลองที่ใช้ในการอธิบายสิ่งที่เป็นนามธรรมสู่รูปธรรมที่ชัดเจนยิ่งขึ้น ตามขั้นต่าง ๆ ของการจัดการเรียนรู้ สอดคล้องกับ Jong et al. (2015), Schwarz et al. (2009) ได้เสนอขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานโดยเริ่มจากนักเรียนสร้างแบบจำลองที่แสดงแนวคิด แล้วนำแบบจำลองตรวจสอบโดยอธิบายถึงปรากฏการณ์ ใช้แบบจำลองลองอธิบายกับแนวคิดอื่น ๆ ทฤษฎีอื่นที่สอดคล้องกัน หากไม่สามารถอธิบายได้ก็ปรับปรุงให้สอดคล้องกับหลักฐานที่ได้รับเพิ่มเติมจนสามารถอธิบายปรากฏการณ์อื่น ๆ ได้ Seel (2017) แบ่งขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ที่ประกอบด้วยการสร้างแบบจำลองเริ่มต้นของนักเรียนไปสู่การปรับแก้แบบจำลองจนกระทั่งได้แบบจำลองที่สมบูรณ์สามารถอธิบายปรากฏการณ์ได้ ความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์เป็นการสร้างตัวแทนในการสื่อความหมายของสิ่งที่สนใจผ่านกระบวนการสร้าง ตรวจสอบ

แก้ไข เปรียบเทียบ เพื่ออธิบายปรากฏการณ์อื่น ๆ Jong et al. (2015) กล่าวว่าความสามารถในการสร้างแบบจำลองเป็นทักษะการคิดที่นักเรียนใช้โดยกระบวนการต่าง ๆ จากการเรียนรู้ของนักเรียน โดยระดับความสามารถของนักเรียนจะส่งความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ Chiu and Lin (2019) ลักษณะการจัดเรียนรู้ที่ให้นักเรียนได้ฝึกปฏิบัติสร้างแบบจำลองจะส่งผลให้นักเรียนมีความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ที่สูงขึ้น

เมื่อพิจารณาคะแนนความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนแยกตามองค์ประกอบ พบว่า นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน มีคะแนนเฉลี่ยขององค์ประกอบที่ 1 การสร้างแบบจำลอง และองค์ประกอบที่ 2 การแก้ไข ปรับปรุงแบบจำลอง สูงกว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ ส่วนองค์ประกอบที่ 3 การเปรียบเทียบและประเมินแบบจำลอง พบว่าทั้งสองกลุ่มไม่แตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และเมื่อเปรียบเทียบคะแนนความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานระหว่างก่อนเรียนกับหลังเรียน พบว่า นักเรียนมีความสามารถในการสร้างแบบจำลองหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนในองค์ประกอบที่ 2 การแก้ไข ปรับปรุงแบบจำลอง และองค์ประกอบที่ 3 การเปรียบเทียบและประเมินแบบจำลอง ส่วนองค์ประกอบที่ 1 การสร้างแบบจำลอง ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 จากผลการวิจัย อภิปรายได้ว่า การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานสามารถพัฒนาความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ในองค์ประกอบที่ 2 และ 3 ของนักเรียนได้ ทั้งนี้เนื่องจาก องค์ประกอบที่ 3 การเปรียบเทียบและประเมินแบบจำลอง เป็นองค์ประกอบที่นักเรียนจะต้องประเมินแบบจำลองของตนเองที่สร้างขึ้นในองค์ประกอบที่ 1 การสร้างแบบจำลองกับแบบจำลองที่แก้ไขปรับปรุงในองค์ประกอบที่ 2 จากหลักฐานเชิงประจักษ์ที่ได้ข้อมูลเพิ่มเติมแล้วเสนอแนวทางปรับปรุงแก้ไขเพิ่มเติม จากการวิเคราะห์แบบทดสอบวัดความสามารถในการสร้างแบบจำลองนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานสูงกว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติน้อยมาก เนื่องจากนักเรียนยังไม่สามารถเปรียบเทียบแบบจำลองที่สร้างในองค์ประกอบที่ 1 กับองค์ประกอบที่ 2 ได้โดยคะแนนเฉลี่ยระหว่างก่อนเรียนกับหลังเรียนของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานในองค์ประกอบที่ 1 การสร้างแบบจำลองของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานไม่แตกต่างกัน ซึ่งมีความสอดคล้องกัน คือ การสร้างแบบจำลองในองค์ประกอบที่ 1 โดยนักเรียนสร้างแบบจำลองจากข้อมูลที่ได้รับเป็นรูปแบบนามธรรมจากสถานการณ์ที่กำหนดให้ ซึ่งเป็นองค์ประกอบแรกที่นักเรียนต้องแสดงแบบจำลองทางความคิดของตนเอง จากการเก็บรวบรวมข้อมูลของแบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์พบว่านักเรียนส่วนใหญ่ตอบคำถามข้อนี้น้อยบางคนไม่ตอบคำถามข้อนี้ อาจเนื่องมาจากนักเรียนยังมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนเกี่ยวกับการสร้างแบบจำลองในบางประการ ชาตรี ฝ่ายคำตา (2563) เช่น เข้าใจว่าแบบจำลองไม่ต้องใช้จินตนาการ ตัวแทนที่มีลักษณะเหมือนกับวัตถุจริงทุกประการ โดยเลียนแบบมาจากของจริง นักเรียนจึงคิดว่ามาสามารถ

เปลี่ยนแปลงได้ ส่งผลให้นักเรียนไม่ตอบคำถามข้อนี้ หรือตอบคำถามข้อนี้เป็นส่วนน้อยประกอบกับสถานการณ์ที่กำหนดให้เป็นบทความในรูปแบบนามธรรม Yael and Elizabeth (2011) เนื้อหาที่ได้รับในสถานการณ์ที่กำหนดให้ไม่สอดคล้องกับหัวข้อที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ จึงส่งผลให้ความสามารถในการสร้างแบบจำลององค์ประกอบที่ 1 การสร้างแบบจำลอง ได้รับการพัฒนาน้อยมากจนไม่มีความแตกต่างของคะแนนเฉลี่ยก่อนเรียนกับหลังเรียน ดังนั้นเมื่อนักเรียนไม่ได้รับการพัฒนาความสามารถในองค์ประกอบที่ 1 การสร้างแบบจำลอง จึงทำให้นักเรียนไม่ได้สะท้อนคิด แสดงการเปรียบเทียบ และประเมินแบบจำลองในองค์ประกอบที่ 3 ด้วยเช่นกัน สำหรับความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ในภาพรวมได้รับการพัฒนาสูงขึ้น สอดคล้องกับทฤษฎีการสร้างความรู้ (constructivism) ที่กล่าวว่าเป็นการสร้างความรู้จากการเชื่อมโยงสิ่งที่ได้เรียนรู้กับความรู้เดิมของตนเองแล้วสร้างแบบจำลองทางความคิดที่เป็นตัวแทนของความรู้ที่เป็นนามธรรมตามทฤษฎีพัฒนาการทางสติปัญญาของ Piaget เกี่ยวกับการเรียนรู้ของแต่ละบุคคล Hestenes (2006) ร่วมกับทฤษฎีการสร้างความรู้เชิงสังคมของ Vygotsky ที่ใช้แบบจำลองในการอธิบายและสร้างความเข้าใจในปรากฏการณ์ด้วยตนเอง ชาตรี ฝ่ายคำตา (2563) และการใช้จินตนาการ อุปมาอุปไมย ในการสร้างแบบจำลองทางความคิดของตนเอง ด้วยกระบวนการสร้างแบบจำลองในขั้นที่ 1 ครูกระตุ้นให้นักเรียนสร้างแบบจำลองโดยใช้คำถาม แล้วสื่อสารสิ่งที่ตนเองเข้าใจผ่านการวาดภาพแบบจำลอง ชาตรี ฝ่ายคำตา และภรทิพย์ สุภัทรชัยวงศ์ (2557) สอดคล้องกับองค์ประกอบของความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ องค์ประกอบที่ 1 การสร้างแบบจำลองในองค์ประกอบที่ 2 การแก้ไขปรับปรุงแบบจำลอง สอดคล้องกับขั้นปรับปรุงแบบจำลอง นักเรียนปรับแบบจำลองที่สร้างขึ้นโดยผ่านกระบวนการปรับแต่งและปรับโครงสร้างใหม่ซ้ำแล้วซ้ำเล่าจนกระทั่งได้แบบจำลองที่สมบูรณ์ ใช้อธิบายปรากฏการณ์ได้ Seel (2017) โดยนักเรียนได้ร่วมกันอภิปรายข้อมูลที่ได้จากการสืบเสาะ เพื่อปรับปรุงแก้ไข Schwarz et al. (2009) และองค์ประกอบที่ 3 การเปรียบเทียบและประเมินแบบจำลอง สอดคล้องกับขั้นประเมินแบบจำลอง และขั้นปรับปรุงแบบจำลอง ในขั้นนี้นักเรียนเปรียบเทียบแบบจำลองและสะท้อนความคิดเกี่ยวกับแบบจำลองจากข้อมูลและประสบการณ์ที่ได้รับ Chen et al. (2016) จากนั้นในขั้นที่ 4 ขั้นขยายแบบจำลองนักเรียนจะได้นำแบบจำลองที่ผ่านการปรับปรุงแก้ไขจนสมบูรณ์ไปใช้ในการอธิบายสถานการณ์หรือปรากฏการณ์อื่น ๆ ที่ใกล้เคียงกัน เป็นการเชื่อมโยงความรู้ของตนเองที่ได้รับกับประสบการณ์ที่มีอยู่และได้รับใหม่ให้กว้างขึ้น ซึ่งเป็นขั้นตอนที่มีส่วนช่วยในการพัฒนาความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนได้ดีขึ้น

จากผลการวิจัยและการอภิปรายผล แสดงให้เห็นว่าการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน มีความสอดคล้องกับองค์ประกอบของความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ จึงช่วยพัฒนาความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนให้สูงขึ้นหลังจากได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีดังกล่าว สอดคล้องกับงานวิจัยของ พัณนิดา มีลา (2559) ที่ได้ศึกษาการสนับสนุนความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ด้วยการสืบเสาะ

หาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง ของแข็ง ของเหลว และแก๊ส พบว่านักเรียนได้รับการพัฒนาความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์สูงขึ้นกว่าก่อนเรียน สอดคล้องกับงานวิจัยของ สิทธิโชค เอี่ยมบุญ (2563) ที่ทำวิจัยเพื่อศึกษาความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ซึ่งผลการวิจัยพบว่า นักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานมีความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 และสูงกว่านักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบปกติ สอดคล้องกับงานวิจัยของ ของณัฐพล กวดไทย (2563), วัลลภ ปริญทอง และประสาท เนืองเฉลิม (2563) ที่ทำการวิจัยเพื่อพัฒนาความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์โดยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานมีความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 และมีการพัฒนาเพิ่มขึ้นในแต่ละวงจรปฏิบัติการ รวมทั้งสอดคล้องกับ ปิยะนารถ ประดับมุข (2563) ที่ได้ทำการศึกษาผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานเพื่อพัฒนาความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนและสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70

2.2 ผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานที่มีต่อความสามารถในการคิดวิเคราะห์

จากผลการวิจัยพบว่า นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานและนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติมีความสามารถในการคิดวิเคราะห์ก่อนเรียน ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าก่อนเรียนนักเรียนทั้งสองกลุ่มมีระดับความสามารถไม่แตกต่างกัน แต่เมื่อพิจารณาคะแนนหลังเรียนนักเรียนกลุ่มที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานมีคะแนนเฉลี่ย เท่ากับ 16.38 ขณะที่นักเรียนกลุ่มที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 13.78 เมื่อวิเคราะห์ผลพบว่า นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานมีความสามารถในการคิดวิเคราะห์สูงกว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 สอดคล้องกับสมมติฐานการวิจัยข้อที่ 3 นอกจากนี้นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานมีความสามารถในการคิดวิเคราะห์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 สอดคล้องกับสมมติฐานการวิจัยข้อที่ 4 ด้วยเช่นกัน โดยมีความสามารถสูงขึ้นในทุกองค์ประกอบ ได้แก่ การคิดวิเคราะห์ความสำคัญ การคิดวิเคราะห์ความสัมพันธ์ และการคิดวิเคราะห์หลักการ จากผลการวิจัย อภิปรายได้ว่า การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานสามารถพัฒนาความสามารถความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนได้ เนื่องจากในขั้นตอนย่อยของการสร้างแบบจำลองมีขั้นตอนของกิจกรรมที่สอดคล้องกับองค์ประกอบของการคิดวิเคราะห์ คือ ในขั้นการปรับปรุงแก้ไขแบบจำลอง สุทธิดา จำรัส (2555) ได้อธิบายไว้ว่าเป็นการจัดกิจกรรมที่ฝึกให้ผู้เรียนได้สร้างแบบจำลองทางความคิดของตนเอง โดยการปฏิบัติ ช่วยส่งเสริมให้นักเรียนพัฒนาคิดวิเคราะห์ สะท้อนความคิด

จนกระทั่งได้แบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ Jong et al. (2015) ขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ขั้นการวิเคราะห์แบบจำลอง เป็นการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการศึกษา ทดลอง เพื่อนำไปสู่การปรับประยุกต์ใช้แบบจำลองในสถานการณ์อื่น Hestenes (1987), Gilbert (2004) ช่วยให้ผู้เรียนเข้าใจในบทเรียน เรียนรู้ได้ดีขึ้นจากการสร้างและใช้แบบจำลองที่เหมาะสมในการแก้ปัญหาในวิชาวิทยาศาสตร์ ได้พัฒนาทักษะการคิดวิเคราะห์ และคิดอย่างเป็นระบบ เห็นถึงความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งที่เรียนรู้กับสิ่งที่เกิดขึ้นในโลกแห่งความเป็นจริง และสามารถนำไปใช้ในการแก้ไขปัญหาในชีวิตประจำวันได้อย่างมีประสิทธิภาพ

เมื่อเปรียบเทียบความสามารถในการคิดวิเคราะห์แต่ละองค์ประกอบ พบว่า หลังจากนักเรียนได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใชแบบจำลองเป็นฐาน องค์ประกอบที่นักเรียนมีระดับความสามารถสูงที่สุด คือ องค์ประกอบที่ 2 การคิดวิเคราะห์ความสัมพันธ์ องค์ประกอบที่ 3 การคิดวิเคราะห์หลักการ และองค์ประกอบที่ 1 การคิดวิเคราะห์หลักการ ตามลำดับ มีคะแนนเฉลี่ยในทั้ง 3 องค์ประกอบที่ใกล้เคียงกัน เนื่องจากกระบวนการเรียนรู้ที่นักเรียนได้ปรับปรุงแก้ไขแบบจำลองมีความสอดคล้องกับการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ในการเชื่อมโยงความสัมพันธ์เชิงเหตุผลขององค์ประกอบของแบบจำลอง ไพฑูรย์ สินลารัตน์ และคณะ (2560) ซึ่งเป็นลักษณะสำคัญของคนที่มีความสามารถในการคิดวิเคราะห์ซึ่งจะแสดงความเป็นเหตุเป็นผล มีมุมมองที่หลากหลาย มองเห็นเหตุการณ์ต่าง ๆ แล้วแยกแยะองค์ประกอบหาความสัมพันธ์ของแต่ละองค์ประกอบได้ สอดคล้องกับงานวิจัยของ ชลัญญา แนบสนิทธรรม (2561) ที่ทำการศึกษาการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดคอนสตรัคติวิซึมเพื่อพัฒนาการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 พบว่า นักเรียนที่ได้รับการสอนตามแนวคิดคอนสตรัคติวิซึม มีคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการคิดวิเคราะห์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนเพิ่มขึ้น 10.34 คะแนน โดยการจัดการเรียนเรียนรู้ดังกล่าวมีความสอดคล้องกับขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานและเป็นการจัดการเรียนรู้ที่มีรากฐานมาจากแนวคิดเดียวกัน สอดคล้องกับงานวิจัยของ เอกพล จิตตะโส และหนูกร ปฐมพรรษ (2564) ได้ศึกษาการเรียนรู้แบบซิปปาเสริมด้วยแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ที่มีต่อความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 พบว่า นักเรียนมีความสามารถในการคิดวิเคราะห์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน ร้อยละ 76.11 และ32.78 ตามลำดับ เพิ่มขึ้นร้อยละ 43.33 โดยมีขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ 7 ขั้นที่ให้แนวคิดในการทบทวนความรู้เดิม ทำความเข้าใจความรู้ใหม่และเชื่อมโยงความรู้ ปฏิบัติแสดงผลงานและประยุกต์ใช้ความรู้ ซึ่งแต่ละขั้นตอนสอดแทรกองค์ประกอบของการคิดวิเคราะห์ที่พัฒนาผู้เรียนให้เข้าเกิดความรู้ความเข้าใจในสิ่งที่เรียน และงานวิจัยของ พงศกร เผือกสกุล (2562) ได้ศึกษาการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับภาพยนต์ เพื่อส่งเสริมการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 เรื่อง กระบวนการเปลี่ยนแปลงของโลก พบว่าสามารถส่งเสริมการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนได้ 3 ลักษณะ ได้แก่ การคิดวิเคราะห์ความสำคัญ การคิดวิเคราะห์ความสัมพันธ์ และการคิดวิเคราะห์หลักการที่มีการพัฒนาน้อยที่สุด โดยมีค่าระดับคะแนนคุณภาพส่วนใหญ่ในระดับ ดี

3. ข้อเสนอแนะ

3.1 ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้

3.1.1 ก่อนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ครูควรให้ความสำคัญกับการเตรียมความพร้อมของนักเรียน อธิบายขั้นตอนการเรียนรู้ บทบาทของนักเรียนและครูในการดำเนินกิจกรรมการวัดและรูปแบบการประเมินผลการเรียนรู้ เพื่อให้นักเรียนเข้าใจกระบวนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานมากขึ้น และชี้แจงเกี่ยวกับความสำคัญของแบบจำลอง และความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ในองค์ประกอบต่าง ๆ

3.1.2 สถานการณ์ที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้และวัดประเมินผล ควรมีความสอดคล้องใกล้เคียงหรือสามารถใช้เนื้อหาลที่นักเรียนได้รับการจัดการเรียนรู้มาอธิบายขยายความได้ หรือเป็นสถานการณ์ที่นักเรียนสามารถพบเห็นปัญหาได้ในชีวิตประจำวัน และนักเรียนให้ความสนใจ เนื่องจากจะกระตุ้นให้นักเรียนเห็นถึงความสำคัญของแบบจำลองที่สร้างขึ้น แสดงแนวคิดเดิมที่มีออกมาให้ได้มากที่สุดผ่านการสร้างแบบจำลอง

