ผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง สารบริสุทธิ์ ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนนครขอนแก่น จังหวัดขอนแก่น

นางสาวศิรินทรา บุษราคัม

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต วิชาเอก

วิทยาศาสตร์ศึกษา

สาขาวิชาศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช

พ.ศ. 2566

The Effects of the Model-based Learning Instruction in the Topic of Pure Substance on Learning Achievement and Scientific Modeling Ability of Grade 7 Students at Nakorn Khonkaen School in Khonkaen Province

Miss. SIRINTHA BUSSARAKUM

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 สารบริสุทธิ์ ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการสร้างแบบจำลอง ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนนครขอนแก่น จังหวัดขอนแก่น
ชื่อและนามสกุล	นางสาวศิรินทรา บุษราคัม
แขนงวิชา / วิชาเอก	วิทยาศาสตร์ศึกษา
สาขาวิชา	ศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช
อาจารย์ที่ปรึกษา	1. รองศาสตราจารย์ ดร.นวลจิตต์ เชาวกีรติพงศ์
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	2. รองศาสตราจารย์ ดร.ดวงเดือน สุวรรณจินดา

วิทยานิพนธ์นี้ได้รับความเห็นชอบให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรระดับปริญญาโท เมื่อวันที่ 22 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2567

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

-- ประธานกรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กุลธิดา นุกุลธรรม)

-- กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร.นวลจิตต์ เชาวกีรติพงศ์)

-- กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร.ดวงเดือน สุวรรณจินดา)

-- ประธานกรรมการบัณฑิตศึกษา

(รองศาสตราจารย์ ดร.นราธิป ศรีราม)

ชื่อวิทยานิพนธ์ ผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง สารบริสุทธิ์ ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการสร้างแบบจำลอง ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนนครขอนแก่น จังหวัดขอนแก่น
ผู้วิจัย นางสาวศิรินทรา บุษราคัม รหัสนักศึกษา 2642000117
ปริญญา: ศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต (วิทยาศาสตร์ศึกษา)
อาจารย์ที่ปรึกษา (1) รองศาสตราจารย์ ดร.นวลจิตต์ เชาวกีรติพงศ์ (2) รองศาสตราจารย์ ดร.ดวงเดือน สุวรรณจินดา ปีการศึกษา 2566

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานกับนักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบปกติ 2) เปรียบเทียบความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานกับนักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบปกติ และ 3) เปรียบเทียบความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียน

กลุ่มตัวอย่างในการวิจัย ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนนครขอนแก่น ปีการศึกษา 2566 จำนวน 2 ห้องเรียน 70 คน ซึ่งได้มาโดยการสุ่มแบบกลุ่ม แล้วจับสลากให้ห้องหนึ่งเป็นกลุ่มทดลอง และอีกห้องหนึ่งเป็นกลุ่มควบคุม เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ 1) แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน และแผนการจัดการเรียนรู้แบบปกติ เรื่อง สารบริสุทธิ์ จำนวน 5 แผนใช้เวลาเรียน 20 ชั่วโมง 2) แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง สารบริสุทธิ์ และ 3) แบบวัดความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และการทดสอบค่าที

ผลการวิจัยปรากฏว่า 1) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานสูงกว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 2) ความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานสูงกว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และ 3) ความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

คำสำคัญ การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน การสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ มัธยมศึกษา

Thesis title: “The Effects of the Model-based Learning Instruction in the Topic of Pure Substance on Learning Achievement and Scientific Modeling Ability of Grade 7 Students at Nakorn Khonkaen School in Khonkaen Province”

Researcher: “Miss. SIRINTHA BUSSARAKUM”; ID: “2642000117”;

Degree: Master of Education (Science Education);

Thesis advisors: (1) Associate Professor Dr. Nuanjid Chaowakeratipong;(2) Associate Professor Dr. Duongdearn Suwanjinda ; Academic year: 2023

Abstract

The purposes of this research were to 1) compare the learning achievements of grade 7 students who learned through the model-based learning instruction and students who learned through the traditional instruction, 2) compare the scientific modeling ability of grade 7 students who learned through the model-based learning and those of the students who learned through the traditional instruction, and 3) compare the scientific modeling abilities of students before and after learning through the model-based learning instruction.

The research sample consisted of 70 grade 7 students from two classrooms of Nakorn Khonkaen School in Khonkaen province who studied in the academic year2023, 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) 5 lesson plans based on the model-based learning instruction and the traditional instruction in the topic of pure substance for 20 hours, 2) a learning achievement test in the topic of pure substance, and 3) a scientific modeling ability test. The statistics used for data analysis were the mean, standard deviation, and t-test.

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

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

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความกรุณา และอนุเคราะห์อย่างดียิ่ง จาก รองศาสตราจารย์ ดร.นวลจิตต์ เชาวกีรติพงศ์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก และรองศาสตราจารย์ ดร. ดวงเดือน สุวรรณจินดา อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม นับตั้งแต่เริ่มต้นจนสำเร็จสมบูรณ์ที่ให้ความช่วยเหลือ ให้คำปรึกษา ข้อความคิดและความเห็นทางวิชาการอันเป็นประโยชน์อย่างยิ่ง ตลอดจนตรวจสอบแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ติดตามการทำวิทยานิพนธ์อย่างดีเสมอมา ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งในความกรุณาของท่านเป็นอย่างยิ่ง และขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.ไสว ฟักขาว ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ที่กรุณาให้คำแนะนำเป็นประโยชน์ต่อความถูกต้องและความสมบูรณ์ในวิทยานิพนธ์ยิ่งขึ้น ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