3.1.3 การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในขั้นประเมินแบบจำลอง ครูต้องกระตุ้นให้นักเรียนได้อภิปรายร่วมกันภายในกลุ่มอย่างสม่ำเสมอ เพื่อให้นักเรียนได้ฝึกวิเคราะห์ เปรียบเทียบ และแสดงความคิดเห็น ซึ่งเป็นส่วนสำคัญที่จะช่วยส่งเสริมนักเรียนให้ได้เปรียบเทียบแบบจำลอง สะท้อนความคิดและเสนอแนวทาง ปรับปรุงแบบจำลองให้มีความเป็นรูปธรรม สมบูรณ์สอดคล้องกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์มากขึ้น

3.1.4 แบบวัดความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์อาจมีการปรับรูปแบบให้มีข้อมูลรายละเอียดต่าง ๆ ที่เป็นพื้นฐานในการสร้างแบบจำลองที่มากขึ้น มีความเหมาะสมมากขึ้น เช่น อาจมีสื่อที่หลากหลายให้นักเรียนได้ดูเพื่อนำมาสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์

3.1.5 เนื่องจากผลการวิจัยพบว่า ความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน องค์ประกอบที่ 3 การเปรียบเทียบและประเมินแบบจำลอง พบว่ากลุ่มที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานมีคะแนนเฉลี่ยไม่แตกต่างกับกลุ่มที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ และนักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานระหว่างก่อนเรียนกับหลังเรียนมีองค์ประกอบที่ 1 การสร้างแบบจำลอง ที่ไม่แตกต่างกัน หรือมีคะแนนเฉลี่ยที่เพิ่มขึ้นน้อยมาก ครูควรส่งเสริมให้นักเรียนใช้จินตการในการสร้างแบบจำลอง และใช้คำถามกระตุ้นเพื่อให้เกิดการวิเคราะห์เชื่อมโยงถึงเหตุผลที่มีการปรับปรุงแบบจำลอง ให้นักเรียนรู้จักนำเสนอโดยแสดงเหตุผลเชื่อมโยงระหว่างแบบจำลองที่ปรับปรุงกับหลักฐานที่ค้นพบ รวมทั้งควรปรับปรุงการออกแบบกิจกรรมที่ส่งเสริมให้นักเรียนได้ฝึกการให้เหตุผลให้ชัดเจนมากยิ่งขึ้น

3.2 ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

3.2.1 การจัดการเรียนการสอนโดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ยังไม่สามารถพัฒนาความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ ในองค์ประกอบที่ 1 การสร้างแบบจำลอง และองค์ประกอบที่ 3 การเปรียบเทียบและประเมินแบบจำลอง ได้ไม่ดีเท่าที่ควร ควรศึกษาปรับประยุกต์วิธีการจัดการเรียนรู้นี้ร่วมกับเทคนิคการจัดการเรียนรู้อื่น ๆ เช่น การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับกลวิธีโต้แย้ง หรือการส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ ที่ช่วยให้นักเรียนได้รับการพัฒนาความสามารถในการสร้างแบบจำลองทุกองค์ประกอบให้ดียิ่งขึ้น

3.2.2 การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ในขั้นตอนการจัดการเรียนรู้เน้นการใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในการสืบเสาะรวบรวมหลักฐาน เพื่อเป็นข้อมูลไปสู่การอภิปรายและยังสอดแทรกความสามารถในการคิดแบบต่าง ๆ ที่มีความสำคัญ สู่การสร้างแบบจำลองใหม่ที่สมบูรณ์มากขึ้น เสมือนการเลียนแบบการทำงานของนักวิทยาศาสตร์ จึงอาจมีการศึกษาผลการจัดการเรียนการสอนโดยใช้แบบจำลองเป็นฐานเพื่อไปพัฒนาต่อตัวแปรอื่น ๆ เช่น การพัฒนาความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ การคิดสร้างสรรค์ การคิดเชิงนวัตกรรม ความสามารถในการสื่อสารทางวิทยาศาสตร์ ความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ความเข้าใจธรรมชาติของแบบจำลอง เป็นต้น

มหาวิทยาลัย
สุโขทัยธรรมาธิราช

บรรณานุกรม

บรรณานุกรม

กระทรวงศึกษาธิการ. (2560*). มาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัดกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์ และสาระภูมิศาสตร์ ในกลุ่มสาระการเรียนรู้สังคมศึกษา ศาสนา และวัฒนธรรม (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551*. (พิมพ์ครั้งที่ 1). ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย.

จิตติรัตน์ แสงเลิศอุทัย. (2557). *การวัดและประเมินผลการเรียนรู้.* คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏ-นครปฐม.

ชนาธิป พรกุล. (2555*). การออกแบบการสอน การบูรณาการ การอ่าน การคิดวิเคราะห์ และการเขียน* (พิมพ์ครั้งที่ 3). วี. พริ้นท์ (1991).

ชลัญญา แนบสนิทธรรม. (2561). *การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ตามแนวคิดคอนสตรัคติวิซึม เพื่อพัฒนาการคิดวิเคราะห์ของนักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3* [วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ไม่ได้ตีพิมพ์]. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

ชาตรี ฝ่ายคำตา และภรทิพย์ สุภัทรชัยวงศ์. (2557). การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน. *วารสารศึกษาศาสตร์ปริทิศน์, 29(3), 86 - 99.*

ชาตรี ฝ่ายคำตา. (2559). ประเด็นและแนวโน้มการวิจัยทางวิทยาศาสตร์ศึกษา. *วารสารหน่วยวิจัยวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสิ่งแวดล้อมเพื่อการเรียนรู้, 7(1), 1 - 21.*

_____. (2563). *กลยุทธ์การจัดการเรียนรู้เคมี.* จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ณัฐพล กวดไทย. (2563). *การพัฒนาความสามารถในการสร้างแบบจำลองของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 รายวิชาชีววิทยา ด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน* [วิทยานิพนธ์ปริญญา-มหาบัณฑิต ไม่ได้ตีพิมพ์]. มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.

ทวีศักดิ์ จินดานุรักษ์. (2560). การประเมินการคิดวิเคราะห์. ใน ไพฑูรย์ สินลารัตน์, นวลจิตต์ เชาวกีรติพงศ์, ทวีศักดิ์ จินดานุรักษ์, ชัยวัฒน์ สุทธิรัตน์, และ ไสว ฟักขาว (บ.ก.), *คิดวิเคราะห์: สอนและสร้างได้อย่างไร* (พิมพ์ครั้งที่ 2). (น. 42-55). จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ทิศนา แขมมณี. (2566). *ศาสตร์การสอน:องค์ความรู้เพื่อการจัดกระบวนการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพ* (พิมพ์ครั้งที่ 22). จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

นงลักษณ์ วิรัชชัย. (2564). หน่วยที่ 10 การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณ:สถิติบรรยายและสถิติพาราเมตริก ใน *ประมวลสาระชุดวิชาการวิจัยหลักสูตรและการจัดการเรียนการสอน หน่วยที่ 8 – 15* (พิมพ์ครั้งที่ 10). สาขาวิชาศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.

นวลจิตต์ เชาวกีรติพงศ์. (2560). การประเมินการคิดวิเคราะห์. ใน ไพฑูรย์ สินลารัตน์, นวลจิตต์ เชาวกีรติพงศ์, ทวีศักดิ์ จินดานุรักษ์, ชัยวัฒน์ สุทธิรัตน์, และ ไสว ฟักขาว (บ.ก.), *คิดวิเคราะห์: สอนและสร้างได้อย่างไร* (พิมพ์ครั้งที่ 2). (น. 8 - 17). จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

เนาวนิตย์ สงคราม. (2566). *โครงการสัมมานาเชิงปฏิบัติการการพัฒนาหลักสูตรระดับบัณฑิตศึกษา มุ่งเน้นผลลัพธ์การเรียนรู้เป็นฐาน (OBE) ตามเกณฑ์มาตรฐานระดับอุดมศึกษา พ.ศ. 2665*. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, พระนครศรีอยุธยา. https://issuu.com/noawanit/docs/_merged

ประพันธ์ศิริ สุเสารัจ. (2553). *การพัฒนาการคิด* (พิมพ์ครั้งที่ 4). 9119 เทคนิคพริ้นติ้ง.

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

พงศกร เผือกสกุล. (2562). *การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับภาพยนตร์ เพื่อส่งเสริมการคิดวิเคราะห์ เรื่องกระบวนการเปลี่ยนแปลงของโลกของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2* [วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ไม่ได้ตีพิมพ์]. มหาวิทยาลัยนเรศวร.

พรพิมล โพธิ์ไธสง และพรรณวิไล ดอกไม้. (2566). การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานเพื่อส่งเสริมการคิดอย่างมีวิจารณญาณและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง เซลล์และการทำงานของเซลล์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4. *วารสารสหวิทยาการวิจัยและวิชาการ,* 3(5), 465 – 480. https://doi.org/10.14456/iarj.2023.284

พัณนิดา มีลา. (2559). *การสนับสนุนความสามารถในการสร้างแบบจำลองวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ด้วยการสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง ของแข็ง ของเหลว และแก๊ส* [วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ไม่ได้ตีพิมพ์]. มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

พิมพันธ์ เดชะคุปต์ และ พเยาว์ ยินดีสุข. (2558). *การจัดการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21* (พิมพ์ครั้งที่ 2). จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

โพธิศักดิ์ โพธิเสน และ ชาตรี ฝ่ายคำตา. (2560). ฉันควรพัฒนาแบบจำลองทางความคิดของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ในเรื่องอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีอย่างไร?: การวิจัยปฏิบัติการในชั้นเรียน. *วารสารหน่วยวิจัยวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสิ่งแวดล้อมเพื่อการเรียนรู้*, 8(1), 101-122.

ไพฑูรย์ สินลารัตน์, นวลจิตต์ เชาวกีรติพงศ์, ทวีศักดิ์ จินดานุรักษ์, ชัยวัฒน์ สุทธิรัตน์, และไสว ฟักขาว. (2560). *คิดวิเคราะห์:สอนและสร้างได้อย่างไร.* จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

โรงเรียนภัทรญาณวิทยา. (2566). *หลักสูตรโรงเรียนภัทรญาณวิทยา พุทธศักราช 2566 ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560)*. https://drive.google.com/drive/folders/1dGMX_uHt77Zd68NlhCqQnZ8x66Wb56dF?usp=drive_link

ลฎาภา ลดาชาติ. (2561). แบบจำลองกับการศึกษาวิทยาศาสตร์. *วารสารมหาวิทยาลัยศิลปากร*, 38(4), 133-159.

วัลลภ ปริญทอง และ ประสาท เนืองเฉลิม. (2563). การพัฒนาทักษะการสร้างแบบจำลอง เรื่อง กรดและเบส ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปที่ 5 โดยใช้การจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบจำลองเป็นฐาน. *วารสารครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม*, 17(3), 89 – 100.

สถาบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ (องค์การมหาชน). (2565). *ค่าสถิติพื้นฐานระดับประเทศของผลการทดสอบ O - NET ชั้น ม.3.* https://catalog.niets.or.th/dataset/m3_country

สถาบันส่งเสริมการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2560). *คู่มือการใช้หลักสูตรรายวิชาพื้นฐานวิทยาศาสตร์ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ระดับมัธยมศึกษาตอนต้น.* ม.ป.ท.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2566). การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานในวิชาฟิสิกส์. *IPST MAGAZINE*, 51(244), 26-32.

สมคิด พรมจุ้ย. (2561). หน่วยที่ 13 การวัดและการประเมินผลการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ *ใน ประมวลสาระชุดวิชาสารัตถะ วิทยวิธีและธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ หน่วยที่ 11 – 15* (พิมพ์ครั้งที่ 6). สาขาวิชาศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.

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

สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา. (2560). *แผนการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2560 - 2579*. พริกหวานกราฟฟิค.

_____. (2564). *ทักษะที่จำเป็นแห่งอนาคต (Future Skill) เพื่อเตรียมการพัฒนาคุณภาพคนไทยทุกช่วงวัย รองรับการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว (Disruption) ของโลกศตวรรษที่ 21:ผลการศึกษาและแนวทางการส่งเสริม*. กระทรวงศึกษาธิการ. https://online.fliphtml5.com/wbpvz/aqll/#p=4

สำนักงานเลขานุการของคณะกรรมการยุทธศาสตร์ชาติ. (2561). *ยุทธศาสตร์ชาติ (พ.ศ. 2561 - 2580).* https://drive.google.com/file/d/1XSBMp8OCsauJqECOB-XZLB91-cRrNsEV/view

สิทธิโชค เอี่ยมบุญ. (2563). *การศึกษาความคิดสร้างสรรค์และความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน* [วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ไม่ได้ตีพิมพ์]. มหาวิทยาลัยบูรพา.

สุทธิดา จำรัส. (2555). *แบบจำลองและการสร้างแบบจำลองในการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์*. Chamrat Blog. https://chamrat2012.wordpress.com/2012/04/25/model-and-modeling-teaching/

_____. (2558). การสร้างกรอบแนวคิด“การสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์” ผ่านประวัติของ วิทยาศาสตร์. *วารสารหน่วยวิจัยวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสิ่งแวดล้อม เพื่อการเรียนรู้*, 8(1), 181-195.

เอกพล จิตตะโส และหนูกร ปฐมพรรษ. (2564). การเรียนรู้แบบซิปปาเสริมด้วยแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ที่มีต่อความเข้าใจมโนทัศน์สารชีวโมเลกุลและความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6. *วารสารวิชาการมหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี*, 9(2), 97 – 112.

American Association for the Advancement of Science (AAAS). (1990). *Science for All Americans. New York: Oxford University Press.* http://www.project2061.org /publications /sfaa/ online/sfaatoc.htm

Bekiroğlu,F.O. & Arslan,A. (2014). Examination of the Effects of Model-Based Inquiry on Students' Outcomes: Scientific Process Skills and Conceptual Knowledge. *Social and Behavioral Science*, 141, 1187 – 1191.

Bloom, B. s., Engelhart, M. D., Furst, E. D., Hill, W. H., & Krathwohl, D. R. (1956). *Bloom's Taxonomy of Educational Objectives*. Simultaneously in the dominion of CANADA.

Chen, Y. C., Benus, M. J. & Yarker, M. B. (2016). Using Models to Support Argumentation in the Science Classroom. *The American Biology Teacher*, 78(7), 549 – 559. http://doi.org /10.1525/abt.2006.78.7.549

Chiu, M. H. and Lin, J. W. (2019). Modeling competence in science education. *Disciplinary and Interdisciplinary Science Education Research*, 1 – 11. https://doi.org/10.1186/s43031-019-0012-y

Clement, J. J. (2008). *Creative Model Construction in Scientists and Students:The Role of Imagery, Analogy, and Mental Simulation*. Springer. http://doi.org/10.1007/978-1-4020-6712-9

Gilbert, J. K., (2004). MODELS AND MODELLING: ROUTES TO MORE AUTHENTIC SCIENCE EDUCATION. *International Journal of Science and Mathematics Education 2004 (2), 115-130.* http://doi.org/10.1007/s10763-004-3186-4

Gobert, J. D., (2000). *Introduction to model - based teaching and learning in science education*. In International Journal of Science Education. (pp. 891-894).

Greca, I. M., & Moreira, M. A., and Fisica, I. (2000). Mental models, conceptual models, and modelling. *International Journal of Science Education*, 22(1), 1-11.

Hestenes, D. (1987). Toward a modeling theory of physics instruction. *American Lournal of Physics*, 55(5), 440-454. https://doi.org/10.1119/1.15129

_____. (2006, January). Notes for a Modeling Theory of Science, Cognition and Instruction. *GIREP conference: Modelling in Physics and Physics Education.*

Hung, J. F. and Lin, J. C. (2009). The Development of the Simulation Modeling System and ModelingAbility Evaluation. *International Jouralvof u - and e - service,science and technology*, 2(4), 1-16.

Jones, N. A. (2011). *Mental Models: An Interdisciplinary Synthesis of Theory and Methods*. Ecology and Society.

Jong, J. P.,Chiu, M. H., & Chung, S. L. (2015). The Use of Modeling-Based Text to Improve Students' Modeling Competencies. *Science Education*, 19(5), 986 – 1018.

Louca, L. T., and Zacharia, Z. C. (2012). Modeling-based learning in science education: Cognitive, metacognitive, social, material and epistemological contributions. *Educational Review*, 64(4), 471-492. http://dx.doi.org/10.1080/00131911.2011.628748

Lubis, M. H., Sari, I. M. and Sinaga, P. (2020). *The Impact of Model Based Learning (MBL) in Improving Students' Understanding in Heat and Heat Transfer Concept.MSCEIS 2019*. http://dx.doi.org/10.4108/eai.12-10-2019.2296488

National Research Council. (2000). *Inquiry and the National Science Education Standards: A Guide for Teaching and Learning. The National Academies Press*. https://doi.org/doi:10.17226/9596

Nersessian, N. J. (1990). *Methods of Conceptual Change in Science: Imagistic and Analogical Reasoning*. In *MSCEIS 2019 Proceedings of the 7th Mathematics, Science, and Computer Science Education International Seminar.* https://doi.org/10.21825/philosophica.82436

_____. (2003). Thomas Kuhn (Contemporary Philosophy in Focus). *In Thomas Nickles (Ed.), Kuhn, Conceptual Change,and Cognitive Science.* Cambridge University *Press.* https://doi.org/https://doi.org/10.1017/CBO9780511613975

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. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.edurev.2014.10.001

Norman, D. A. (1983). *Some observations on Mental Models.* University of California, San Diego.

Quillin, K., Thomas, S., (2015). Drawing-to-Learn: A Framework for Using Drawings to Promote Model - Based Reasoning in Biology. *CBE - Life Science Education*, 14, 1 - 16 https://doi.org/10.1187/cbe.14-08-0128

Ramadani, A. S., Supardi, Z. A. I., Tukiran and Hariyono, E. (2021). Profile of Analytical Thinking Skills Through Inquiry-Based Learning in Science Subjects. *Studies in Learning and* Teaching, 2, 45-60. https://doi.org/https://doi.org/10.46627/silet

Schwarz, C. V., Reiser, B. J., Davis, E. A., Kenyon, L., Achér, A., Fortus, D., Krajcik, J. (2009). Developing a learning progression for scientific modeling: Making scientific modeling accessible and meaningful for learners. Journal of Research in Science Teaching: *The Official Journal of the National Association for Research in Science Teaching*, 46(6), 632-654.

Seel, N. M. (2017). Model-based learning: a synthesis of theory and research. *Education Tech Research Dev (2017), 65, 931–966.* https://doi.org/10.1007/s11423-016-9507-9

Yael, B. and Elizabeth, D. (2011). Middle-School Science Students' Scientific Modelling Performances Across Content Areas and Within a Learning Progression. *International Journal of Science Education*, 35(2), 213 - 238. https://doi.org/10.1080/09500693.2011.624133

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

รายนามผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือวิจัย

รายนามผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือวิจัย

1. ดร.ปิยนุช ลอยเลิศหล้า
   สถานที่ทำงาน โรงเรียนสถาพรวิทยา
   วุฒิการศึกษา ระดับปริญญาเอก ปร.ด.การบริหารการศึกษา มหาวิทยาลัยศิลปากร
   ระดับปริญญาโท วท.ม. สาขาฟิสิกส์ศึกษา มหาวิทยาลัยศิลปากร
   ประสบการณ์หรือความชำนาญ ผู้อำนวยการชำนาญการพิเศษ โรงเรียนสถาพรวิทยา

2. นายอภิชาติ เหลืองเพิ่มสกุล
   สถานที่ทำงาน โรงเรียนคงทองวิทยา
   วุฒิการศึกษา ระดับปริญญาโท วท.ม. สาขาฟิสิกส์ศึกษา มหาวิทยาลัยศิลปากร
   ประสบการณ์หรือความชำนาญ วิทยฐานะครูชำนาญการพิเศษ โรงเรียนคงทองวิทยา

3. นายพลวิชญ์ อังสวัสดิ์
   สถานที่ทำงาน โรงเรียนประจวบวิทยาลัย
   วุฒิการศึกษา ระดับปริญญาโท ศษ.ม. สาขาวิทยาศาสตร์ศึกษา มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช
   ประสบการณ์หรือความชำนาญ วิทยฐานะครูชำนาญการ โรงเรียนประจวบวิทยาลัย

มหาวิทยาลัย
สุโขทัยธรรมาธิราช

ภาคผนวก ข

- ตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้โดยแบบจำลองเป็นฐาน
- ตัวอย่างแผนการจัดการเรียนแบบปกติ

ตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้โดยแบบจำลองเป็นฐาน

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1
กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี **ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3**
รายวิชา ว23101 วิทยาศาสตร์ 5 **ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2566**
หน่วยการเรียนรู้ที่ 3 แสง **เวลา 18 ชั่วโมง**
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง การสะท้อนของแสง **จำนวน 5 ชั่วโมง**
ผู้สอน นางสาวพลอยศิริ พุทธรักษา

---

1. สาระ มาตรฐานการเรียนรู้ และตัวชี้วัด

สาระที่ 2 วิทยาศาสตร์กายภาพ

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

ตัวชี้วัด ว 2.3 ม.3/13 ออกแบบการทดลองและดำเนินการทดลอง ด้วยวิธีที่เหมาะสมในการอธิบาย กฎการสะท้อนของแสง

ตัวชี้วัด ว 2.3 ม.3/14 เขียนแผนภาพการเคลื่อนที่ของแสง แสดง การเกิดภาพจากกระจกเงา

2. สาระสำคัญ

การสะท้อนของแสง เกิดจากแสงเดินทางไปตกกระทบกับผิวของวัตถุที่แสงไม่สามารถเดินทางผ่านได้ ทำให้แสงที่ตกกระทบผิวของวัตถุนั้น ๆ เกิดการสะท้อน โดยรังสีตกกระทบ เส้นแนวฉาก รังสีสะท้อน อยู่ในระนาบเดียวกัน และมุมตกกระทบเท่ากับมุมสะท้อน ซึ่งเป็นไปตามกฎการสะท้อน

การสะท้อนของแสงบนแผ่นสะท้อนชนิดต่าง ๆ

1. การสะท้อนของแสงบนกระจกเงาราบทำให้เกิดภาพเสมือนหัวตั้งที่มีขนาดเท่ากับวัตถุ แต่ภาพที่เห็นจะกลับด้านจากซ้ายเป็นขวา

2. การสะท้อนของแสงบนกระจกเงาโค้งนูน ทำให้เกิดภาพเสมือนหัวตั้งที่มีขนาดเล็กกว่าวัตถุ

3. กระจกเงาโค้งเว้า สามารถเกิดภาพได้หลายแบบขึ้นอยู่กับระยะระหว่างวัตถุกับกระจก ลักษณะของภาพที่เกิดจากกระจกเงา

3.1 การเกิดภาพจากกระจกเงาที่เกิดรังสีสะท้อนตัดจริง จะเกิดภาพจริง

3.2 การเกิดจากกระจกเงาที่เกิดจากการต่อแนวรังสีสะท้อนให้ตัดกัน จะเกิดภาพเสมือน

3. จุดประสงค์การเรียนรู้ เมื่อจบบทเรียนนี้แล้วนักเรียนสามารถ

ด้านความรู้ (Knowledge)

3.1 บอกความหมายของการสะท้อนแสงได้

3.2 อธิบายการเกิดภาพจากการสะท้อนของแสงได้

3.3 อธิบายการเกิดภาพจากกระจกเงาได้

3.4 อธิบายลักษะของภาพที่เกิดจากกระจกเงาได้

3.5 ระบุความสัมพันธ์ของมุมตกกระทบและมุมสะท้อนตามกฎการสะท้อนของแสงได้

3.6 ระบุลักษณะของภาพที่เกิดจากการสะท้อนแสงบนกระจกแต่ละชนิดได้

3.7 อธิบายกฎการสะท้อนของแสงจากกิจกรรมการทดลองการสะท้อนของแสงได้

ด้านทักษะและกระบวนการ (Skill/Process)

3.8 สร้างคำอธิบายการเกิดการสะท้อนของแสงจากหลักฐานเชิงประจักษ์ได้

3.9 สร้างแบบจำลองรังสีการสะท้อนของแสงเพื่อหาตำแหน่งและลักษณะของภาพที่เกิดจากกระจกเงาได้

ด้านเจคคติ (Attitude)

3.10 แสดงความเป็นคนช่างสังเกต ช่างคิด ช่างสงสัย ใฝ่เรียนรู้ และมุ่งมั่นในการเสาะแสวงหาความรู้

4. สาระการเรียนรู้

การสะท้อนของแสง

- การสะท้อนของแสงบนกระจกเงาชนิดราบ
- การสะท้อนของแสงบนกระจกเงาชนิดโค้ง
- ภาพที่เกิดจากการสะท้อนของแสง

5. กระบวนการจัดการเรียนรู้

5.1 ขั้นสร้างแบบจำลอง (Generation) (30 นาที)

5.1.1 ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับการเกิดภาพในกระจกเงาราบ โดยครูใช้กระจกเงาราบสาธิตการเกิดภาพ แล้วครูใช้คำถาม ดังนี้

1) นักเรียนมองเห็นสิ่งต่าง ๆ รอบตัวได้อย่างไร

2) การมองเห็นภาพต่าง ๆ เกิดจากอะไร เกี่ยวข้องกับสิ่งใดบ้าง

5.1.2 ครูนำกระจกเงาชนิดราบ และกระจกใสมาให้นักเรียนดู แล้วครูใช้คำถามว่า หากนักเรียนใช้กระจก 2 บานนี้ส่องดูทรงผมของตัวเองจะเป็นอย่างไร ต่างหรือเหมือนกันอย่างไร

5.1.3 ครูให้ความรู้เพิ่มเติมกับนักเรียนเกี่ยวกับสัญลักษณ์ที่เกี่ยวข้องกับการเดินทางของแสง ดังนี้

รังสีตกกระทบ	
รังสีสะท้อน	
เส้นปกติ	
กระจกเงาราบ	

5.1.4 ให้นักเรียนสื่อความหมายการมองเห็นภาพในกระจกทั้ง 2 ชนิด ลงในใบงานหรือสมุด ในรูปแบบของแบบจำลองหรือคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์

5.1.5 ครูให้นักเรียนดูภาพ

เปิดให้นักเรียนดู	หากนักเรียนตอบคำถามไม่ได้ เปิดให้นักเรียนดูเพิ่มเติม

แล้วให้นักเรียนคาดคะเนว่า หากใช้กระจกเงาทั้ง 2 ชนิดนี้ส่องวัตถุ ภาพที่ได้จะมีลักษณะเป็นอย่างไร แล้วให้นักเรียนสร้างคำอธิบายเกี่ยวกับการเกิดภาพจากกระจกโดยใช้สัญลักษณ์

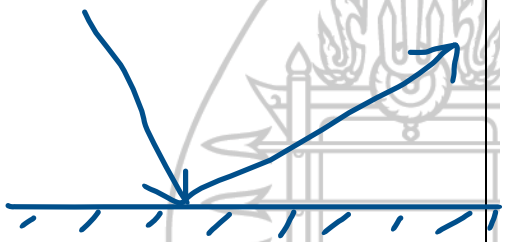
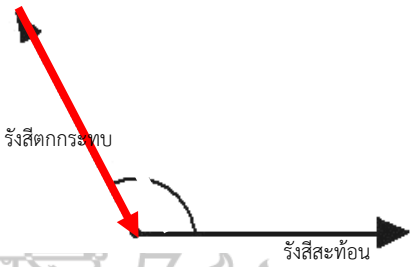
5.1.6 ครูสุ่มตัวแทนนักเรียน 2 - 3 คน อธิบายเกี่ยวกับคำอธิบายที่นักเรียนสร้างขึ้น

5.2 ขั้นประเมินแบบจำลอง (Evaluation) (100 นาที)

5.2.1 ครูแบ่งกลุ่มนักเรียนทำกิจกรรมการทดลองที่ 1 เรื่อง การสะท้อนของแสงเป็นอย่างไร โดยออกแบบการทดลองด้วยวิธีการที่เหมาะสม โดยก่อนทำกิจกรรมครูและนักเรียนทำกิจกรรมร่วมกันในตอนที่ 1 การเคลื่อนที่ของแสงผ่านกระจกเงาชนิดราบ ดังนี้

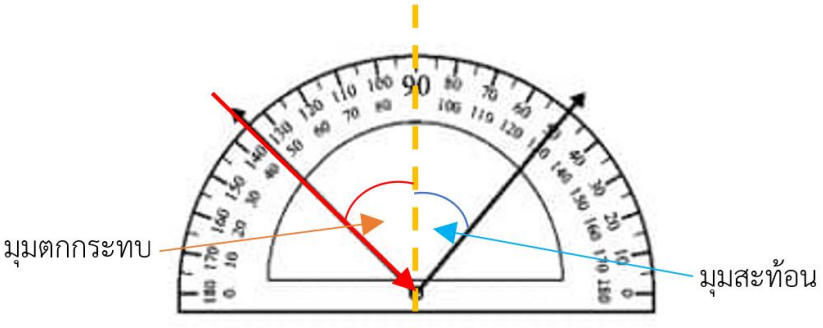
1) ครูถามนักเรียนว่าจากภาพ/ คำอธิบายที่นักเรียนสร้างขึ้น การสะท้อนของแสงมีความรู้เรื่องใดที่เกี่ยวข้องบ้าง (แสง ตา ภาพ เส้นตรง เส้นประ มุม)

2) ครูนำคำอธิบายที่นักเรียนสร้างขึ้นในลักษณะแผนภาพ 1 กลุ่ม เป็นตัวอย่างให้นักเรียนทั้งห้องดู แล้วถามเพื่อนำไปสู่การวัดค่าของมุม โดยใช้คำถามต่อไปนี้

ภาพของนักเรียน	ภาพที่ครูเปิดให้ดู
เช่น 	

- ภาพที่นักเรียนสร้างคำอธิบายไว้กับภาพที่ครูให้ดูเหมือนหรือต่างกันอย่างไร (คล้ายกัน มีการทำมุมระหว่างรังสีตกกระทบและรังสีสะท้อนเหมือนกัน)

- หากต้องการทราบค่าของมุมระหว่างมุมตกกระทบและมุมสะท้อน จะมีวิธีในการหาค่าของมุมอย่างไร (ใช้ไม้บรรทัดวัดมุม)



3) ครูถามนักเรียนว่า ระหว่างมุมตกกระทบและมุมสะท้อน มีความสัมพันธ์กันหรือไม่ อย่างไร (นำไปสู่การทดลองตอนที่ 1)

5.2.2 ครูชี้แจง จุดประสงค์การทดลอง วัสดุอุปกรณ์ ดังนี้ 1) จุดประสงค์การทดลอง คือ ออกแบบและดำเนินการทดลองด้วยวิธีที่เหมาะสมในการอธิบายกฎการสะท้อนของแสง 2) วัสดุอุปกรณ์ ได้แก่ ไฟเลเซอร์กระจกเงาชนิดราบผิวสะท้อนแสง กระดาษขาว ไม้บรรทัดวัดมุม ดินน้ำมัน

5.2.3 ครูถามนักเรียนโดยใช้คำถามต่อไปนี้

1) ปัญหาของการทดลองนี้คืออะไร (*เมื่อแสงตกกระทบกับกระจกเงาชนิดราบ มุมตกกระทบมีความสัมพันธ์กับมุมสะท้อนหรือไม่)*

2) สมมติฐานของการทดลองนี้คืออะไร (*มุมตกกระทบเท่ากับกับมุมสะท้อน)*

3) ตัวแปรต้นของการทดลองนี้คืออะไร (*มุมตกกระทบ)*

4) ตัวแปรตามของการทดลองนี้คืออะไร (*มุมสะท้อน)*

5) ตัวแปรควบคุมของการทดลองนี้คืออะไร (*แหล่งกำเนิดแสง และกระจกเงาชนิดราบ)*

5.2.4 ให้นักเรียนออกแบบวิธีการทดลองการทดลองเพื่อศึกษาเกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างมุมตกกระทบและมุมสะท้อนโดยใช้วัสดุอุปกรณ์ที่ครูจัดเตรียมไว้ให้โดยวางแผนภาพวิธีการทดลองและออกแบบตารางบันทึกผลการทดลองลงในใบกิจกรรม

5.2.5 ครูคอยตรวจสอบการออกแบบวิธีการทดลอง และตารางบันทึกผลการทดลองของนักเรียนแต่ละกลุ่มพร้อมให้ข้อเสนอแนะ

5.2.6 นักเรียนแต่ละกลุ่มดำเนินการทดลองตามที่ออกแบบไว้

5.2.7 หลังจากทำกิจกรรมในตอนที่ 1 เรียบร้อยแล้ว ครูถามนักเรียนว่า

1) มุมตกกระทบและมุมสะท้อนมีความสัมพันธ์กันหรือไม่อย่างไร

2) เมื่อมุมตกกระทบมีขนาดเปลี่ยนไป ขนาดของมุมสะท้อนจะเปลี่ยนแปลงหรือไม่ อย่างไร

3) ผลการทดลองเหมือนหรือแตกต่างจากสมมติฐานที่ตั้งไว้หรือไม่ อย่างไร

5.2.8 ครูนำตารางบันทึกผลการทดลองและแผนภาพการสะท้อนของแสงของแต่ละกลุ่มเปิดให้นักเรียนดูและอภิปรายร่วมกันเพื่อให้ได้ข้อสรุป ว่าการสะท้อนของแสงจะเกิดขึ้นบนพื้นผิวของวัตถุทุกชนิดทั้งที่เรียบ มันวาว โดยการสะท้อนของแสงจะเป็นไปตามกฎการสะท้อนของแสงที่กล่าวว่า 1) รังสีตกกระทบ เส้นแนวฉาก และรังสีสะท้อนอยู่ในระนาบเดียวกัน 2) มุมตกกระทบเท่ากับมุมสะท้อน ณ ตำแหน่งที่แสงตกกระทบ

5.2.9 ครูให้นักเรียนทำกิจกรรมการทดลองที่ 1 เรื่อง การสะท้อนของแสงเป็นอย่างไร ตอนที่ 2 การเคลื่อนที่ของแสงผ่านกระจกเงาชนิดโค้ง โดยถามนักเรียนก่อนทำกิจกรรมว่า หากใช้กระจกเงาชนิดโค้งส่องวัตถุ แผนภาพที่แสดงทิศทางการเคลื่อนที่ของรังสีของแสงจะเป็นอย่างไร เป็นไปตามภาพที่นักเรียนอธิบายไว้ในข้างต้นหรือไม่

5.2.10 ครูชี้แจง จุดประสงค์การทดลอง วัสดุอุปกรณ์ ดังนี้ 1) สร้างแบบจำลองรังสีการสะท้อนของแสงเพื่อหาตำแหน่งและลักษณะของภาพที่เกิดจากกระจกเงา 2) วัสดุอุปกรณ์ ได้แก่ ไฟเลเซอร์ กระจกเงาชนิดโค้ง หรือแผ่นสะท้อนผิวโค้ง กระดาษขาว ไม้บรรทัดวัดมุม ดินน้ำมัน

5.2.11 ครูให้นักเรียนออกแบบวิธีดำเนินกิจกรรมเพื่อศึกษา ทิศทางการเคลื่อนที่ของรังสีของแสงเมื่อเกิดการสะท้อนบนกระจกโค้งทั้ง 2 ชนิด

5.2.12 ครูคอยตรวจสอบการออกแบบวิธีการทดลอง และการบันทึกผลการทดลองของนักเรียนแต่ละกลุ่มพร้อมให้ข้อเสนอแนะ แล้วให้นักเรียนแต่ละกลุ่มดำเนินการทดลองตามที่ออกแบบไว้

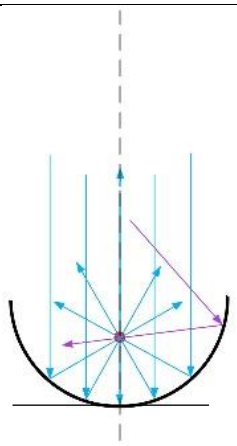
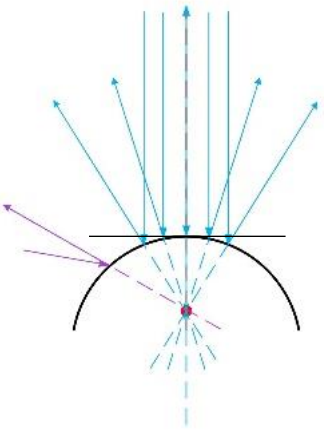
5.2.13 ครูถามนักเรียนหลังการทดลองว่า

1) ลำแสงที่ให้ตกกระทบบนกระจกเงาชนิดโค้งนูน รังสีสะท้อนที่เกิดขึ้นเป็นอย่างไร

2) ลำแสงที่ให้ตกกระทบบนกระจกเงาชนิดโค้งเว้า รังสีสะท้อนที่เกิดขึ้นเป็นอย่างไร

3) หากต่อแนวรังสีสะท้อนเสมือนจากกระจกเงาชนิดโค้งทั้ง 2 ชนิด จะเป็นอย่างไร

5.2.14 ครูนำแผนภาพการสะท้อนของแสงจากการทดลองของแต่ละกลุ่มเปิดให้นักเรียนดูและอภิปรายร่วมกันเพื่อให้ได้ข้อสรุป ว่าการสะท้อนของแสงที่เกิดบนกระจกเงาชนิดโค้งนูน และโค้งเว้า มีลักษณะการเคลื่อนที่ของรังสีของแสงที่แตกต่างกัน ดังภาพ