ขอขอบพระคุณ นางเอื้องพร คำอ้อ นางสาวกัญญาวีร์ อังสนุ และนางปราณนา โสสีหา ที่ให้ความอนุเคราะห์เป็นผู้เชี่ยวชาญในการพิจารณาคุณภาพเครื่องมือวิจัยและให้คำแนะนำอื่น ๆ ต่อการทำวิจัย ขอขอบคุณผู้อำนวยการโรงเรียน คณะครูกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ฯ และนักเรียนที่มีส่วนเกี่ยวข้องที่ให้ความร่วมมือ อำนวยความสะดวกในการทดลอง และเก็บรวบรวมข้อมูลเป็นอย่างดี

ขอขอบพระคุณ คณาจารย์สาขาศึกษาศาสตร์ วิชาเอกวิทยาศาสตร์ศึกษา ทุกท่านที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ และเพื่อนร่วมเอกวิทยาศาสตร์ศึกษาที่คอยให้ความช่วยเหลือในการเรียนตลอดระยะเวลาที่ศึกษา

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

นางสาวศิรินทรา บุษราคัม

มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ จ
กิตติกรรมประกาศ ฉ
สารบัญตาราง ฌ
สารบัญภาพ ฎ
บทที่ 1 บทนำ 1
ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1
วัตถุประสงค์การวิจัย 3
กรอบแนวคิดการวิจัย 3
สมมติฐานการวิจัย 4
ขอบเขตการวิจัย 4
นิยามศัพท์เฉพาะ 5
ประโยชน์ที่ได้รับ 7
บทที่ 2 วรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง 8
หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) 9
การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน 15
การจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการสืบเสาะหาความรู้แบบ 5E 27
ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน 31
ความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ 37
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 42
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย 46
ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง 46
เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย 46
การสร้างและหาคุณภาพเครื่องมือ 47
การเก็บรวบรวมข้อมูล 62
การวิเคราะห์ข้อมูล 62

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล 64
ตอนที่ 1 เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน กับนักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบปกติ 65
ตอนที่ 2 เปรียบเทียบความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานกับนักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบปกติ 66
ตอนที่ 3 เปรียบเทียบความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียน 68
บทที่ 5 สรุปการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ 70
สรุปการวิจัย 70
อภิปรายผล 72
ข้อเสนอแนะ 78
บรรณานุกรม 80
ภาคผนวก 85
ก รายนามผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือวิจัย 86
ข ตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน
ตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้แบบปกติ
แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
แบบวัดความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ 91
ประวัติผู้วิจัย 133

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 2.1 โครงสร้างรายวิชาวิทยาศาสตร์ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนนครขอนแก่น ปีการศึกษา 2566 13
ตารางที่ 2.2 บทบาทผู้สอนและนักเรียนในการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน 23
ตารางที่ 2.3 บทบาทครูและนักเรียนในการจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการสืบเสาะหาความรู้แบบ 5E 29
ตารางที่ 2.4 ตัวอย่างเกณฑ์การให้คะแนนความก้าวหน้าในการสร้างแบบจำลองในการเรียนรู้ด้านการสร้างและการใช้แบบจำลอง 40
ตารางที่ 3.1 กิจกรรมตามขั้นตอนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน 47
ตารางที่ 3.2 รายละเอียดเนื้อหาสาระการสร้างแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน 48
ตารางที่ 3.3 กรอบเนื้อหาแผนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง สารบริสุทธิ์ 49
ตารางที่ 3.4 กิจกรรมตามขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการสืบเสาะหาความรู้แบบ 5E 52
ตารางที่ 3.5 รายละเอียดเนื้อหาสาระการสร้างแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการสืบเสาะหาความรู้แบบ 5E 52
ตารางที่ 3.6 วิเคราะห์ความสอดคล้องของจุดประสงค์การเรียนรู้และพฤติกรรมสำหรับออกข้อสอบวิชาวิทยาศาสตร์ เรื่อง สารบริสุทธิ์ 36
ตารางที่ 3.7 เกณฑ์การให้คะแนนการทำแบบวัดความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ 58
ตารางที่ 3.8 เกณฑ์การให้คะแนนแบบทดสอบวัดความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ ข้อที่ 1 การสร้างแบบจำลอง 60
ตารางที่ 3.9 เกณฑ์การให้คะแนนแบบทดสอบวัดความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ ข้อที่ 2 การแก้ไขปรับปรุงแบบจำลอง 60
ตารางที่ 3.10 เกณฑ์การให้คะแนนแบบทดสอบวัดความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ ข้อที่ 3 การเปรียบเทียบและประเมินแบบจำลอง 61
ตารางที่ 4.1 แสดงผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์หลังเรียนของนักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานกับนักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบปกติ 65

สารบัญตาราง (ต่อ)

หน้า

ตารางที่ 4.2 แสดงผลการเปรียบเทียบความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนของนักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานกับนักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบปกติ 66

ตารางที่ 4.3 แสดงผลการเปรียบเทียบความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์รายลำดับขั้นตอนความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนของนักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานกับนักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบปกติ 67

ตารางที่ 4.4 แสดงผลการเปรียบเทียบความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียน 68

ตารางที่ 4.5 แสดงผลการเปรียบเทียบความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์รายลำดับขั้นตอนความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียน 69