การสะท้อนแสงบนแผ่นสะท้อนผิวโค้งเว้า	การสะท้อนแสงบนแผ่นสะท้อนผิวโค้งนูน
	

5.3 ขั้นปรับปรุงแบบจำลอง (Modification) (60 นาที)

5.3.1 ครูถามนักเรียนว่าจากความรู้ที่ได้ในกิจกรรมการทดลอง นักเรียนพิจารณาผลการทดลองกับคำอธิบายที่สร้างไว้ข้างต้น ว่าเหมือนหรือต่างกันอย่างไรและอภิปรายร่วมกัน

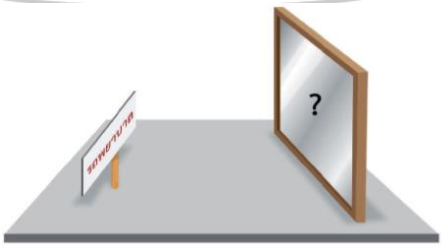
5.3.2 นักเรียนปรับปรุง แบบจำลอง/คำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ที่สร้างไว้ กับหลังทำกิจกรรมที่ 1 เรื่อง การสะท้อนของแสงเป็นอย่างไร

5.3.3 นักเรียนนำเสนอ แบบจำลอง/คำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ที่สร้างอย่างสมบูรณ์แล้วต่อเพื่อนในห้อง

5.3.4 ครูและนักเรียนอภิปรายแบบจำลอง/คำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ร่วมกัน

5.4 ขั้นขยายแบบจำลอง (Elaboration) (110 นาที)

5.4.1 ครูให้นักเรียนทำกิจกรรมเล่นเกมทายคำ



จากบัตรภาพ โดยใช้กระจกเงาชนิดราบส่องเพื่อเฉลยคำตอบว่าภาพนี้คือคำอะไร ให้ได้ข้อสรุปเกี่ยวกับการเกิดภาพจากกระจกเงาชนิดราบ ว่าเป็นภาพเสมือนที่กลับด้านจากซ้ายเป็นขวา และครูใช้คำถามเพื่ออธิบายการเกิดภาพในกระจกเงาชนิดราบ โดยใช้คำถามดังนี้

บัตรคำ	ภาพในกระจกเงา
รถพยาบาล	รถพยาบาล
Ambulance	Ambulance
กระจก	กระจก
Plate glass	Plate glass

- ภาพที่นักเรียนเห็นจากกระจกเงาชนิดราบเหมือนกับคำตอบที่นักเรียนคาดการณ์ไว้หรือไม่ อย่างไร เพราะเหตุใด

5.4.2 ครูให้นักเรียนดูภาพ

แล้วตั้งคำถามกับนักเรียนว่า

1) ภาพสะท้อนบนผิวน้ำเกิดขึ้นได้อย่างไร

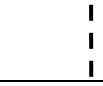
2) พื้นผิวแบบไหนทำให้ภาพเรียบชัดเจน, พื้นผิวแบบไหนทำให้ภาพไม่คมชัด

5.4.3 ครูพานักเรียนทำกิจกรรมศึกษาการเกิดภาพบนกระจก กิจกรรมที่ 1 เรื่อง ภาพในกระจกเงาชนิดราบ แล้วถามนักเรียนว่า ภาพที่เกิดจากกระจกเงาชนิดราบว่ามีลักษณะเป็นอย่างไร

ตอบ ขนาดเท่ากับวัตถุ ระยะห่างจากกระจกเท่ากับวัตถุ

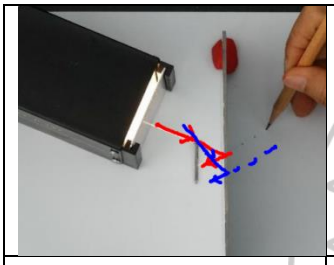
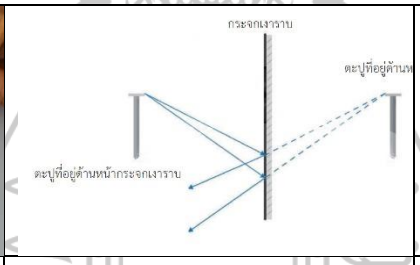
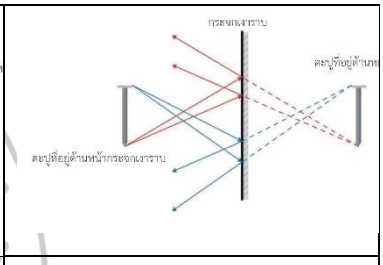
5.4.4 ครูอธิบายข้อตกลงเพิ่มเติมเกี่ยวกับสัญลักษณ์การเดินทางของแสง

ชื่อ	สัญลักษณ์	ความหมาย
รังสีตกกระทบ	↓	เส้นตรงแทนทิศทางการเคลื่อนที่ของแสงที่ออกมาจากแหล่งกำเนิดแสง
รังสีสะท้อน	↑	เส้นแทนทิศทางการเคลื่อนที่ของแสงที่ออกมาจากวัตถุทึบแสง

ชื่อ	สัญลักษณ์	ความหมาย
รังสีสะท้อนเสมือน		เส้น***เสมือน***แทนทิศทางการเคลื่อนที่ของแสงที่ออกมาจากแหล่งกำเนิดแสง
เส้นปกติ		เส้นตั้งฉากกับวัตถุทึบแสง
กระจกเงาราบ		สัญลักษณ์ของวัตถุทึบแสงชนิดสะท้อนแสง

5.4.5 ครูสาธิตการเกิดภาพจากกระจกชนิดเงาราบโดยใช้ 1) กระจกเงาชนิดราบ 2) วัตถุ 3) ตาราง 4) ไฟเลเซอร์ โดยใช้กล้องบันทึกวิดีโอขึ้นจอนำเสนอหน้าชั้นเรียนในขณะที่ครูสาธิต

5.4.6 ครูให้นักเรียนสังเกตแนวการเคลื่อนที่ของแสง แล้ววาดแผนภาพการเคลื่อนที่ของแสงออกจากวัตถุไปตกกระทบยังกระจกเงาชนิดราบ เช่น ภาพตัวอย่าง ก

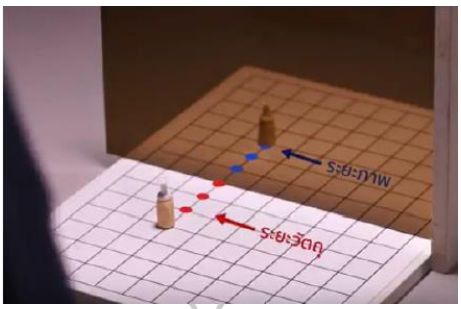
		
ก	ตัวอย่าง ข	ตัวอย่าง ค

5.4.7 ครูถามนักเรียนว่า เมื่อฉายแสงจากหัววัตถุและปลายวัตถุให้ตกกระทบกระจกเงาราบ รังสีสะท้อนแต่ละเส้นจะเป็นอย่างไร ถ้าต่อแนวของรังสีสะท้อนแต่ละเส้นไปด้านหลังจะได้ผลอย่างไร

5.4.8 ครูสุ่มตัวแทนนักเรียน 2 - 3 คน อธิบายแผนภาพที่นักเรียนได้วาดไว้พร้อมการอ้างอิงหลักฐานและเหตุผลประกอบ

5.4.9 ครูเพิ่มเติมให้นักเรียนเกี่ยวกับการเขียนแนวรังสีของแสงที่ทำให้เกิดภาพ ดังภาพ ข และ ค

5.4.10 ครูจัดอุปกรณ์ดังภาพแล้วถามนักเรียนโดยใช้คำถามต่อไปนี้



1) ระยะห่างจากกระจกเงาชนิดราบถึงวัตถุ และ ระยะห่างจากกระจกเงาชนิดราบถึงภาพเป็นระยะเท่าใด

2) ขนาดวัตถุกับขนาดภาพที่เกิดจากการสะท้อนของแสงบนกระจกชนิดเงาราบสัมพันธ์กันอย่างไร

3) นักเรียนจะอธิบายการเกิดภาพในกระจกเงาชนิดราบ ได้อย่างไร

5.4.11 ครูให้นักเรียนเขียนแนวรังสีของแสงที่ทำให้เกิดภาพ เมื่อวางวัตถุในตำแหน่งต่าง ๆ และให้นักเรียน 2 - 3 คน อธิบายแผนภาพที่นักเรียนได้วาดไว้พร้อมการอ้างอิงหลักฐานและเหตุผลประกอบ

5.4.12 ครูให้นักเรียนทำกิจกรรมศึกษาการเกิดภาพบนกระจก กิจกรรมที่ 2 เรื่อง ภาพในกระจกเงาชนิดโค้ง

5.4.13 ครูถามนักเรียนว่า ภาพที่เกิดจากระจกเงาชนิดโค้งนูนและโค้งเว้าว่ามีลักษณะเป็นอย่างไร

5.4.14 ครูให้นักเรียนสังเกตลักษณะของภาพ และระยะของภาพกับวัตถุ จากการสาธิตการเกิดภาพบนกระจกโค้งทั้ง 2 ชนิด แล้วถามนักเรียนว่า

1) เมื่อวางเทียนไขไว้หน้ากระจกเงาชนิดโค้งเว้าและกระจกชนิดโค้งเงานูนที่ระยะห่างจากกระจกต่าง ๆ กัน ภาพที่เกิดขึ้นในกระจกมีลักษณะแตกต่างกันหรือไม่ อย่างไร

2) เมื่อวางเทียนไขไว้หน้ากระจกเงาชนิดโค้งเว้าและกระจกเงาชนิดโค้งนูนที่ระยะห่างจากกระจกต่าง ๆ กัน จะมีภาพปรากฏบนฉากหรือไม่

3) จากกิจกรรม สรุปได้ว่าอย่างไร

5.4.15 ให้นักเรียนสร้างคำอธิบายหรือแบบจำลองลักษณะของภาพที่เกิดขึ้นให้อยู่ในลักษณะของแผนภาพที่แสดงการเคลื่อนที่ของรังสีของแสง

5.4.16 นักเรียนใช้ แบบจำลอง/ คำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ที่สร้างไว้ อธิบายสถานการณ์ที่ครูกำหนดขึ้น

6. สื่อและแหล่งการเรียนรู้

6.1 สื่อ

6.1.1 ไฟเลเซอร์

6.1.2 กระจกเงาชนิดโค้ง หรือแผ่นสะท้อนผิวโค้ง

6.1.3 กระจกเงาชนิดราบผิวสะท้อนแสง

6.1.4 กระดาษขาว

6.1.5 ไม้บรรทัดวัดมุม

6.1.6 ดินน้ำมัน

6.1.7 ใบกิจกรรมการทดลองที่ 1 เรื่อง การสะท้อนของแสงเป็นอย่างไร

6.1.8 ใบกิจกรรมที่ 1 เรื่อง ภาพจากกระจกเงาชนิดราบ

6.1.9 ใบกิจกรรมที่ 2 เรื่อง ภาพจากกระจกเงาชนิดโค้ง

6.2 แหล่งการเรียนรู้

-

7. การวัดและการประเมินผล

จุดประสงค์การเรียนรู้	วิธีการวัด	เครื่องมือวัด	เกณฑ์การประเมินผล
ด้านความรู้ (K)			
- บอกความหมายของการสะท้อนแสงได้	- ทำกิจกรรมการทดลอง	- แบบประเมินกิจกรรมทดลอง	- นักเรียนมีผลการประเมินอยู่ในระดับดีขึ้นไป
- อธิบายการเกิดภาพจากการสะท้อนของแสงได้	- การตอบคำถาม	- คำถาม	- นักเรียนสามารถตอบคำถามได้ถูกต้อง 80% ขึ้นไป
- อธิบายการเกิดภาพจากกระจกเงาได้	- ทำกิจกรรม	- ใบกิจกรรม	- นักเรียนสามารถตอบคำถามได้ถูกต้อง 80% ขึ้นไป
- อธิบายลักษณะของภาพที่เกิดจากกระจกเงาได้	- ทำกิจกรรม	- ใบกิจกรรม	- นักเรียนสามารถตอบคำถามได้ถูกต้อง 80% ขึ้นไป

จุดประสงค์การเรียนรู้	วิธีการวัด	เครื่องมือวัด	เกณฑ์การประเมินผล
- ระบุความสัมพันธ์ของมุมตกกระทบและมุมสะท้อนตามกฎการสะท้อนของแสงได้	- ทำกิจกรรมการทดลอง	- แบบประเมินกิจกรรมทดลอง	- นักเรียนมีผลการประเมินอยู่ในระดับดีขึ้นไป
- ระบุลักษณะของภาพที่เกิดจากการสะท้อนแสงบนกระจกแต่ละชนิดได้	- ทำกิจกรรมการทดลอง	- แบบประเมินกิจกรรมทดลอง	- นักเรียนมีผลการประเมินอยู่ในระดับดีขึ้นไป
- อธิบายกฎการสะท้อนของแสงจากกิจกรรมการทดลองการสะท้อนของแสงได้	- ทำกิจกรรมการทดลอง	- แบบประเมินกิจกรรมทดลอง	- นักเรียนมีผลการประเมินอยู่ในระดับดีขึ้นไป
ด้านทักษะและกระบวนการ (P)			
- สร้างคำอธิบายการเกิดการสะท้อนของแสงจากหลักฐานเชิงประจักษ์ได้	- การตรวจชิ้นงาน	- แบบประเมินผลงาน	- นักเรียนมีผลการประเมินอยู่ในระดับดีขึ้นไป
- สร้างแบบจำลองรังสีการสะท้อนของแสงเพื่อหาตำแหน่งและลักษณะของภาพที่เกิดจากกระจกเงาได้	- การสร้างแบบจำลอง	- แบบประเมินความสามารถในการสร้างแบบจำลอง	- นักเรียนมีผลการประเมิน 80% ขึ้นไป
ด้านเจตคติ (A)			
- แสดงความเป็นคนช่างสังเกต ช่างคิด ช่างสงสัย ใฝ่เรียนรู้ และมุ่งมั่นในการเสาะแสวงหาความรู้	- การสังเกต	- แบบประเมินพฤติกรรมรายกลุ่ม	- นักเรียนร้อยละ 80 มีผลการประเมินอยู่ในระดับดีขึ้นไป ถือว่าผ่านเกณฑ์

บันทึกผลหลังการจัดการเรียนรู้

ผลการจัดการเรียนรู้

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ปัญหา/ อุปสรรค

.....

.....

.....

.....

.....

ข้อเสนอแนะ/ แนวทางการแก้ไข

.....

.....

.....

.....

.....

ลงชื่อ.....ผู้สอน

(นางสาวพลอยศิริ พุทธรักษา)

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช

แบบประเมินความสามารถในการสร้างแบบจำลอง

รายวิชา ว23101 วิทยาศาสตร์ 5 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2566

คำชี้แจง: ให้ครูผู้สอนประเมินผลการสร้างแบบจำลองของแต่ละกลุ่ม โดยให้ระดับคะแนนลงในตารางที่ตรงกับพฤติกรรมของผู้เรียน

กลุ่มที่.....ชั้น.....

ที่	ชื่อ - สกุล	รายการประเมิน								รวม	หมายเหตุ
		ความถูกต้องของแบบจำลอง				อธิบายปรากฏการณ์ที่ศึกษาได้					
		4	3	2	1	4	3	2	1		
รวม											

หมายเหตุ: ได้คะแนน 7 คะแนนขึ้นไป ถือว่าผ่านเกณฑ์

ลงชื่อ.....ผู้บันทึก

(นางสาวพลอยศิริ พุทธรักษา)

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

สรุปผลการประเมิน

- มีนักเรียนผ่านเกณฑ์ทั้งหมด ..... กลุ่ม คิดเป็นร้อยละ .....ของจำนวนกลุ่มทั้งหมด
- มีนักเรียนไม่ผ่านเกณฑ์ทั้งหมด ..... กลุ่ม คิดเป็นร้อยละ .....ของจำนวนกลุ่มทั้งหมด

เกณฑ์การประเมินการสร้างแบบจำลอง

รายการประเมิน	**ระดับคะแนน**			
	4	**3**	**2**	**1**
ความถูกต้องของแบบจำลอง	เขียนแบบจำลองโดยใช้ตัวแทนในรูปแบบ ข้อความหรือสัญลักษณ์มาประกอบรวมกันเพื่อใช้ในการอธิบายปรากฏการณ์ที่กำหนดได้อย่างถูกต้อง ครบถ้วน 80 % ขึ้นไป	เขียนแบบจำลองโดยใช้ตัวแทนในรูปแบบข้อความหรือสัญลักษณ์มาประกอบรวมกันเพื่อใช้ในการอธิบายปรากฏการณ์ที่กำหนดได้ค่อนข้างถูกต้องครบถ้วน 60%	เขียนแบบจำลองโดยใช้ตัวแทนในรูปแบบข้อความหรือสัญลักษณ์มาประกอบรวมกันเพื่อใช้ในการอธิบายปรากฏการณ์ที่กำหนดได้ถูกต้องเป็นส่วนใหญ่ ครบถ้วน 50%	เขียนแบบจำลองโดยใช้ตัวแทนในรูปแบบข้อความหรือสัญลักษณ์มาประกอบรวมกันเพื่อใช้ในการอธิบายปรากฏการณ์ที่กำหนดได้ถูกต้องบางส่วนครบถ้วนน้อยกว่า 49%
อธิบายปรากฏการณ์ที่ศึกษาได้	เขียนแบบจำลองที่แสดงรายละเอียดเงื่อนไข หรือสิ่งที่ต้องการศึกษาได้ครบถ้วนและชัดเจน 80 % ขึ้นไป	เขียนแบบจำลองที่แสดงรายละเอียดเงื่อนไข หรือสิ่งที่ต้องการศึกษาได้ค่อนข้างครบถ้วนและชัดเจน 60%	เขียนแบบจำลองที่แสดงรายละเอียดเงื่อนไข หรือสิ่งที่ต้องการศึกษาได้ครบถ้วนเป็นส่วนใหญ่และชัดเจน 50%	เขียนแบบจำลองที่แสดงรายละเอียดเงื่อนไข หรือสิ่งที่ต้องการศึกษาได้ครบถ้วนบางส่วนและชัดเจนน้อยกว่า 49%

ตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้แบบปกติ

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี **ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3**

รายวิชา ว23101 วิทยาศาสตร์ 5 **ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2566**

หน่วยการเรียนรู้ที่ 3 แสง **เวลา 18 ชั่วโมง**

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง การสะท้อนของแสง **จำนวน 5 ชั่วโมง**

ผู้สอน นางสาวพลอยศิริ พุทธรักษา

---

1. สาระ มาตรฐานการเรียนรู้ และตัวชี้วัด

สาระที่ 2 วิทยาศาสตร์กายภาพ

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

ตัวชี้วัด ว 2.3 ม.3/13 ออกแบบการทดลองและดำเนินการทดลอง ด้วยวิธีที่เหมาะสมในการอธิบาย กฎการสะท้อนของแสง