สารบัญรูปภาพ

หน้า

ภาพที่ 1.1 กรอบแนวคิดการวิจัย 3

มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช

บทที่ 1
บทนำ

1. ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์มีหลักการสำคัญคือการเน้นให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติ มีการสำรวจตรวจสอบค้นคว้า ทดลอง เก็บรวบรวมข้อมูลหาหลักฐานหรือประจักษ์พยานเพื่อนำไปสู่การลงความเห็นและสรุปเป็นแนวคิดหรือหลักการที่เป็นความรู้วิทยาศาสตร์ ดังนั้นในการเรียนวิทยาศาสตร์นักเรียนจะต้องเปลี่ยนบทบาทจากที่เป็นผู้สะสมความรู้มาเป็นผู้แสดงบทบาทในการหาความรู้หรือมีส่วนร่วมในกระบวนการแสวงหาความรู้ (สุนีย์ คล้ายนิล, 2555) ในการเรียนรู้เนื้อหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่มีความเป็นนามธรรม หรือมีความซับซ้อน การใช้แบบจำลองเป็นเครื่องมือหนึ่งที่ช่วยสร้างความเข้าใจ และอธิบายความรู้ในปรากฏการณ์ที่ซับซ้อนนั้นให้เข้าใจได้ง่ายขึ้น การให้นักเรียนลงมือสร้างแบบจำลองด้วยตนเองทำให้นักเรียนได้ฝึกปฏิบัติงานอย่างนักวิทยาศาสตร์ กล่าวคือ นักเรียนจะได้ฝึกกระบวนการคิดซึ่งเป็นสิ่งสำคัญที่นักวิทยาศาสตร์ปฏิบัติเพื่อให้ได้ความรู้วิทยาศาสตร์ รวมทั้งทำให้นักเรียนเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ไปด้วย (โกเมศ นาแจ้ง, 2554)

การสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ เป็นการสร้างของสิ่งหนึ่งเพื่อแทน วัตถุ กระบวนการ ความสัมพันธ์ หรือ สถานการณ์ โดยนักวิทยาศาสตร์จะใช้แบบจำลองเพื่ออธิบายปรากฏการณ์ต่าง ๆ ให้เห็นได้ชัด นำมาใช้อธิบายสิ่งที่เป็นนามธรรม หรือ สัมผัสของมนุษย์ที่ไม่อาจสังเกตได้โดยตรง เช่น โครงสร้างอะตอม เพื่อให้เข้าใจและสามารถสื่อสารได้ง่ายขึ้น สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) จึงให้ความสำคัญเกี่ยวกับการสร้างแบบจำลองคือการเพิ่มเป็นทักษะที่ 14 ของกระบวนการวิทยาศาสตร์ ซึ่งบูรณาการอยู่ในหลักสูตรที่ปรับปรุงใหม่ที่ส่งเสริมนักเรียนให้มีทักษะการสร้างแบบจำลองเพื่อสื่อสารแบบจำลองรูปแบบต่าง ๆ ให้ผู้อื่นเข้าใจ เช่น กราฟ รูปภาพ สิ่งประดิษฐ์ เป็นต้น (สสวท., 2562) จะเห็นได้ว่า NGSS, PISA และ สสวท. ต่างให้ความสำคัญกับแบบจำลองโดยให้นักเรียนเป็นผู้สร้างแบบจำลอง โดยเฉพาะการปฏิบัติสร้างแบบจำลอง นักเรียนต้องสร้างแบบจำลองและพัฒนาแบบจำลองในการอธิบายปรากฏการณ์ รวมไปถึงเข้าใจธรรมชาติและบทบาทของการใช้แบบจำลองที่มีเป้าหมายตรงกันกับนักวิทยาศาสตร์

ปัจจุบันสภาพปัญหาของวิชาวิทยาศาสตร์ พบว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์มีแนวโน้มลดลงอย่างเห็นได้ชัด จากผลการทดสอบทางการศึกษาระดับชาติขั้นพื้นฐาน (O-NET) วิชาวิทยาศาสตร์ ระดับประเทศของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ปีการศึกษา 2565 มีค่าคะแนนเฉลี่ยร้อยละ

30.25 ลดลงร้อยละ 2.00 เมื่อเทียบกับปี 2564 ที่มีค่าคะแนนเฉลี่ยร้อยละ 32.25 นอกจากนี้ยังสอดคล้องกับระดับโรงเรียน ซึ่ง พบว่าผลการทดสอบทางการศึกษาระดับชาติขั้นพื้นฐาน (O-NET) วิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนนครขอนแก่น จังหวัดขอนแก่น มีแนวโน้มลดลงเช่นกัน ปีการศึกษา 2565 มีค่าคะแนนเฉลี่ยร้อยละ 42.5 ลดลงร้อยละ 1.7 เมื่อเทียบกับปีการศึกษา 2564 ที่มีค่าคะแนนเฉลี่ยร้อยละ 44.2 (สถาบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ องค์การมหาชน, 2565) การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เป็นวิธีการจัดการเรียนรู้รูปแบบหนึ่ง ที่ช่วยเตรียมผู้เรียนให้มีทักษะที่จำเป็นและมีรากฐานมาจากทฤษฎีการเปลี่ยนแปลงแนวคิดการศึกษาทางด้านวิทยาศาสตร์ (Clement, 2007) มีลักษณะการจัดการเรียนรู้ที่มีการสร้างสิ่งต่าง ๆ เช่น แผนภาพ สัญลักษณ์ หรือสิ่งประดิษฐ์ เพื่อใช้อธิบายแนวคิด หลักการ ทฤษฎี กฎ และปรากฏการณ์ทางธรรมชาติ (Coll et al., 2006) เปรียบเสมือนตัวแทนของวัตถุเหตุการณ์แนวคิด กระบวนการหรือระบบ ซึ่งจะเชื่อมโยงระหว่างทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์กับโลกของความจริง (Gilbert, 2004) ที่ไม่สามารถสังเกตหรือวัดได้โดยตรง ทางด้านวิทยาศาสตร์ถือได้ว่าแบบจำลองเป็นสิ่งที่มีความสำคัญ ซึ่งสามารถสื่อสารและมีส่วนช่วยทำให้เข้าใจแนวคิดต่าง ๆ ได้ง่ายขึ้น อีกทั้งยังช่วยให้มองเห็นภาพและสามารถใช้อธิบายปรากฏการณ์ทางธรรมชาติเช่น แบบจำลอง Watson-Crick ที่ใช้อธิบายโครงสร้างของ DNA เป็นต้น (Coll et al., 2006) ได้อย่างชัดเจน ส่งผลให้นักเรียนทำการทดลองได้อย่างมีประสิทธิภาพ

จากการศึกษาพบว่านักเรียนไทยยังต้องได้รับการพัฒนาความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ให้สูงขึ้น เนื่องจากงานวิจัยของ โกเมศ นาแจ้ง (2554) พบว่า นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่เรียนด้วยการเรียนการสอนแบบ MCIS (Model-Centered Instruction Sequence) มีความสามารถในการสร้างแบบจำลองในวิชาฟิสิกส์อยู่ในระดับพอใช้ ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของณัฏฐ์นภันต์ กตัญรัตน์ และคณะ (2558) พบว่านักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบ MCIS ในวิชาเคมียังมีนักเรียนจำนวนมากที่มีความสามารถในการสร้างแบบจำลองอยู่ในระดับพอใช้ และระดับควรปรับปรุง และยังพบว่ามีนักเรียนที่มีความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง การแยกสารด้วยกระแสไฟฟ้า ซึ่งเป็นหนึ่งในหัวข้อเรื่องสารบริสุทธิ์ อยู่ในระดับดีมากต่ำกว่าร้อยละ 50 (ชาตรี ฝ่ายคำตา และคณะ, 2557)

เมื่อพิจารณาเนื้อหา เรื่อง โครงสร้างของอะตอม พบว่าเป็นเรื่องยากที่จะจัดกิจกรรมหรือการทดลองที่ทำให้นักเรียน เข้าใจ และเห็นภาพเป็นรูปธรรม นักเรียนส่วนใหญ่ไม่สามารถเชื่อมโยงกระบวนการสร้างแบบจำลอง อะตอมของนักวิทยาศาสตร์แต่ละท่านได้ นอกจากนี้หนึ่งฤทัย เกียรติพิมล (2559) ยังได้ศึกษาผลของการใช้แนวคิดการสร้างตัวแทนความคิดที่มีต่อความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ในวิชาชีววิทยา และพบปัญหาว่า การสร้างแบบจำลองต้องอาศัยกระบวนการแปลความหมายข้อมูล หากปรากฏการณ์หรือกระบวนการทางวิทยาศาสตร์นั้นมีความยากต่อการทำความเข้าใจ และพบว่า การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ช่วยแก้ปัญหาผลสัมฤทธิ์

ทางการเรียน และความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนให้สูงขึ้นได้ (ณัฏฐ์นภันต์ กตัญรัตน์ และคณะ, 2558)

จากข้อมูลข้างต้นผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะนำการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน มาใช้ในการแก้ไขปัญหาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โดยเลือกเนื้อหาเรื่อง สารบริสุทธิ์ ซึ่งมีเนื้อหาที่เป็นนามธรรม และเป็นเรื่องที่นักเรียนมีปัญหาในการเรียน

2. วัตถุประสงค์การวิจัย

2.1 เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน กับนักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบปกติ

2.2 เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน กับนักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบปกติ

2.3 เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียน

3. กรอบแนวคิดการวิจัย

จากแนวคิดการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ซึ่งเป็นการจัดการเรียนรู้ที่ทำให้ผู้เรียนสามารถเข้าใจในความรู้ที่เป็นนามธรรมให้เป็นรูปธรรมมากยิ่งขึ้น สามารถพัฒนาผลสัมฤทธิ์และความสามารถในการสร้างแบบจำลองของผู้เรียนได้ สรุปเป็นกรอบแนวคิดการวิจัยได้ดังภาพที่ 1.1

ตัวแปรอิสระ		ตัวแปรตาม
การจัดการเรียนรู้ - โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน - แบบปกติ (แบบสืบเสาะหาความรู้)	→	1. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน 2. ความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์

ภาพที่ 1.1 กรอบแนวคิดการวิจัย

4. สมมติฐานการวิจัย

4.1 นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่านักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบปกติ

4.2 นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานมีความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์สูงกว่านักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบปกติ

4.3 นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานมีความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน

5. ขอบเขตการวิจัย

5.1 ประชากร

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนนครขอนแก่น จังหวัดขอนแก่น ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2566 จำนวน 11 ห้องเรียน มีนักเรียน 385 คน ซึ่งจัดห้องเรียนโดยคละความสามารถ

5.2 กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ได้แก่ เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ดังกล่าว จำนวน 2 ห้องเรียน ซึ่งได้มาโดยการสุ่มแบบกลุ่ม แล้วจับสลากให้ห้องเป็นกลุ่มทดลอง ได้นักเรียนชั้นม.1/11 มีจำนวน 35 คน และอีกห้องหนึ่งเป็นกลุ่มควบคุม ได้นักเรียนชั้นม.1/8 มีจำนวน 35 คน

5.3 ขอบเขตเนื้อหาที่ใช้ในการวิจัย

เนื้อหาที่ใช้ทำการวิจัย คือ เนื้อหากลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 เรื่อง สารบริสุทธิ์

5.4 ตัวแปรที่ศึกษา

5.4.1 ตัวแปรต้น

คือ การจัดการเรียนรู้ ซึ่งแบ่งออกเป็น 2 วิธีการจัดการเรียนรู้ คือ การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน และการจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการสืบเสาะหาความรู้แบบ 5E

5.4.2 ตัวแปรตาม

คือ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์

5.5 ระยะเวลาที่ใช้ในการวิจัย

ดำเนินการวิจัยในช่วงเวลา ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2566 ใช้เวลา 5 สัปดาห์ สัปดาห์ละ 4 ชั่วโมง รวม 20 ชั่วโมง