ตัวชี้วัด ว 2.3 ม.3/14 เขียนแผนภาพการเคลื่อนที่ของแสง แสดง การเกิดภาพจากกระจกเงา

2. สาระสำคัญ

การสะท้อนของแสง เกิดจากแสงเดินทางไปตกกระทบกับผิวของวัตถุที่แสงไม่สามารถเดินทางผ่านได้ ทำให้แสงที่ตกกระทบผิวของวัตถุนั้น ๆ เกิดการสะท้อน โดยรังสีตกกระทบ เส้นแนวฉาก รังสีสะท้อน อยู่ในระนาบเดียวกัน และมุมตกกระทบเท่ากับมุมสะท้อน ซึ่งเป็นไปตามกฎการสะท้อน

การสะท้อนของแสงบนแผ่นสะท้อนชนิดต่าง ๆ

1. การสะท้อนของแสงบนกระจกเงาราบทำให้เกิดภาพเสมือนหัวตั้งที่มีขนาดเท่ากับวัตถุ แต่ภาพที่เห็นจะกลับด้านจากซ้ายเป็นขวา

2. การสะท้อนของแสงบนกระจกเงาโค้งนูน ทำให้เกิดภาพเสมือนหัวตั้งที่มีขนาดเล็กกว่าวัตถุ

3. กระจกเงาโค้งเว้า สามารถเกิดภาพได้หลายแบบขึ้นอยู่กับระยะระหว่างวัตถุกับกระจก

ลักษณะของภาพที่เกิดจากกระจกเงา

1. การเกิดภาพจากกระจกเงาที่เกิดรังสีสะท้อนตัดจริง จะเกิดภาพจริง

2. การเกิดจากกระจกเงาที่เกิดจากการต่อแนวรังสีสะท้อนให้ตัดกัน จะเกิดภาพเสมือน

3. จุดประสงค์การเรียนรู้ เมื่อจบบทเรียนนี้แล้วนักเรียนสามารถ

ด้านความรู้ (Knowledge)

3.1 บอกความหมายของการสะท้อนแสงได้

3.2 อธิบายการเกิดภาพจากการสะท้อนของแสงได้

3.3 อธิบายการเกิดภาพจากกระจกเงาได้

3.4 อธิบายลักษะของภาพที่เกิดจากกระจกเงาได้

3.5 ระบุความสัมพันธ์ของมุมตกกระทบและมุมสะท้อนตามกฎการสะท้อนของแสงได้

3.6 ระบุลักษณะของภาพที่เกิดจากการสะท้อนแสงบนกระจกแต่ละชนิดได้

3.7 อธิบายกฎการสะท้อนของแสงจากกิจกรรมการทดลองการสะท้อนของแสงได้

ด้านทักษะและกระบวนการ (Skill/Process)

3.8 สร้างคำอธิบายการเกิดการสะท้อนของแสงจากหลักฐานเชิงประจักษ์ได้

3.9 สร้างแบบจำลองรังสีการสะท้อนของแสงเพื่อหาตำแหน่งและลักษณะของภาพที่เกิดจากกระจกเงาได้

ด้านเจคคติ (Attitude)

3.10 แสดงความเป็นคนช่างสังเกต ช่างคิด ช่างสงสัย ใฝ่เรียนรู้ และมุ่งมั่นในการเสาะแสวงหาความรู้

4. สาระการเรียนรู้

การสะท้อนของแสง

- การสะท้อนของแสงบนกระจกเงาชนิดราบ
- การสะท้อนของแสงบนกระจกเงาชนิดโค้ง
- ภาพที่เกิดจากการสะท้อนของแสง

5. กระบวนการจัดการเรียนรู้

5.1 ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement)

5.1.1 ครูให้นักเรียนดูภาพดังต่อไปนี้แล้วตั้งคำถามกับนักเรียนว่า การที่มนุษย์มองเห็นสิ่งต่าง ๆ เหล่านี้แตกต่างกันอย่างไร

การสะท้อนของแสง	การมองเห็นสิ่งต่างๆ เหล่านี้แตกต่างกันอย่างไร

5.1.2 ครูใช้คำถามเพื่อโยงเข้าสู่บทเรียนได้ถามนักเรียนว่าจากภาพดังต่อไปนี้ นักเรียนคิดว่ามีความเหมือนหรือแตกต่างกันอย่างไร (ภาพที่ 4 เหมือนกันคือภาพด้านล่างเกิดจากการสะท้อนของแสง) และนักเรียนคิดว่าบทเรียนที่เราจะเรียนในวันนี้เกี่ยวข้องกับเรื่องอะไร (การสะท้อนของแสง)

5.1.3 ให้นักเรียนสังเกตภาพนำเรื่องจากในหนังสือเรียนรายวิชาพื้นฐาน วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 เล่ม 1 หน้า 105 อ่านเนื้อหานำเรื่องและร่วมกันอภิปรายตามแนวคำถามดังนี้

- นักเรียนคิดว่าความเสียหายที่เกิดขึ้นกับวัตถุสิ่งของต่าง ๆ ที่อยู่ตรงข้ามอาคารวอล์กกี ทอล์กกีมีสาเหตุมาจากอะไรเกี่ยวข้องกับอาคารวอล์กกี ทอล์กกี หรือไม่ อย่างไร (นักเรียนตอบตามความเข้าใจ)

ภาพ อาคารสำนักงาน วอล์กกี ทอล์กกี ณ กรุงลอนดอน ประเทศอังกฤษ

ที่มา: หนังสือเรียนรายวิชาพื้นฐาน วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 เล่ม 1 น. 105

5.1.4 ให้นักเรียนทำกิจกรรมทบทวนความรู้ก่อนเรียน หนังสือเรียนรายวิชาพื้นฐาน วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 เล่ม 1 หน้า 106 แล้วนำเสนอผลการทำกิจกรรม หากพบว่านักเรียนยังตอบไม่ถูกต้อง ครูควรทบทวนหรือแก้ไขความเข้าใจผิดของนักเรียน เพื่อให้นักเรียนมีความรู้พื้นฐานที่ถูกต้องและเพียงพอที่จะเรียนเรื่องการสะท้อนของแสงต่อไป

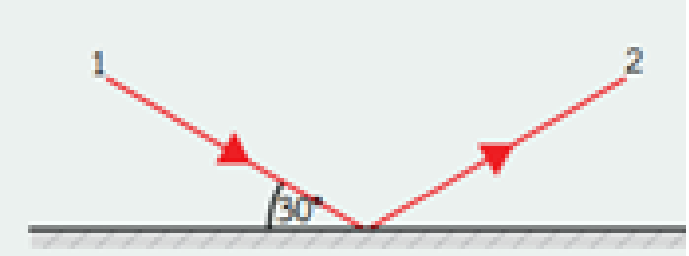
5.1.5 ครูให้นักเรียนทำแบบทดสอบก่อนเรียนใน Google Form (https://forms.gle/JQRSfQkZtZYiciZk7)

5.1.6 ตรวจสอบความรู้เดิมของนักเรียนเกี่ยวกับการสะท้อนของแสงโดยให้ทำกิจกรรม รู้อะไรบ้างก่อนเรียน โดยครูให้นักเรียนเขียนตามความเข้าใจของตนเอง แล้วสุ่มตัวแทนนักเรียนมาบันทึกคำตอบของตนเองหน้าชั้นเรียน โดยครูยังไม่เฉลยคำตอบแต่ครูนำข้อมูลจากการตรวจสอบความรู้เดิมของนักเรียนไปใช้ประกอบการจัดการเรียนรู้ในขั้นต่อไป เมื่อนักเรียนเรียนจบเรื่องนี้แล้ว นักเรียนจะมีความรู้ความเข้าใจครบถ้วนตามจุดประสงค์ของบทเรียน

5.2 ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration)

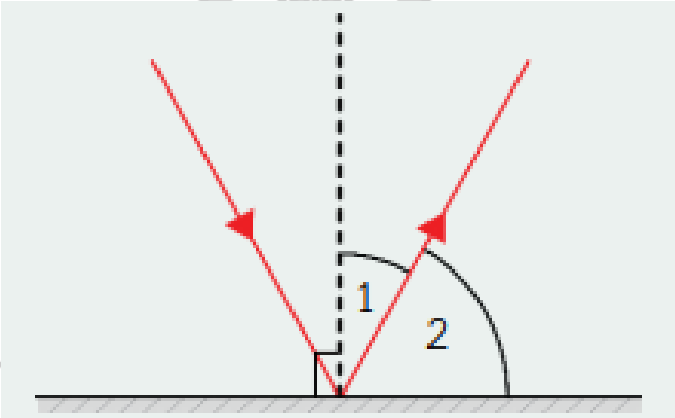
5.2.1 ครูและนักเรียนอภิปรายร่วมกันเกี่ยวกับ การสะท้อนของแสงบนแผ่นสะท้อนแสงผิวราบ จากนั้นครูถามนักเรียนด้วยคำถามต่อไปนี้

- จากภาพ รังสีหมายเลข 1 และหมายเลข 2 คือรังสีอะไร ทราบได้อย่างไร



ที่มา: หนังสือเรียนรายวิชาพื้นฐาน วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 เล่ม 1 น. 107

- จากภาพ มุมสะท้อนคือหมายเลขใด ทราบได้อย่างไร



ที่มา: หนังสือเรียนรายวิชาพื้นฐาน วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 เล่ม 1 น. 107

5.2.2 ครูแจกใบกิจกรรมที่ 3.3 เรื่อง ความสัมพันธ์ระหว่างมุมตกกระทบและมุมสะท้อน เป็นอย่างไร

โดยครู แบ่งนักเรียนออกเป็นกลุ่ม ทั้งหมด 6 กลุ่ม กลุ่มละ 5 - 6 คน

5.2.3 ให้นักเรียนออกแบบกิจกรรมการหาความสัมพันธ์ระหว่างมุมตกกระทบและมุมสะท้อน โดยให้นักเรียนแต่ละกลุ่ม ระบุรายละเอียดต่าง ๆ ลงในใบกิจกรรมที่ 3.3

5.2.4 ครูและนักเรียนอภิปรายร่วมกันถึงแนวทางในการทำกิจกรรมของแต่ละกลุ่ม

5.2.5 ครูให้นักเรียนทดลองหาความสัมพันธ์ระหว่างมุมตกกะทบ และมุมสะท้อน

5.3 ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation)

5.3.1 ครูและนักเรียนอภิปรายร่วมกันเกี่ยวกับผลการทำกิจกรรมการทดลองและลงข้อสรุปถึงแนวทางในเหมาะสมในการหาความสัมพันธ์ระหว่างมุมตกกระทบและมุมสะท้อน

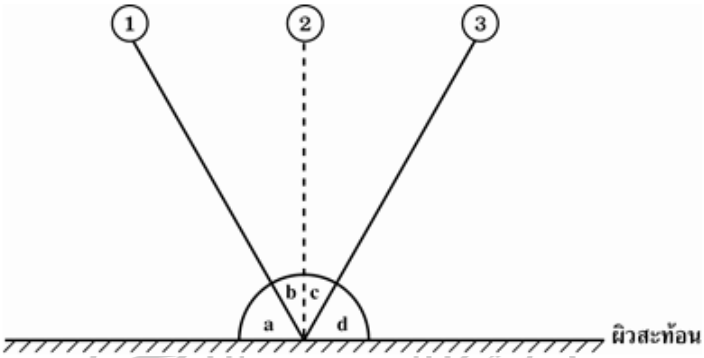
5.3.2 ให้นักเรียนนำเสนอผลการทดลองของกิจกรรมที่ 3.3

5.4 ขั้นขยายความรู้ (Elaboration)

5.4.1 ครูเปิดโอกาสให้นักเรียนซักถามเนื้อหาเกี่ยวกับเรื่อง การสะท้อนของแสง และให้ความรู้เพิ่มเติมจากคำถามของนักเรียน

5.4.2 ครูให้นักเรียนตอบคำถามต่อไปนี้ แล้วบันทึกลงในสมุดประจำตัวของนักเรียน

- พิจารณาภาพต่อไปนี้ แล้วเติมคำตอบลงในช่วงว่างที่กำหนดให้

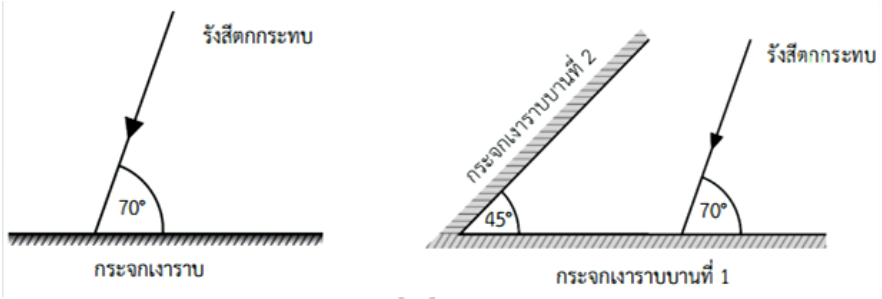


1) หมายเลข 1 เรียกว่า .....
2) หมายเลข 2 เรียกว่า .....
3) หมายเลข 3 เรียกว่า .....
4) มุมตกกระทบ คือ มุม .....
5) มุมสะท้อน คือ มุม .....
6) ถ้ามุม a ไม่เท่ากับมุม b มุมคู่ใดบ้างมีขนาดเท่ากัน .....
7) ถ้ามุม c มีขนาด 60° มุม a มีขนาดเท่าใด .....

5.4.3 ให้นักเรียนตอบคำถามชวนคิดแล้วบันทึกคำตอบลงในสมุดประจำตัวของนักเรียน

- เมื่อฉายลำแสงเล็ก ๆ ให้ตกกระทบกระจกเงาราบ โดยรังสีตกกระทบทำมุมกับกระจกเงาราบ ดังภาพ ก) และ ข) เขียนเส้นแนวฉากและรังสีสะท้อนเมื่อแสงกระทบกระจกแต่ละบานได้อย่างไร และมุมตกกระทบและมุมสะท้อนของกระจกแต่ละบานมีค่าเท่าใด

ก) กระจกเงาราบ ข) กระจกเงาราบ 2 บานที่ทำมุมกัน 45 องศา



ที่มา: หนังสือเรียนรายวิชาพื้นฐาน วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 เล่ม 1 น. 111

- เพราะเหตุใดภาพสะท้อนของภูเขาที่เกิดจากการสะท้อนที่ผิวน้ำเมื่อผิวน้ำเรียบและนิ่งจะคมชัดมากกว่าการสะท้อนที่ผิวน้ำเมื่อผิวน้ำไม่เรียบและมีระลอกคลื่น

ภาพผิวน้ำเรียบและนิ่ง

ภาพผิวน้ำไม่เรียบและมีระลอกคลื่น

ที่มา: หนังสือเรียนรายวิชาพื้นฐาน วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 เล่ม 1 น. 112

5.4.4 ให้นักเรียนศึกษาเกี่ยวกับ การเขียนรังสีของแสงแสดงการเกิดภาพในกระจกเงาราบจากสื่อต่าง ๆ ที่นักเรียนสนใจ

5.4.5 ครูแจกใบกิจกรรมที่ 3.4 แล้วให้นักเรียนออกแบบกิจกรรมการหาความสัมพันธ์ระหว่างมุมตกกระทบและมุมสะท้อน โดยให้นักเรียนแต่ละกลุ่ม ระบุรายละเอียดต่าง ๆ ลงในใบกิจกรรมที่ 3.4

5.4.6 อภิปรายร่วมกับนักเรียนเกี่ยวกับผลการทำกิจกรรมการทดลองและลงข้อสรุปถึงแนวทางในเหมาะสมในการหาความสัมพันธ์ระหว่างมุมตกกระทบและมุมสะท้อน

5.4.7 นักเรียนลงมือปฏิบัติกิจกรรมที่ 3.4 แล้วนำเสนอผลการทดลองของกิจกรรมที่ 3.4

5.4.8 ครูและนักเรียนอภิปรายร่วมกันเกี่ยวกับการเขียนรังสีของแสงแสดงการเกิดภาพในกระจกเงาราบและให้นักเรียนทำแบบฝึกเพื่อเสริมความเข้าใจ

5.4.9 ครูให้นักเรียนศึกษาเกร็ดน่ารู้ เรื่อง ป้ายพยาบาล แล้วให้นักเรียนยกตัวอย่างการทำกฎการสะท้อนมาใช้ประโยชน์ในด้านต่าง ๆ

5.4.10 ครูให้นักเรียนทำแบบทดสอบหลังเรียนเรียนใน Google Form (https://forms.gle/JQRSfQkZtZYiciZk7)

5.5 ขั้นประเมิน (Evaluation)

5.5.1 ประเมินความรู้ความเข้าใจ

- การตอบคำถาม
- ใบกิจกรรม
- แบบฝึก

5.5.2 ประเมินทักษะการทำงานเป็นกลุ่ม

5.5.3 ประเมินคุณลักษณะอันพึงประสงค์

5.5.4 ประเมินการตอบคำถามในชั้นเรียนและการตอบคำถามในใบงาน

6. สื่อ/ แหล่งการเรียนรู้

6.1 สื่อการเรียนรู้

6.1.1 หนังสือเรียนรายวิชาพื้นฐาน วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 เล่ม 1

6.1.2 วัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการปฏิบัติกิจกรรมการสะท้อนของแสง

6.1.3 PowerPoint เรื่อง การสะท้อนของแสง

6.1.4 สมุดประจำตัวนักเรียน

6.2 แหล่งการเรียนรู้

6.2.1 อินเทอร์เน็ต

7. ชิ้นงาน/ ภาระงาน/ หลักฐานของการเรียนรู้

- ใบกิจกรรมที่ 3.3 และ 3.4
- แบบฝึกหัด

8. การวัดและการประเมินผล

จุดประสงค์การเรียนรู้	วิธีการวัด	เครื่องมือวัด	เกณฑ์การประเมินผล
ด้านความรู้ (K)			
1. อธิบายการเกิดการสะท้อนของแสง แนวรังสีตกกระทบ และแนวรังสีสะท้อนได้	- ตรวจใบกิจกรรม, สมุดประจำตัว	- แบบประเมินใบกิจกรรม, สมุดประจำตัว	ผ่านเกณฑ์การประเมินระดับ 3
2. อธิบายความสัมพันธ์ของมุมตกกระทบและมุมสะท้อนได้	- ตรวจใบกิจกรรม, สมุดประจำตัว	- แบบประเมินใบกิจกรรม, สมุดประจำตัว	ผ่านเกณฑ์การประเมินระดับ 3
ด้านทักษะและกระบวนการ (P)			
3. ปฏิบัติกิจกรรมการสะท้อนของแสงได้อย่างถูกต้องและเป็นลำดับขั้นตอน	- สังเกตพฤติกรรม	- แบบสังเกตพฤติกรรม	ผ่านเกณฑ์การประเมินระดับ 3
ด้านเจตคติ (A)			
4. นำความรู้เกี่ยวกับการสะท้อนของแสงไปใช้ในชีวิตประจำวันได้	- ตรวจคำถา	- แบบประเมินใบกิจกรรม	ผ่านเกณฑ์การประเมินระดับ 3

มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช

บันทึกผลหลังการจัดการเรียนรู้

ผลการจัดการเรียนรู้

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ปัญหา/ อุปสรรค

.....

.....

.....

.....

.....

ข้อเสนอแนะ/ แนวทางการแก้ไข

.....

.....

.....

.....

.....

ลงชื่อ.....ผู้สอน

(นางสาวพลอยศิริ พุทธรักษา)

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

ภาคผนวก ค

เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

- แบบวัดความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์
- แบบวัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์

ตัวอย่าง แบบทดสอบวัดความสามารถในการสร้างแบบจำลองก่อนเรียนของนักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

คำชี้แจง

1. แบบทดสอบมีจำนวน 4 สถานการณ์ สถานการณ์ละ 3 ข้อคำถาม เวลา 60 นาที
2. ให้นักเรียนอ่านสถานการณ์แล้วตอบคำถาม/ ทำงานตามคำสั่งให้ครบถ้วน และสมบูรณ์ลงในกระดาษคำตอบ

<u>สถานการณ์</u> วัตถุที่มีสถานะเป็นของแข็งจะมีการถ่ายโอนความร้อนโดยการนำความร้อนได้ เช่น โลหะ กระเบื้อง เป็นต้น โดยทั้งโลหะ และกระเบื้อง ต่างก็มีสถานะเป็นของแข็ง แต่มีความสามารถในการนำความร้อนต่างกัน เพราะมีสมบัติความจุความร้อนต่างกัน จากข้อมูลทางวิทยาศาสตร์พบว่าโลหะมีค่าความจุความร้อนจำเพาะน้อยกว่ากระเบื้อง จึงส่งผลให้โลหะสามารถนำความร้อนได้ดีกว่ากระเบื้อง กำหนดความหมายของความจุความร้อน คือ ปริมาณความร้อนที่ทำให้แก่สารแต่ละชนิด หนึ่งหน่วย มีอุณหภูมิเพิ่มขึ้นหนึ่งหน่วย ($1^{\circ}C$) โดยที่สถานะไม่เปลี่ยนแปลง

ข้อที่ 1 ให้นักเรียนวาดรูปและเขียนคำอธิบายเพื่อแสดงความแตกต่างของความจุความร้อนของโลหะกับกระเบื้อง และใช้ประกอบคำอธิบาย ว่า เพราะเหตุใดโลหะจึงนำความร้อนได้ดีกว่ากระเบื้อง

พื้นที่สำหรับวาดรูป

คำอธิบายจากรูปวาด

.....

.....

.....

ข้อที่ 2 หากกำหนดให้

→ แทน ทิศทางการถ่ายโอนความร้อน

○ แทน อนุภาคของกระเบื้อง (วงกลมขนาดใหญ่)

o แทน อนุภาคของโลหะ (วงกลมขนาดเล็ก)

แทน ปริมาณความร้อนภายในอนุภาคที่ถูกถ่ายโอนจากอุณหภูมิสูงไปยังอุณหภูมิต่ำ

ให้นักเรียนใช้สิ่งที่กำหนดให้เพิ่มเติมในรูปวาดและคำอธิบายในข้อที่ 1

พื้นที่สำหรับวาดรูป

คำอธิบายจากรูปวาด

.....

.....

.....

.....

ข้อที่ 3 ให้นักเรียนเปรียบเทียบความแตกต่างของรูปแบบที่ปรับใหม่ในข้อที่ 2 กับข้อที่ 1 ว่ามีข้อดีข้อด้อยต่างกันอย่างไร หากนักเรียนปรับแก้ใหม่จะปรับแก้ได้อย่างไร

.....

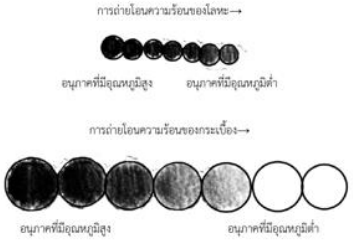
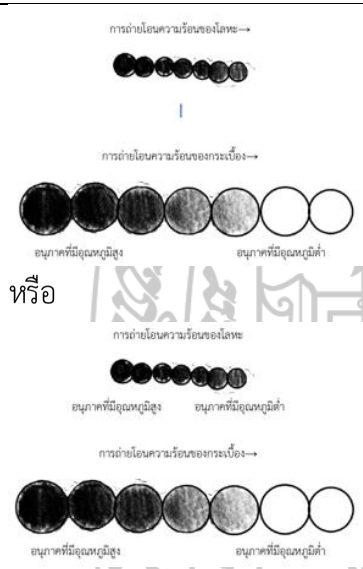
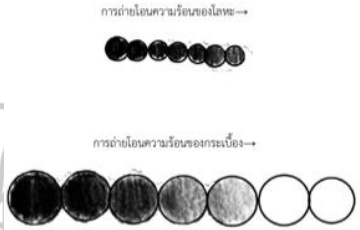
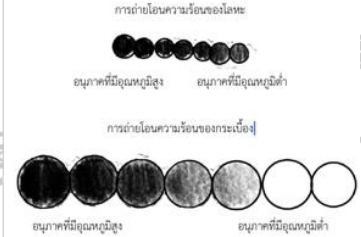
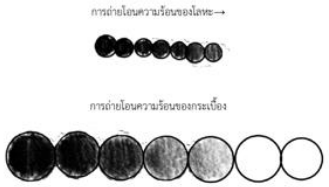
.....

เกณฑ์การให้คะแนนข้อที่ 1

ระดับคะแนน				
4	3	2	1	0
วาดภาพและอธิบายสาเหตุที่โลหะนำความร้อนได้ดีกว่ากระเบื้องโดยระบุถึงสาเหตุปริมาณความร้อนที่ถูกถ่ายโอนจากความจุความร้อน และทิศทางการนำความร้อนระหว่างโลหะและกระเบื้อง ได้ถูกต้องสมบูรณ์ ผลงานมีความครบถ้วนสมบูรณ์ 100 – 80 % ตามองค์ประกอบ 3 ข้อนี้ 1. วาดรูปแสดงตัวแทนของความจุความร้อนของโลหะและกระเบื้องที่สื่อความหมายได้ว่า โลหะมีความจุความร้อนน้อยกว่าความจุความร้อนของกระเบื้อง 2. วาดรูปที่แสดงตัวแทนทิศทางการเคลื่อนที่ของความร้อนในการนำความร้อนของโลหะและกระเบื้อง 3. มีคำอธิบายที่มีการเชื่อมโยงว่าโลหะนำความร้อนได้ดีกว่ากระเบื้อง เพราะโลหะมีความจุความร้อนน้อยกว่ากระเบื้อง	วาดภาพหรืออธิบายสาเหตุที่โลหะนำความร้อนได้ดีกว่ากระเบื้องโดยระบุถึงสาเหตุปริมาณความร้อนที่ถูกนำจากความจุความร้อน และทิศทางการนำความร้อนระหว่างโลหะและกระเบื้องได้ถูกต้อง แต่ยังขาดหายไป 1 องค์ประกอบ ผลงานมีความครบถ้วนสมบูรณ์ 79 – 60 % ตามองค์ประกอบ 3 ข้อที่ระบุไว้ในเกณฑ์ 4 คะแนน	วาดภาพหรืออธิบายสาเหตุที่โลหะนำความร้อนได้ดีกว่ากระเบื้องโดยระบุถึงสาเหตุปริมาณความร้อนที่ถูกนำจากความจุความร้อน และทิศทางการนำความร้อนระหว่างโลหะและกระเบื้องได้ถูกต้อง แต่ยังขาดหายไป 2 องค์ประกอบ ผลงานมีความครบถ้วนสมบูรณ์ 59 – 40 % ตามองค์ประกอบ 3 ข้อ ที่ระบุไว้ในเกณฑ์ 4 คะแนน	วาดภาพหรืออธิบายสาเหตุที่โลหะนำความร้อนได้ดีกว่ากระเบื้องโดยระบุถึงสาเหตุปริมาณความร้อนที่ถูกนำตากความจุความร้อนและทิศทางการนำความร้อนระหว่างโลหะและกระเบื้องได้ถูกต้อง แต่ยังขาดหายไป 3 องค์ประกอบ ผลงานมีความครบถ้วนสมบูรณ์ น้อยกว่า 40 % ตามองค์ประกอบ 3 ข้อที่ระบุไว้ในเกณฑ์ 4 คะแนน	ไม่มีคำตอบหรือคำตอบไม่ตรงกับคำถาม

เกณฑ์การให้คะแนนข้อที่ 2

ระดับคะแนน				
4	3	2	1	0
นำสัญลักษณ์ที่กำหนดให้มาใช้ในการสร้างแบบจำลองเพื่ออธิบายความแตกต่างของการนำความร้อนของโลหะและกระเบื้องได้อย่างครบถ้วน โดยแสดงให้เห็นถึงสาเหตุของการที่โลหะนำความร้อนได้ดีกว่ากระเบื้อง มีการบอกถึงความแตกต่างของความจุความร้อนของโลหะ และกระเบื้อง ทิศทางการนำความร้อนระหว่างโลหะและกระเบื้อง โดยการอธิบายประกอบกับการวาดรูป โดยให้สัญลักษณ์แสดงความจุความร้อนของโลหะให้มีขนาดเล็ก	นำสัญลักษณ์ที่กำหนดให้มาใช้ในการสร้างแบบจำลอง เพื่ออธิบายความแตกต่างของการนำความร้อนของโลหะและกระเบื้องได้ถูกต้อง โดยแสดงให้เห็นถึงสาเหตุของการที่โลหะนำความร้อนได้ดีกว่ากระเบื้อง มีการบอกถึงความแตกต่างของความจุความร้อนของโลหะและกระเบื้อง ทิศทางการถ่ายโอนความร้อนระหว่างโลหะและกระเบื้อง ขาดหายไปอย่างน้อย 1 องค์ประกอบ โดยการอธิบายประกอบกับการวาดรูป ดังตัวอย่าง	สัญลักษณ์นำที่กำหนดให้มาใช้ในการสร้างแบบจำลอง เพื่ออธิบายความแตกต่างของการนำความร้อนของโลหะและกระเบื้องได้ถูกต้อง โดยแสดงให้เห็นถึงสาเหตุของการที่โลหะนำความร้อนได้ดีกว่ากระเบื้อง มีการบอกถึงความแตกต่างของความจุความร้อนของโลหะและกระเบื้อง ทิศทางการถ่ายโอนความร้อนระหว่างโลหะและกระเบื้อง ขาดหายไปอย่างน้อย 2 องค์ประกอบ โดยการอธิบาย	สัญลักษณ์นำที่กำหนดให้มาใช้ในการสร้างแบบจำลอง เพื่ออธิบายความแตกต่างของการนำความร้อนของโลหะและกระเบื้องได้ถูกต้อง โดยแสดงให้เห็นถึงสาเหตุของการที่โลหะนำความร้อนได้ดีกว่ากระเบื้อง มีการบอกถึงความแตกต่างของความจุความร้อนของโลหะ และกระเบื้อง ทิศทางการถ่ายโอนความร้อนระหว่างโลหะและกระเบื้อง ขาดหายไป อย่างน้อย 3 องค์ประกอบขึ้นไป โดยการ	ไม่มีคำตอบหรือคำตอบไม่ตรงกับคำถาม

ระดับคะแนน				
4	3	2	1	0
กว่าสัญลักษณ์แสดงความจุความร้อนของกระเบื้อง ดังตัวอย่าง 	 หรือ	ประกอบกับการวาดรูป ดังตัวอย่าง  หรือ 	อธิบายประกอบหรือการวาดรูป ดังตัวอย่าง 	

เกณฑ์การให้คะแนนข้อที่ 3

ระดับคะแนน			
3	2	1	0
สามารถเปรียบเทียบความเหมือนหรือความต่าง ข้อดี ข้อด้อยระหว่างแบบจำลองในข้อที่ 2 และ 1 ได้อย่างชัดเจน รวมทั้งเสนอแนวทางในการปรับเปลี่ยนแบบจำลองในข้อ 1 ให้สมบูรณ์ขึ้นได้อย่างเหมาะสม มีความสอดคล้องกับลักษณะของสถานการณ์	สามารถเปรียบเทียบความเหมือนหรือความต่าง ข้อดี ข้อด้อยระหว่างแบบจำลองในข้อที่ 2 และ 1 ได้อย่างค่อนข้างชัดเจน รวมทั้งเสนอแนวทางในการปรับเปลี่ยนแบบจำลองในข้อ 1 ให้สมบูรณ์ขึ้นได้อย่างเหมาะสม มีความสอดคล้องกับลักษณะของสถานการณ์เป็นส่วนใหญ่	สามารถเปรียบเทียบความเหมือนหรือความต่าง ข้อดี ข้อด้อยระหว่างแบบจำลองในข้อที่ 2 และ 1 แต่ไม่สามารถเสนอแนวทางในการปรับปรุงแบบจำลองได้ หรือเสนอแนวทางแต่ไม่เหมาะสม	ไม่อธิบาย หรือไม่สามารถเปรียบเทียบความเหมือนหรือความต่าง ข้อดี ข้อด้อย ระหว่างแบบจำลองในข้อที่ 2 กับ 1 ได้

ตัวอย่าง แบบทดสอบวัดความสามารถในการสร้างแบบจำลองหลังเรียนของนักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

คำชี้แจง

1. แบบทดสอบมีจำนวน 4 สถานการณ์ สถานการณ์ละ 3 ข้อคำถาม เวลา 60 นาที
2. ให้นักเรียนอ่านสถานการณ์แล้วตอบคำถาม/ ทำงานตามคำสั่งให้ครบถ้วน และสมบูรณ์ลงในกระดาษคำตอบ

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

ข้อที่ 1 ให้นักเรียนวาดภาพเพื่ออธิบายการเกิดแผ่นดินถล่มที่เกิดขึ้นบริเวณพื้นที่ลาดชัน มีฝนตก แสดงการไหลซึมของน้ำลงผิวดิน ดินอิ่มตัวไปด้วยน้ำ การเปลี่ยนแปลงแรงยึดเหนี่ยวของเม็ดดิน และเกิดดินถล่ม

พื้นที่สำหรับวาดรูป

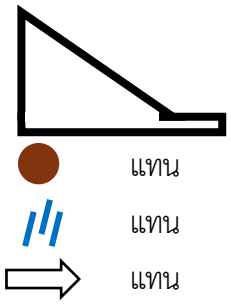
คำอธิบายจากรูปวาด

.....

.....

.....

ข้อ 2 หากกำหนดให้



แทน พื้นที่ลาดชัน

แทน เม็ดดิน

แทน อนุภาคของน้ำ

แทน ฝน

แทน แรงยึดเหนี่ยวระหว่างเม็ดดิน

แทน ทิศทางการเคลื่อนที่ของดิน

นักเรียนจะใช้สัญลักษณ์ที่กำหนดให้นี้ มาสร้างแบบจำลองอธิบายการเกิดแผ่นดินถล่ม ได้อย่างไร

พื้นที่สำหรับวาดรูป

คำอธิบายจากรูปวาด

.....

.....

.....

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

.....

.....

.....

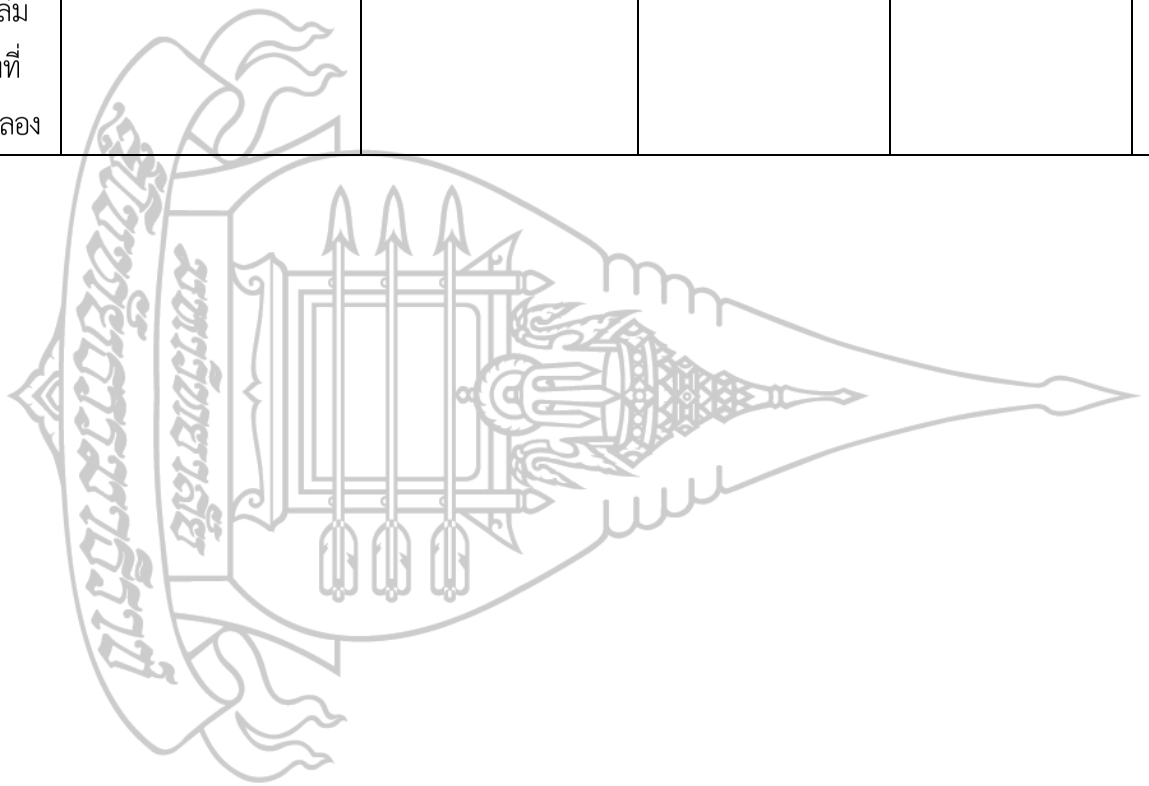
.....

.....