6. นิยามศัพท์เฉพาะ

6.1 การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน หมายถึง วิธีการจัดการเรียนรู้ที่มุ่งให้นักเรียนใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ในการค้นคว้าหาความรู้ทำความเข้าใจและอธิบายปรากฏการณ์ต่าง ๆ ด้วยการตรวจสอบข้อมูล ฝึกคิดอย่างเป็นระบบ สามารถนำเสนอความคิด ทดสอบความคิด ประเมินความคิด ปรับปรุงแก้ไขและขยายความคิดได้ โดยผ่านการสร้าง และปรับปรุงแบบจำลองของปรากฏการณ์นั้น ประกอบด้วย 4 ขั้นตอน ได้แก่

ขั้นที่ 1 การสร้างแบบจำลอง นักเรียนจะต้องสร้างแบบจำลองจากความรู้เดิม ที่มีข้อมูลอยู่จากประเด็นที่ครูกำหนด โดยการปรึกษากับสมาชิกภายในกลุ่ม จากประเด็นที่ครูกำหนด ถึงลักษณะของแบบจำลองควรจะมีส่วนประกอบอะไรบ้าง ห้ามใช้แหล่งข้อมูลต่าง ๆ ข้อมูลที่นำมาสร้างแบบจำลองจะต้องมาจากประสบการณ์เดิมเท่านั้น

ขั้นที่ 2 การประเมินแบบจำลอง นักเรียนได้สะท้อนความคิดและแลกเปลี่ยนเหตุผลเพื่ออธิบายแนวคิดที่ใช้ในการสร้างแบบจำลองด้วยคำพูดของนักเรียนเอง ครูพิจารณาความถูกต้องของมโนทัศน์ของนักเรียนพร้อมทั้งอธิบายความรู้พื้นฐานในเรื่องที่ต้องการให้นักเรียนสร้างแบบจำลอง จากนั้นนักเรียนตรวจสอบความถูกต้องของมโนทัศน์ของตนเอง หากแบบจำลองที่นักเรียนสร้างขึ้นมาจากมโนทัศน์ที่ไม่ถูกต้องให้ปรับปรุงและแก้ไขแบบจำลองนั้น

ขั้นที่ 3 การดัดแปลงแก้ไขแบบจำลอง นักเรียนดัดแปลง และแก้ไขแบบจำลองจนสามารถใช้อธิบายข้อมูลได้อย่างถูกต้อง หลังจากที่ได้เรียนรู้ว่าแบบจำลองของตนไม่สามารถอธิบายปรากฏการณ์ ข้อเท็จจริง หลักการ หรือกฎ นักเรียนอาจสามารถเปรียบเทียบแบบจำลองจากกลุ่มเพื่อนและรวบรวมแบบจำลองของแต่ละกลุ่มเข้าด้วยกัน เพื่อสร้างเป็นแบบจำลองของกลุ่มหรือชั้นเรียน ทำให้นักเรียนได้แลกเปลี่ยนความคิดเห็นและสร้างแบบจำลองที่ดีที่สุดและสอดคล้องกับหลักการทางวิทยาศาสตร์ จึงเป็นขั้นตอนสำคัญที่ทำให้นักเรียนเข้าใจกระบวนการสร้างแบบจำลองและพัฒนาความรู้ทางวิทยาศาสตร์

ขั้นที่ 4 การขยายแบบจำลอง นักเรียนนำสิ่งที่ได้เรียนรู้ไปประยุกต์ใช้ในสถานการณ์ใหม่ที่คล้ายกับ สถานการณ์เดิมโดยสามารถสร้างแบบจำลองเพื่ออธิบายสถานการณ์ใหม่ได้

6.2 การจัดการเรียนรู้แบบปกติ หมายถึง การจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้นตอน (The 5 E's of Inquiry-based Learning) ที่มุ่งเน้นให้นักเรียนเกิดคำถาม เกิดความคิด และลงมือค้นคว้าหาความรู้ด้วยตนเอง ดังนี้

ขั้นที่ 1 ขั้นสร้างความสนใจ ครูนำเสนอปัญหาหรือสถานการณ์ที่อยู่ในความสนใจของนักเรียนเพื่อเชื่อมโยงกับความรู้เดิมของนักเรียน จากนั้นครูใช้คำถามนำกระตุ้นให้นักเรียนสนใจ สงสัย อยากรู้อยากเห็นเพื่อให้นักเรียนสำรวจและค้นหาคำตอบในขั้นต่อไป

ขั้นที่ 2 ขั้นสำรวจและค้นหา นักเรียนตรวจสอบปัญหาหรือสถานการณ์โดยเปิดโอกาสให้นักเรียนสำรวจตรวจสอบ ค้นหา รวบรวมข้อมูลหรือใช้วิธีการต่าง ๆ ในการหาคำตอบด้วยตัวเอง โดยนักเรียนระบุความรู้ที่จำเป็นต้องใช้ในการแก้ปัญหาที่พบ

ขั้นที่ 3 ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป นักเรียนนำคำตอบของปัญหาหรือสถานการณ์ที่ได้จากการสำรวจและค้นหามาอธิบายแนวคิด ขั้นตอนในการแก้ปัญหาที่พบมาเชื่อมโยงกับความรู้วิทยาศาสตร์เพื่อหาข้อสรุป

ขั้นที่ 4 ขั้นขยายความรู้ ครูส่งเสริมให้นักเรียนนำความรู้ที่ได้จากการทำกิจกรรมไปเชื่อมโยงสู่สถานการณ์ในชีวิตประจำวันโดยครูยกตัวอย่างสถานกาณ์ในชีวิตประจำวันและให้นักเรียนยกตัวอย่างสถานการณ์ที่นำความรู้ไปเชื่อมโยงกับสถานการณ์ที่ครูกำหนดหรือให้นักเรียนนำเสนอสถานการณ์ในชีวิตประจำวันที่สามารถนำความรู้ในเรื่องที่เรียนไปประยุกต์ใช้ได้

ขั้นที่ 5 ขั้นประเมิน ครูและนักเรียนตรวจสอบความถูกต้องของความรู้ที่นักเรียนได้รับโดยการถาม-ตอบ แลกเปลี่ยนความคิดเห็นระหว่างครูและนักเรียนหรือนักเรียนและนักเรียน หรือการประเมินจากใบกิจกรรม

6.3 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง ความสามารถในการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 เรื่อง สารบริสุทธิ์ โดยพิจารณาจากคะแนนของนักเรียนที่ได้จากการตอบแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแบบปรนัย ชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก ประกอบด้วย 3 ด้านได้แก่ ความรู้ความจำ ความเข้าใจ การวิเคราะห์ และการนำความรู้ไปใช้

6.4 ความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความสามารถของนักเรียนในการใช้ความรู้และความคิดเพื่อออกแบบและสร้างแบบจำลองที่สะท้อนมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ในชีวิตประจำวันได้อย่างถูกต้องหรืออธิบายสถานการณ์ในชีวิตประจำวันได้ ประกอบด้วย 3 ขั้นตอน คือ การสร้างแบบจำลอง การแก้ไขปรับปรุงแบบจำลอง และการเปรียบเทียบและประเมินแบบจำลอง โดยวัดได้จากการทำแบบวัดความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์เป็นแบบอัตนัย

7. ประโยชน์ที่ได้รับ

7.1 นักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์เพิ่มขึ้น

7.2 นักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน มีความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์เพิ่มขึ้น

7.3 ครูสามารถนำรูปแบบการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ไปประยุกต์ใช้ในรายวิชาอื่น ๆ หรือระดับชั้นอื่น ๆ เพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ได้

7.4 นักเรียนสามารถนำความรู้เรื่องการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ไปประยุกต์ใช้ในรายวิชาอื่น ๆ หรือระดับชั้นอื่น ๆ เพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ได้

มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช

บทที่ 2
วรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

ในการวิจัยผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง สารบริสุทธิ์ ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนนครขอนแก่น จังหวัดขอนแก่น ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ดังนี้

1. หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560)
    1.1 สาระสำคัญของหลักสูตร
    1.2 วัตถุประสงค์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1-3
    1.3 หลักสูตรสถานศึกษากลุ่มสาระวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาตอนต้นโรงเรียนนครขอนแก่น
2. การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน
    2.1 ความหมายและความเป็นมาของการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน
    2.2 แนวคิดทฤษฎีที่เกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน
    2.3 ขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน
    2.4 บทบาทครูและนักเรียนในการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน
    2.5 ประโยชน์ของการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน
3. การจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการสืบเสาะหาความรู้แบบ 5E
    3.1 ความหมายและความเป็นมาของการจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการสืบเสาะหาความรู้แบบ 5E
    3.2 แนวคิดทฤษฎีที่เกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการสืบเสาะหาความรู้แบบ 5E
    3.3 ขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการสืบเสาะหาความรู้แบบ 5E
    3.4 บทบาทครูและนักเรียนในการจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการสืบเสาะหาความรู้แบบ 5E
    3.5 ประโยชน์ของการจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการสืบเสาะหาความรู้แบบ 5E
4. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
    4.1 ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และขอบเขตของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์

4.2 การวัดและประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

4.3 การสร้างและหาคุณภาพของเครื่องมือวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

5. ความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์

5.1 ความหมาย ขอบเขต และความสำคัญของความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์

5.2 องค์ประกอบและตัวชี้วัดความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์

5.3 การสร้างและหาคุณภาพเครื่องมือวัดความสามารถการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์

6. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

6.1 งานวิจัยในประเทศ

6.2 งานวิจัยต่างประเทศ

1. หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560)

1.1 สาระสำคัญของหลักสูตร

กระทรวงศึกษาธิการ (2560) ได้กำหนดสาระสำคัญของหลักสูตรกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ไว้ดังนี้ มุ่งหวังให้ผู้เรียนได้เรียนรู้วิทยาศาสตร์ ที่เน้นการเชื่อมโยงความรู้กับกระบวนการ มีทักษะในการค้นคว้าและสร้างองค์ความรู้ โดยใช้กระบวนการในการสืบเสาะหาความรู้และแก้ปัญหาที่หลากหลาย ให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการเรียนรู้ทุกขั้นตอน มีการทำกิจกรรมด้วยการลงมือปฏิบัติจริงอย่างหลากหลาย เหมาะสมกับระดับชั้น โดยกำหนดสาระสำคัญ 4 สาระ ดังนี้

1.1.1 วิทยาศาสตร์ชีวภาพ เรียนรู้เกี่ยวกับ ชีวิตในสิ่งแวดล้อม องค์ประกอบของสิ่งมีชีวิต การดำรงชีวิตของมนุษย์และสัตว์ การดำรงชีวิตของพืช พันธุกรรม ความหลากหลายทางชีวภาพ และวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิต

1.1.2 วิทยาศาสตร์กายภาพ เรียนรู้เกี่ยวกับ ธรรมชาติของสาร การเปลี่ยนแปลงของสาร การเคลื่อนที่ พลังงาน และคลื่น

1.1.3 วิทยาศาสตร์โลก และอวกาศ เรียนรู้เกี่ยวกับ องค์ประกอบของเอกภพ ปฏิสัมพันธ์ภายในระบบสุริยะ เทคโนโลยีอวกาศ ระบบโลก การเปลี่ยนแปลงทางธรณีวิทยา กระบวนการเปลี่ยนแปลงลมฟ้าอากาศ และผลต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม

1.1.4 เทคโนโลยี

1) การออกแบบและเทคโนโลยี เรียนรู้เกี่ยวกับเทคโนโลยีเพื่อการดำรงชีวิตในสังคมที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว ใช้ความรู้และทักษะทางด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และศาสตร์อื่น ๆ เพื่อแก้ปัญหาหรือพัฒนางานอย่างมีความคิดสร้างสรรค์ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เลือกใช้เทคโนโลยีอย่างเหมาะสม โดยคำนึงถึงผลกระทบต่อชีวิต สังคม และสิ่งแวดล้อม

2) วิทยาการคำนวณ เรียนรู้เกี่ยวกับการคิดเชิงคำนวณ การคิดวิเคราะห์ แก้ปัญหาเป็นขั้นตอนและเป็นระบบ ประยุกต์ใช้ความรู้ด้านวิทยาการคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารในการแก้ปัญหาที่พบในชีวิตจริงได้อย่างมีประสิทธิภาพ

1.2 วัตถุประสงค์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1-3

1.2.1 เข้าใจลักษณะและองค์ประกอบที่สำคัญของเซลล์สิ่งมีชีวิต ความสัมพันธ์ของการทำงานของระบบต่าง ๆ ในร่างกายมนุษย์ การดำรงชีวิตของพืช การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม การเปลี่ยนแปลงของยีนหรือโครโมโซม และตัวอย่างโรคที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงทางพันธุกรรม ประโยชน์และผลกระทบของสิ่งมีชีวิตดัดแปรพันธุกรรม ความหลากหลายทางชีวภาพ ปฏิสัมพันธ์ขององค์ประกอบของระบบนิเวศ และการถ่ายทอดพลังงานในสิ่งมีชีวิต

1.2.2 เข้าใจองค์ประกอบและสมบัติของธาตุ สารละลาย สารบริสุทธิ์ สารผสม หลักการแยกสารการเปลี่ยนแปลงของสารในรูปแบบของการเปลี่ยนสถานะ การเกิดสารละลาย และการเกิดปฏิกิริยาเคมีและสมบัติทางกายภาพและการใช้ประโยชน์ของวัสดุประเภทพอลิเมอร์ เซรามิก และวัสดุผสม

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

1.2.4 เข้าใจสมบัติของคลื่น และลักษณะของคลื่นแบบต่าง ๆ แสง การสะท้อน การหักเหของแสงและทัศนอุปกรณ์

1.2.5 เข้าใจการโคจรของดาวเคราะห์รอบดวงอาทิตย์ การเกิดฤดู การเคลื่อนที่ปรากฏของดวงอาทิตย์การเกิดข้างขึ้นข้างแรม การขึ้นและตกของดวงจันทร์ การเกิดน้ำขึ้นน้ำลง ประโยชน์ของเทคโนโลยีอวกาศและความก้าวหน้าของโครงการสำรวจอวกาศ

1.2.6 เข้าใจลักษณะของชั้นบรรยากาศ องค์ประกอบและปัจจัยที่มีต่อลมฟ้าอากาศ การเกิดและผลกระทบของพายุฟ้าคะนอง พายุหมุนเขตร้อน การพยากรณ์อากาศ สถานการณ์การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศโลก กระบวนการเกิดเชื้อเพลิงซากดึกดำบรรพ์และการใช้ประโยชน์ พลังงานทดแทนและการใช้ประโยชน์ ลักษณะโครงสร้างภายในโลก กระบวนการเปลี่ยนแปลงทางธรณีวิทยาบนผิวโลก ลักษณะชั้นหน้าตัดดิน กระบวนการเกิดดิน แหล่งน้ำผิวดิน แหล่งน้ำใต้ดิน กระบวนการเกิดและผลกระทบของภัยธรรมชาติและธรณีพิบัติภัย

1.2.7 เข้าใจแนวคิดหลักของเทคโนโลยี ได้แก่ ระบบทางเทคโนโลยี การเปลี่ยนแปลงของเทคโนโลยี ความสัมพันธ์ระหว่างเทคโนโลยีกับศาสตร์อื่น โดยเฉพาะวิทยาศาสตร์ หรือคณิตศาสตร์ วิเคราะห์ เปรียบเทียบและตัดสินใจเพื่อเลือกใช้เทคโนโลยี โดยคำนึงถึงผลกระทบต่อชีวิต สังคม และสิ่งแวดล้อม ประยุกต์ใช้ความรู้ ทักษะ และทรัพยากรเพื่อออกแบบและสร้างผลงานสำหรับการแก้ปัญหาในชีวิตประจำวันหรือการประกอบอาชีพโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม รวมทั้งเลือกใช้วัสดุ อุปกรณ์ และเครื่องมือได้อย่างถูกต้อง เหมาะสม ปลอดภัย รวมทั้งคำนึงถึงทรัพย์สินทางปัญญา

1.2.8 นำข้อมูลปฐมภูมิเข้าสู่ระบบคอมพิวเตอร์ วิเคราะห์ ประเมิน นำเสนอข้อมูลและสารสนเทศได้ตามวัตถุประสงค์ ใช้ทักษะการคิดเชิงคำนวณในการแก้ปัญหาที่พบในชีวิตจริง และเขียนโปรแกรมอย่างง่ายเพื่อช่วยในการแก้ปัญหา ใช้เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารอย่างรู้เท่าทันและรับผิดชอบต่อสังคม