เกณฑ์การให้คะแนนข้อที่ 1

ระดับคะแนน					
5	4	3	2	1	0
วาดภาพที่อธิบายกระบวนการเกิดแผ่นดินถล่ม โดยแสดงให้เห็นเป็นลำดับตั้งแต่ฝนตกทำให้น้ำผิวดินมีปริมาณมาก ไหลลงสู่ใต้ดินจนมีผลทำให้ดินพังถล่มลงมาด้านล่างได้ถูกต้อง สมบูรณ์ โดยมีองค์ประกอบครบถ้วน 5 องค์ประกอบดังนี้ 1. วาดภาพแสดงองค์ประกอบที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ พื้นที่ลาดชัน มีฝนตกมีปริมาณน้ำมาก มีอนุภาคของดิน 2. แสดงการไหลซึมของน้ำลงสู่ใต้ดินจนทำให้ดินอิ่มตัวไปด้วยน้ำ 3. แสดงถึงการเปลี่ยนแปลงของแรงยึดเหนี่ยวระหว่างเม็ดดิน โดยดินที่ไม่มีอนุภาคของน้ำจะมีแรงยึดเหนี่ยวมากกว่าดินที่มีอนุภาคของน้ำแทรกอยู่	วาดภาพที่อธิบายกระบวนการเกิดแผ่นดินถล่ม โดยแสดงให้เห็นเป็นลำดับตั้งแต่ฝนตกทำให้น้ำผิวดินมีปริมาณมาก ไหลลงสู่ใต้ดินจนมีผลทำให้ดินพังถล่มลงมาด้านล่างได้ถูกต้องเป็นส่วนใหญ่ โดยอธิบายคลาดเคลื่อน หรือขาด 1 องค์ประกอบ	วาดภาพที่อธิบายกระบวนการเกิดแผ่นดินถล่ม โดยแสดงให้เห็นเป็นลำดับตั้งแต่ฝนตกทำให้น้ำผิวดินมีปริมาณมาก ไหลลงสู่ใต้ดินจนมีผลทำให้ดินพังถล่มลงมาด้านล่างได้ถูกต้องเป็นบางส่วน โดยอธิบายคลาดเคลื่อนหรือขาด 2 องค์ประกอบ	วาดภาพที่อธิบายกระบวนการเกิดแผ่นดินถล่ม โดยแสดงให้เห็นเป็นลำดับตั้งแต่ฝนตกทำให้น้ำผิวดินมีปริมาณมาก ไหลลงสู่ใต้ดินจนมีผลทำให้ดินพังถล่มลงมาด้านล่างได้ถูกต้องเป็นส่วนน้อย โดยอธิบายคลาดเคลื่อน หรือขาด 3 องค์ประกอบ	วาดภาพที่อธิบายกระบวนการเกิดแผ่นดินถล่ม โดยแสดงให้เห็นเป็นลำดับตั้งแต่ฝนตกทำให้น้ำผิวดินมีปริมาณมาก ไหลลงสู่ใต้ดินจนมีผลทำให้ดินพังถล่มลงมาด้านล่างได้ถูกต้องเป็นส่วนน้อย โดยอธิบายคลาดเคลื่อน หรือขาด 4 องค์ประกอบ	ไม่มีคำตอบ หรือคำตอบไม่ถูกต้อง

ระดับคะแนน					
5	4	3	2	1	0
4. แสดงให้เห็นถึงลักษณะของดินถล่ม 5. เขียนข้อความอธิบายแบบจำลองที่สร้างขึ้นได้ถูกต้องสอดคล้องกับแบบจำลอง					

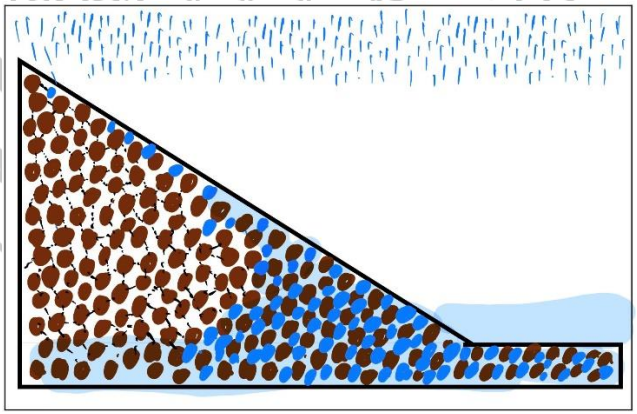


เกณฑ์การให้คะแนนข้อที่ 2

ระดับคะแนน					
5	4	3	2	1	0
นำสัญลักษณ์ที่กำหนดให้มาใช้ในการเขียนแบบจำลอง ที่อธิบายกระบวนการเกิดแผ่นดินถล่ม โดยแสดงให้เห็นเป็นลำดับตั้งแต่ฝนตกทำให้น้ำผิวดินมีปริมาณมาก ไหลลงสู่ใต้ดินจนมีผลทำให้ดินพังถล่มลงมาด้านล่างได้ถูกต้อง สมบูรณ์ โดยมีองค์ประกอบครบถ้วน 5 องค์ประกอบ ดังนี้ 1. ใช้สัญลักษณ์ที่กำหนดให้แสดงองค์ประกอบที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ พื้นที่ลาดชัน มีฝนตก มีปริมาณน้ำมาก มีอนุภาคของดิน 2. ใช้สัญลักษณ์ที่กำหนดให้แสดงถึงการไหลซึมของน้ำลงสู่ใต้ดินจนทำให้ดินอิ่มตัวไปด้วยน้ำ 3. ใช้สัญลักษณ์ที่กำหนดให้แสดงถึงการเปลี่ยนแปลงของแรงยึดเหนี่ยวระหว่าง	นำสัญลักษณ์ที่กำหนดให้มาใช้ในการเขียนแบบจำลอง ที่อธิบายกระบวนการเกิดแผ่นดินถล่ม โดยแสดงให้เห็นเป็นลำดับตั้งแต่ฝนตกทำให้น้ำผิวดินมีปริมาณมาก ไหลลงสู่ใต้ดินจนมีผลทำให้ดินพังถล่มลงมาด้านล่างได้ถูกต้องเป็นส่วนใหญ่ โดยอธิบายคลาดเคลื่อน หรือขาด 1 องค์ประกอบ	นำสัญลักษณ์ที่กำหนดให้มาใช้ในการเขียนแบบจำลองที่อธิบายกระบวนการเกิดแผ่นดินถล่ม โดยแสดงให้เห็นเป็นลำดับตั้งแต่ฝนตกทำให้น้ำผิวดินมีปริมาณมาก ไหลลงสู่ใต้ดินจนมีผลทำให้ดินพังถล่มลงมาด้านล่างได้ถูกต้องเป็นบางส่วน โดยอธิบายคลาดเคลื่อน หรือขาด 2 องค์ประกอบ	นำสัญลักษณ์ที่กำหนดให้มาใช้ในการเขียนแบบจำลองที่อธิบายกระบวนการเกิดแผ่นดินถล่ม โดยแสดงให้เห็นเป็นลำดับตั้งแต่ฝนตกทำให้น้ำผิวดินมีปริมาณมาก ไหลลงสู่ใต้ดินจนมีผลทำให้ดินพังถล่มลงมาด้านล่างได้ถูกต้องเป็นส่วนน้อย โดยอธิบาย	นำสัญลักษณ์ที่กำหนดให้มาใช้ในการเขียนแบบจำลองที่อธิบายกระบวนการเกิดแผ่นดินถล่ม โดยแสดงให้เห็นเป็นลำดับตั้งแต่ฝนตกทำให้น้ำผิวดินมีปริมาณมาก ไหลลงสู่ใต้ดินจนมีผลทำให้ดินพังถล่มลงมาด้านล่างได้ถูกต้องเป็นส่วนน้อย โดยอธิบาย	ไม่มีคำตอบหรือคำตอบไม่ถูกต้อง

ระดับคะแนน					
5	4	3	2	1	0
เม็ดดิน โดยดินที่ไม่มีอนุภาคของน้ำจะมีแรงยึดเหนี่ยวมากกว่าดินที่มีอนุภาคของน้ำแทรกอยู่ 4. แสดงให้เห็นถึงลักษณะของดินถล่ม 5. เขียนข้อความอธิบายแบบจำลองที่สร้างขึ้นได้ถูกต้องสอดคล้องกับแบบจำลอง			คลาดเคลื่อน หรือขาด 3 องค์ประกอบ	คลาดเคลื่อน หรือขาด 4 องค์ประกอบ	

ตัวอย่าง



เกณฑ์การให้คะแนนข้อที่ 3

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

ตัวอย่าง แบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์ก่อนเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

คำชี้แจง

1. แบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์เป็นแบบปรนัย ชนิด 4 ตัวเลือก จำนวน 20 ข้อ

2. เวลาในการทำข้อสอบ 40 นาที

3. ให้เลือกคำตอบที่ถูกต้อง แล้วระบายคำตอบลงในกระดาษคำตอบ เพียงข้อเดียว หากนักเรียนระบายคำตอบในแต่ละข้อคำถาม มากกว่า 1 ครั้ง หรือไม่ตอบในแต่ละข้อคำถามจะไม่ได้คะแนนในข้อนั้น

ใช้สถานการณ์ที่ 1 ตอบคำถามข้อที่ 1 - 4

<u>สถานการณ์ที่ 1</u>

ในประเทศแม็กซิโก มีการค้นพบหลุมอุกกาบาตชิกซูลุบ ขนาดใหญ่ถึง 15 กิโลเมตร เมื่อประมาณ 66 ล้านปีก่อน ที่เกิดจากการชนของอุกกาบาตเป็นเหตุให้สิ่งมีชีวิตกว่า 75 % บนโลกสูญพันธุ์ รวมทั้งไดโนเสาร์จวบจนปัจจุบันก็ยังมีอุกกาบาตพุ่งชนโลกอยู่เสมอๆ เช่น เมื่อวันที่ 15 กุมภาพันธ์ 2556 ณ นครเชเลียบินสค์ ประเทศรัสเซียก็ได้มีอุกกาบาตพุ่งลงมาจากท้องฟ้าด้วยความเร็วอย่างน้อย 54,000 กม./ ชม. และเกิดระเบิดกลางอากาศ องค์การอวกาศนาซาประมาณขนาดของอุกกาบาต ลูกนี้ไว้ราว 17 เมตร และหนัก 9,000 ตัน ส่งผลให้มีผู้บาดเจ็บกว่า 1,200 คน อาคารได้รับความเสียหายถึง 3,000 แห่ง จากคลื่นกระแทก

ปี ค.ศ.2015 องค์การนาซา ได้วางแผนภารกิจป้องกันโลกจากดาวเคราะห์น้อยเป็นครั้งแรก ภารกิจ DART (Double Asteroid Redirection Test) เป็นการทดสอบปรับเปลี่ยนการโคจรของดาวเคราะห์น้อย โดยนำยานอวกาศขนาดเท่ากับรถบรรทุก เข้าไปพุ่งชน มีการปล่อยตัวเมื่อปี 2021 ด้วยจรวด Space X Falcon 9 ตั้งเส้นทางไปโคจรรอบดาวเคราะห์น้อยไดมอร์ฟอส โดยมีการเคลื่อนที่ด้วยความเร็ว 22,000 กม./ ชม. จำแนกดาวเคราะห์น้อยดวงเล็ก ออกจากเป้าหมายที่เป็นดาวเคราะห์น้อยดวงใหญ่ จากนั้นใช้เทคโนโลยีกล้องตรวจจับเป้าหมายในการพุ่งชน จากนั้นซอฟแวร์นำวิถียานจะปรับทิศทาง ขณะปรับทิศทางในการพุ่งชนก็ได้มียานอวกาศขนาดเล็ก แยกตัวออกมาเพื่อเก็บภาพวิดีโอขณะการพุ่งชน โดยพบว่าภารกิจ DART ประสบความสำเร็จ สามารถปรับเปลี่ยนทิศทางการเคลื่อนที่ดาวเคราะห์น้อยไดมอร์ฟอสไปจากเดิมได้อย่างชัดเจนยาน ดังกล่าวได้ทำลายตัวเองหลังเสร็จสิ้นภารกิจ ซึ่งเป็นหนึ่งในการทดสอบหาวิธีเปลี่ยนเส้นทางดาวเคราะห์น้อยที่อาจเป็นภัยคุกคามต่อโลก

1. เหตุใดยานอวกาศนี้จึงสามารถพุ่งปะทะกับดาวเคราะห์น้อยที่เป็นเป้าหมายได้อย่างเที่ยงตรง (การวิเคราะห์ความสำคัญ)

ก. ใช้วิธีการโคจรรอบดาวเคราะห์น้อยแล้วปรับความเร็วลดลงเพื่อให้ลดระดับการโคจรและชนดาวเคราะห์น้อยในที่สุด

ข. ใช้เทคโนโลยีกล้องตรวจจับเป้าหมาย และซอฟแวร์นำวิถียานจะปรับทิศทางในการพุ่งชน

ค. ใช้ยานอวกาศขนาดเล็กในการเก็บบันทึก ประมวลทิศทางและความเร็วที่เหมาะสมในการพุ่งชน

ง. ใช้จรวด Space X Falcon 9 ปรับให้มีความเร็ว 22,000 กม./ ชม. ขณะพุ่งชนดาวเคราะห์น้อย

2. สิ่งสำคัญที่ผลักดันให้องค์การอวกาศนาซาทำภารกิจ DART คือข้อใด (วิเคราะห์ความสัมพันธ์)

ก. ทดสอบการเปลี่ยนวงโคจรของดาวเคราะห์น้อย

ข. ทดสอบการโคจรรอบดาวเคราะห์น้อย ไดมอร์ฟอส โดยมีการเคลื่อนที่ด้วยความเร็วที่แตกต่างกัน

ค. ศึกษาความเร็วที่เหมาะสมในการพุ่งชนดาวเคราะห์น้อยให้เปลี่ยนทิศทางการเคลื่อนที่

ง. เตรียมรับมือการป้องกันโลกจากดาวเคราะห์น้อยเพื่อลดความเสี่ยงจากการพุ่งชนของอุกกาบาตในอนาคต

3. ข้อใดเรียงลำดับขั้นตอนการปฏิบัติภารกิจ DART ได้ถูกต้องที่สุด (วิเคราะห์ความสัมพันธ์)

ก. เคลื่อนที่ด้วยความเร็ว 22,000 กม./ชม. → จำแนกขนาดของดาวเคราะห์ → ปรับทิศทางการเคลื่อนที่ → พุ่งชน → ทำลายตัวเอง

ข. เคลื่อนที่ด้วยความเร็ว 22,000 กม./ชม. → จำแนกขนาดของดาวเคราะห์ → ปรับทิศทางการเคลื่อนที่ → พุ่งชน → กลับโลก

ค. เคลื่อนที่ด้วยความเร็ว 22,000 กม./ชม. → ตรวจจับตำแหน่งดาวเคราะห์ → ปรับทิศทางการเคลื่อนที่ → พุ่งชน → กลับโลก

ง. เคลื่อนที่ด้วยความเร็ว 22,000 กม./ชม. → ตรวจจับตำแหน่งดาวเคราะ → ปรับทิศทางการเคลื่อนที่ → พุ่งชน → ทำลายตัวเอง

4. หลักการสำคัญของภารกิจ DART คือข้อใด (การวิเคราะห์หลักการ)

ก. ต้องการให้สิ่งมีชีวิตบนโลกมีอัตราการสูญพันธุ์ลดลง

ข. การพัฒนายานอวกาศที่ใช้ป้องกันภัยคุกคามทางอวกาศ

ค. ในอนาคตมนุษย์สามารถใช้ความรู้ด้านเทคโนโลยีอวกาศในการปกป้องโลกจากดาวเคราะห์น้อยที่อาจเป็นภัยกับสิ่งมีชีวิตบนโลก

ง. ในอนาคตมนุษย์มีความรู้เกี่ยวกับวิธีการป้องกันตัวเองจากภัยทางอวกาศโดยการพุ่งชนดาวเคราะห์น้อยเพื่อเปลี่ยนทิศทางในการเคลื่อนที่

มหาวิทยาลัย
สุโขทัยธรรมาธิราช

ตัวอย่าง แบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์หลังเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

คำชี้แจง

1. แบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์เป็นแบบปรนัย ชนิด 4 ตัวเลือก จำนวน 20 ข้อ

2. เวลาในการทำข้อสอบ 40 นาที

3. ให้เลือกคำตอบที่ถูกต้อง แล้วระบายคำตอบลงในกระดาษคำตอบ เพียงข้อเดียว หากนักเรียนระบายคำตอบในแต่ละข้อคำถาม มากกว่า 1 ครั้ง หรือไม่ตอบในแต่ละข้อคำถามจะไม่ได้คะแนนในข้อนั้น

ใช้สถานการณ์ที่ 1 ตอบคำถามข้อที่ 1 - 4

<u>สถานการณ์ที่ 1</u>

ชานมไข่มุก เป็นเครื่องดื่มที่ได้รับความนิยมในทุกเพศ ทุกวัย และด้วยรสที่หอม หวาน มัน ชานมไข่มุกจึงเป็นเครื่องดื่มที่กินแล้วไม่เบื่อ แต่ทราบหรือไม่ว่าชานมไข่มุกมาพร้อมอันตรายต่อสุขภาพมากมาย ซึ่งส่วนใหญ่ที่ขายอยู่ตามท้องตลาดนั้น มีส่วนผสมของน้ำตาล น้ำเชื่อม นมผง ครีมเทียม และไข่มุก ที่ผลิตจากแป้งมันสำปะหลัง ซึ่งจัดอยู่ในหมวดเดียวกับแป้งและน้ำตาล ชานมไข่มุกจึงเป็นส่วนหนึ่งที่ทำให้เด็กมีพฤติกรรมติดหวาน ทำให้เสี่ยงต่อการเกิดภาวะดื้อต่ออินซูลิน ส่งผลให้ระบบเผาผลาญมีปัญหาตั้งแต่อายุน้อย ๆ มีโอกาสเกิด โรคเบาหวาน โรคอ้วน โรคไขมันในเลือดผิดปกติ รวมถึงโรคหลอดเลือดหัวใจ นอกเหนือจากนี้ ชาไข่มุก ยังมีส่วนผสมของสารคาเฟอีน ซึ่งส่งผลต่อการเรียนรู้และอารมณ์ของเด็ก ทำให้ตื่นตัว นอนไม่หลับเวลากลางคืน ซึ่งอาจส่งผลต่อสมาธิในการเรียนรู้ในเวลากลางวัน

1. สารอาหารที่พบในชานมไข่มุกได้แก่สารอาหารประเภทใดบ้าง (การวิเคราะห์ความสำคัญ)

ก. คาร์โบไฮเดรต โปรตีน เกลือแร่

ข. ไขมัน วิตามิน คาร์โบไฮเดรต

ค. คาร์โบไฮเดรต ไขมัน โปรตีน

ง. แป้ง น้ำตาล เกลือแร่

2. ข้อใดแสดงความสัมพันธ์เกี่ยวกับสถานการณ์ที่กำหนดให้ได้ถูกต้องที่สุด (วิเคราะห์ความสัมพันธ์)

ก. ชานมไข่มุกมีส่วนผสมของคาเฟอีนทำให้ตื่นตัวและมีสมาธิในเวลาเรียน

ข. ชานมไข่มุกเหมาะสำหรับเด็ก เพราะมีส่วนผสมของสารอาหารที่มีประโยชน์

ค. การรับประทานชานมไข่มุกทำให้มีโอกาสเกิดโรคเบาหวาน โรคอ้วน

ง. การรับประทานชานมไข่มุกส่งผลต่ออารมณ์ของเด็ก ทำให้เด็กมีอารมณ์ดีพร้อมในการเรียนรู้

3. เพราะเหตุใดชานมไข่มุกจึงเป็นเครื่องดื่มที่ได้รับความนิยมสูง (วิเคราะห์ความสัมพันธ์)

ก. มีคุณค่าทางโภชนาการสูง

ข. มีรสหอม หวาน มัน กินแล้วไม่เบื่อ

ค. ทำให้ตื่นตัว ไม่ง่วงในเวลาทำงาน

ง. เป็นเครื่องดื่มที่ให้พลังงานสูง

4. จากข้อมูลดังกล่าวนักเรียนคิดว่าชานมไข่มุกมีประโยชน์ต่อร่างกายหรือไม่เพราะเหตุใด (การวิเคราะห์หลักการ)

ก. มีประโยชน์ เพราะเป็นเครื่องดื่มที่ให้พลังงานสูง

ข. มีประโยชน์ เพราะมีส่วนผสมของคาเฟอีนช่วยกระตุ้นระบบประสาทและทำให้ร่างกายแข็งแรง

ค. ไม่มีประโยชน์ เพราะทำให้เสี่ยงต่อการเกิดภาวะดื้อต่ออินซูลิน และเป็นโรคต่าง ๆ ตามมา

ง. ไม่มีประโยชน์ เพราะในชานมไข่มุกมีการแต่งสีและกลิ่นซึ่งส่งผลก่อการทำงานของหัวใจ

มหาวิทยาลัย สุโขทัยธรรมาธิราช

ภาคผนวก ง

ตัวอย่าง ภาพผลงานนักเรียน

- ผลงานของนักเรียนจากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้
- ผลงานของนักเรียนจากแบบวัดความสามารถในการสร้างแบบจำลอง

ตัวอย่าง ผลงานของนักเรียนจากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้

Q5. ให้นักเรียนสื่อความหมายการมองเห็นภาพในกระจกทั้ง 2 ชนิด ช่องด้านล่างในรูปแบบของ
บจำลอง โดยใช้สัญลักษณ์ที่เกี่ยวข้องกับการเดินทางของแสงในข้อที่ Q4.

ตอบ

กระจกเงาชนิดราบ	กระจกใส

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

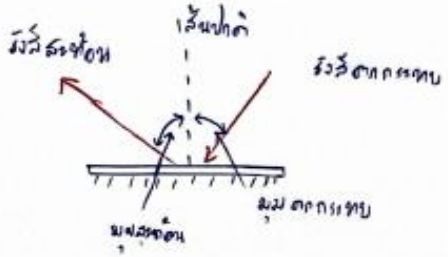
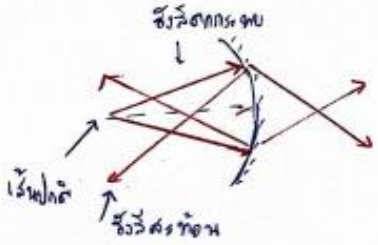
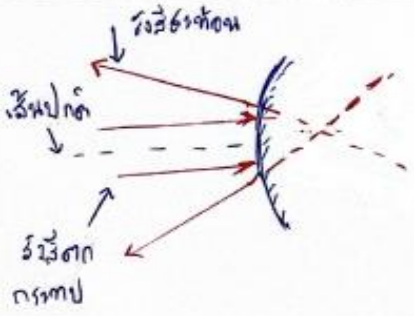
Q6. หากใช้กระจกเงาทั้ง 2 ชนิดนี้ส่องวัตถุ ภาพที่ได้จะมีลักษณะเป็นอย่างไร แล้วให้นักเรียน
สร้างคำอธิบายเกี่ยวกับการเกิดภาพจากกระจกโดยใช้สัญลักษณ์

ตอบ

กระจก เงา หูน	กระจก เงา 2 เว้า

ภาพที่ 1 ผลงานนักเรียนระหว่างการจัดการเรียนรู้ก่อนเรียน

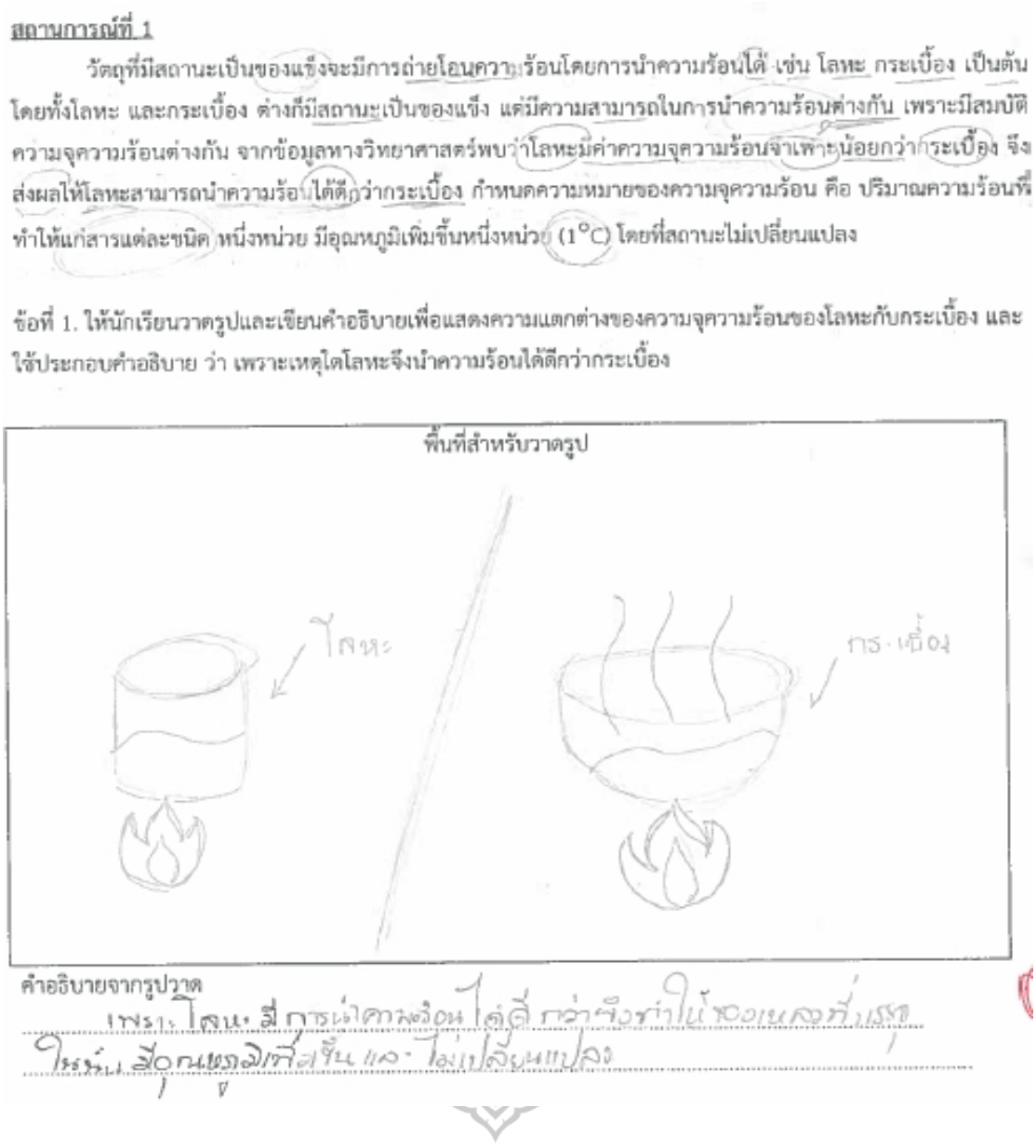
นักเรียนปรับปรุง แบบจำลองที่สร้างไว้ กับหลังทำกิจกรรมที่ 1 เรื่อง การสะท้อนของแสงได้อย่างไร

ชนิดของกระจก	แบบจำลองการสะท้อนของแสง	ลักษณะภาพ
กระจกเงาราบ		ภาพจะมีขนาดเท่าของวัตถุ แต่สลับซ้าย เป็นขวา
กระจกเงาชนิดโค้งเว้า		ภาพจะมีขนาดใหญ่กว่าวัตถุ
กระจกเงาชนิดโค้งนูน		ภาพจะเล็กขนาดเสมือนตัว และภาพกลับหัว

มหาวิทยาลัยราชภัฏธนบุรี

ภาพที่ 2 ผลงานนักเรียนระหว่างการจัดการเรียนรู้หลังเรียน

ตัวอย่าง ผลงานของนักเรียนจากแบบวัดความสามารถในการสร้างแบบจำลอง



สถานการณ์ที่ 1

วัตถุที่มีสถานะเป็นของแข็งจะมีการถ่ายโอนความร้อนโดยการนำความร้อนได้ เช่น โลหะ กระเบื้อง เป็นต้น โดยทั้งโลหะ และกระเบื้อง ต่างก็มีสถานะเป็นของแข็ง แต่มีความสามารถในการนำความร้อนต่างกัน เพราะมีสมบัติความจุความร้อนต่างกัน จากข้อมูลทางวิทยาศาสตร์พบว่าโลหะมีค่าความจุความร้อนจำเพาะน้อยกว่ากระเบื้อง จึงส่งผลให้โลหะสามารถนำความร้อนได้ดีกว่ากระเบื้อง กำหนดความหมายของความจุความร้อน คือ ปริมาณความร้อนที่ทำให้แก่สารแต่ละชนิด หนึ่งหน่วย มีอุณหภูมิเพิ่มขึ้นหนึ่งหน่วย (1°C) โดยที่สถานะไม่เปลี่ยนแปลง

ข้อที่ 1. ให้นักเรียนวาดรูปและเขียนคำอธิบายเพื่อแสดงความแตกต่างของความจุความร้อนของโลหะกับกระเบื้อง และใช้ประกอบคำอธิบาย ว่า เพราะเหตุใดโลหะจึงนำความร้อนได้ดีกว่ากระเบื้อง

พื้นที่สำหรับวาดรูป

คำอธิบายจากรูปวาด

เพราะ โลหะ มีการนำความร้อนได้ดีกว่าจึงทำให้ของเหลวเดือดเร็ว ในระยะเวลาที่สั้นขึ้น และ ไม่เปลี่ยนแปลง

ภาพที่ 3 ผลงานนักเรียนจากแบบวัดความสามารถในการสร้างแบบจำลองก่อนเรียน

ข้อที่ 2. หากกำหนดให้

→ แทน ทิศทางการถ่ายโอนความร้อน

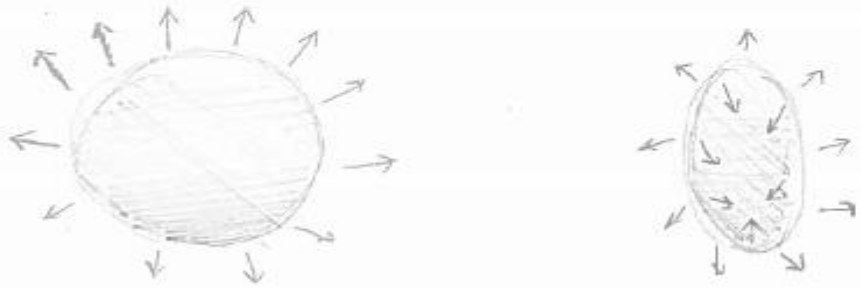
○ แทน อนุภาคของกระเบื้อง (วงกลมขนาดใหญ่)

o แทน อนุภาคของโลหะ (วงกลมขนาดเล็ก)

▓ แทน ปริมาณความร้อนภายในอนุภาคที่ถูกถ่ายโอนจากอุณหภูมิสูงไปยังอุณหภูมิต่ำ

ให้นักเรียนใช้สิ่งที่กำหนดให้เพิ่มเติมในรูปวาดและคำอธิบายในข้อที่ 1

พื้นที่สำหรับวาดรูป



คำอธิบายจากรูปวาด

กระเบื้องสีดำ ถ่ายโอนความร้อนได้ดีกว่า สีอื่นๆ ความร้อนจำพวกโลหะ ดูดกว่าโลหะ แต่ โลหะสีดำความร้อนเข้าได้ ช้ากว่าให้ความร้อนได้ดีกว่า

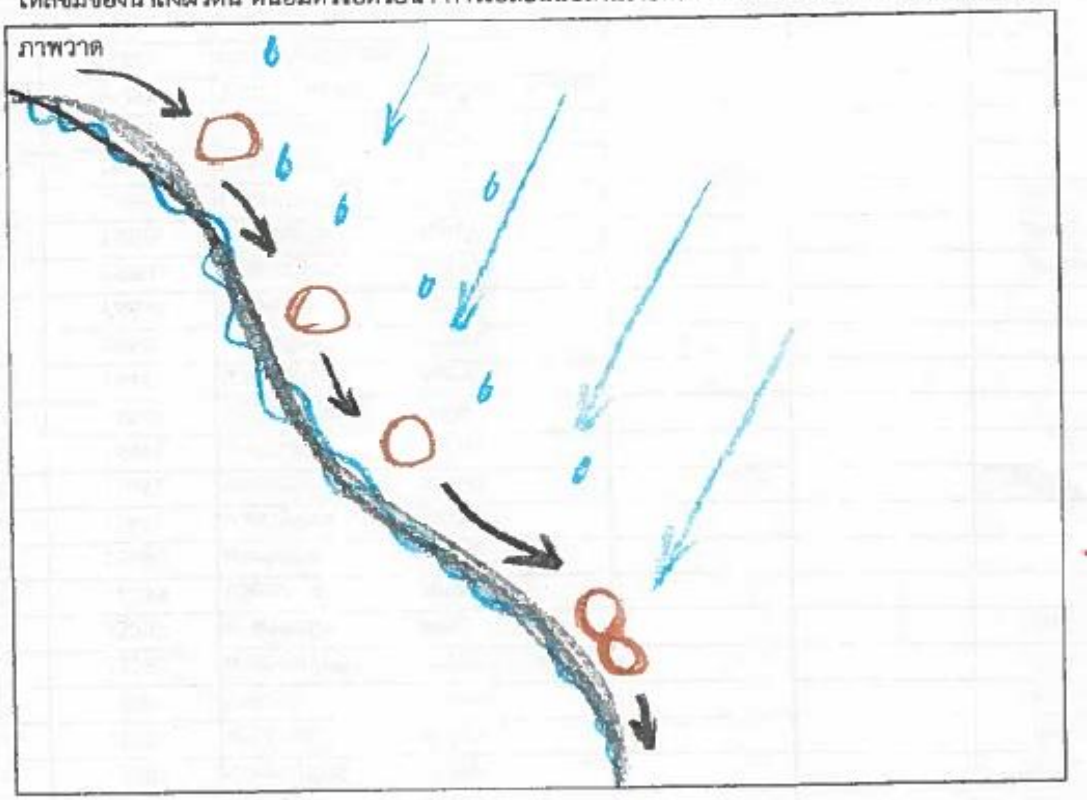
ข้อที่ 3. ให้นักเรียนเปรียบเทียบความแตกต่างของรูปวาดที่ปรับใหม่ในข้อที่ 2 กับข้อที่ 1 ว่าข้อดี ข้อด้อยต่างกันอย่างไร หากนักเรียนปรับแก้ใหม่จะปรับแก้ได้อย่างไร

ดีกว่าโลหะ และกระเบื้องสามารถดูดความร้อนได้ดีกว่าโลหะ และปรับแก้ไขโดยการทดลอง และนำผลการปรียบเทียบก่อนหน้านี้ว่า มีความต่างกันอย่างไร

ภาพที่ 4 ผลงานนักเรียนจากแบบวัดความสามารถในการสร้างแบบจำลองก่อนเรียน

<u>สถานการณ์ที่ 4</u> แผ่นดินถล่ม เป็นกระบวนการเคลื่อนที่ของดินหรือหิน ลงมาตามแนวลาดชันของพื้นที่ เนื่องจากปัจจัยหลักของแรงโน้มถ่วงของโลก โดยในช่วงที่มีฝนตกหนักน้ำผิวดินจะมีปริมาณมาก ทำให้การไหลซึมของน้ำผิวดินลงสู่ใต้ดินไปอยู่ตามช่องว่างระหว่างเม็ดดินมีปริมาณมากขึ้น จนดินอิ่มตัวไปด้วยน้ำ ทำให้แรงยึดเหนี่ยวระหว่างเม็ดดินลดลง มีผลทำให้ดินพังถล่มลงมาด้านล่าง

ข้อที่ 1 ให้นักเรียนวาดภาพเพื่ออธิบายการเกิดแผ่นดินถล่มที่เกิดขึ้นบริเวณพื้นที่ลาดชัน มีฝนตก แสดงการไหลซึมของน้ำลงผิวดิน ดินอิ่มตัวไปด้วยน้ำ การเปลี่ยนแปลงแรงยึดเหนี่ยวของเม็ดดิน และเกิดดินถล่ม



ข้อความ (ถ้ามี)..... น้ำกัดเซาะดินหล่น ดินจนหมดหลาย แล้ว หลังลง

มาตามแรงโน้มถ่วง.....

ภาพที่ 5 ผลงานนักเรียนจากแบบวัดความสามารถในการสร้างแบบจำลองหลังเรียน

ข้อ 2 หากกำหนดให้

แทน พื้นที่ลาดชัน

แทน เม็ดดิน แทน อนุภาคของน้ำ แทน ฝน

แทน แรงยึดเหนี่ยวระหว่างเม็ดดิน แทน ทิศทางการเคลื่อนที่ของดิน

นักเรียนจะใช้สัญลักษณ์ที่กำหนดให้นี้ มาสร้างแบบจำลองอธิบายการเกิดแผ่นดินถล่ม ได้อย่างไร

ข้อความ (ถ้ามี) อธิบายคุณน้ำที่ตกลงสู่ดิน ทำให้แรงยึดเหนี่ยวลง ส่งผลให้ดินพังทลายลงมาทับบ้านเรือนด้านล่าง

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

ตามรูปภาพ ข้อ 2 เหมือนกับรูป ข้อ 1 ปรับเปลี่ยนรูปแบบทิศทางหยดน้ำ

ภาพที่ 6 ผลงานนักเรียนจากแบบวัดความสามารถในการสร้างแบบจำลองหลังเรียน

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ นางสาวพลอยศิริ พุทธรักษา

วัน เดือน ปี เกิด 7 พฤษภาคม 2537

สถานที่เกิด จังหวัดนครปฐม

ประวัติการศึกษา ครุศาสตรบัณฑิต (วิทยาศาสตร์ทั่วไป) มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม พ.ศ. 2560

สถานที่ทำงาน โรงเรียนภัทรญาณวิทยา จังหวัดนครปฐม

ตำแหน่ง ครู ค.ศ.1