1.2.9 ตั้งคำถามหรือกำหนดปัญหาที่เชื่อมโยงกับพยานหลักฐานหรือหลักการทางวิทยาศาสตร์ ที่มีการกำหนดและควบคุมตัวแปร คิดคาดคะเนคำตอบหลายแนวทาง สร้างสมมติฐานที่สามารถนำไปสู่การสำรวจ ตรวจสอบ ออกแบบและลงมือสำรวจตรวจสอบโดยใช้วัสดุและเครื่องมือที่เหมาะสม เลือกใช้เครื่องมือและเทคโนโลยีสารสนเทศที่เหมาะสมในการเก็บรวบรวมข้อมูล ทั้งในเชิงปริมาณและคุณภาพที่ได้ผลเที่ยงตรงและปลอดภัย

1.2.10 วิเคราะห์และประเมินความสอดคล้องของข้อมูลที่ได้จากการสำรวจตรวจสอบจากพยานหลักฐาน โดยใช้ความรู้และหลักการทางวิทยาศาสตร์ในการแปลความหมายและลงข้อสรุปและสื่อสารความคิด ความรู้ จากผลการสำรวจตรวจสอบหลากหลายรูปแบบ หรือใช้เทคโนโลยีสารสนเทศเพื่อให้ผู้อื่นเข้าใจได้อย่างเหมาะสม

1.2.11 แสดงถึงความสนใจ มุ่งมั่น รับผิดชอบ รอบคอบ และซื่อสัตย์ ในสิ่งที่จะเรียนรู้ มีความคิดสร้างสรรค์เกี่ยวกับเรื่องที่จะศึกษาตามความสนใจของตนเอง โดยใช้เครื่องมือและวิธีการที่ให้ได้ผลถูกต้อง เชื่อถือได้ ศึกษาค้นคว้าเพิ่มเติมจากแหล่งความรู้ต่าง ๆ แสดงความคิดเห็นของตนเอง รับฟังความคิดเห็นผู้อื่น และยอมรับการเปลี่ยนแปลงความรู้ที่ค้นพบเมื่อมีข้อมูลและประจักษ์พยานใหม่เพิ่มขึ้นหรือแย้งจากเดิม

1.3 หลักสูตรสถานศึกษากลุ่มสาระวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาตอนต้นโรงเรียนนคร-ขอนแก่น

โรงเรียนนครขอนแก่นได้ออกแบบหลักสูตรการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ตามแนวทางของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2560) โดยมุ่งหวังให้ผู้เรียนได้เรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่เน้นการเชื่อมโยงความรู้กับกระบวนการ มีทักษะสำคัญในการค้นคว้าและสร้างองค์ความรู้ โดยใช้กระบวนการในการสืบเสาะหาความรู้ และแก้ปัญหาที่หลากหลาย ให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการเรียนรู้

ทุกขั้นตอน มีการทำกิจกรรมด้วยการลงมือปฏิบัติจริงอย่างหลากหลาย เหมาะสมกับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ดังนี้

ศึกษาความรู้เกี่ยวกับสารรอบตัว สมบัติของสาร การจำแนกสารด้วยสถานะ เนื้อสาร และจำแนกด้วยขนาด อนุภาคของสาร การเปลี่ยนแปลงของสาร สารบริสุทธิ์และสารผสม สมบัติของสารบริสุทธิ์และสารผสม การใช้ ความรู้ทางเคมีให้เป็นประโยชน์ต่อการเลือกใช้สารเคมีในชีวิตประจำวันได้อย่างเหมาะสมและปลอดภัย การศึกษาชีววิทยาโดยอาศัยวิธีการทางวิทยาศาสตร์ศึกษาประเภท โครงสร้างและหน้าที่ของส่วนประกอบ ภายในเซลล์สิ่งมีชีวิตด้วยกล้องจุลทรรศน์ศึกษากระบวนการลำเลียงสารเข้าและออกจากเซลล์ด้วยวิธีการแพร่ และการออสโมซิส ศึกษาการดำรงชีวิตของพืช กระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืช การลำเลียงสารในพืช การเจริญเติบโตของพืช การสืบพันธุ์ของพืช และเทคโนโลยีชีวภาพของพืช โดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์และทักษะในศตวรรษที่ 21 การสังเกต การสำรวจตรวจสอบ การสืบค้นข้อมูล การทดลอง การอภิปราย การสร้างความคิดรวบยอด การฝึกปฏิบัติ การทำงานกลุ่ม การเสริมสร้างค่านิยม การสื่อความ การนำเสนอผลงาน และการตั้งคำถาม

เพื่อให้รักการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เกิดความรู้ ความคิด ความเข้าใจ มีจิตวิทยาศาสตร์ จริยธรรม คุณธรรม ค่านิยมที่พึงประสงค์ สามารถสื่อสารสิ่งที่เรียนรู้ มีใจรักสิ่งแวดล้อม เกิดทักษะในการดำรงชีวิตตามวิถีและวัฒนธรรมของท้องถิ่นได้อย่างถูกต้องและเหมาะสมตามหลักปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียง

มีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ (science process skill) ว่าประกอบด้วย 14 ทักษะ แบ่งออกเป็น 2 ระดับ คือ ระดับทักษะพื้นฐาน และระดับทักษะขั้นสูง ดังต่อไปนี้

ระดับทักษะพื้นฐาน มี 8 ทักษะ ดังนี้

1) ทักษการสังเกต
2) ทักษะการวัด
3) ทักษะการจำแนก
4) ทักษะการหาความสัมพันธ์
5) ทักษะการคำนวณ
6) ทักษะการสื่อความหมาย
7) ทักษะการลงความคิดเห็น
8) ทักษะการพยากรณ์

และระดับทักษะขั้นสูง มี 6 ทักษะ ดังนี้

1) ทักษะการตั้งสมมติฐาน
2) ทักษะการกำหนดนิยาม
3) ทักษะการกำหนดควบคุมตัวแปร

4) ทักษะการทดลอง

5) ทักษะการตีความหมายและสรุปผล

6) ทักษะการสร้างแบบจำลอง

เจตคติทางวิทยาศาสตร์ประกอบด้วย

1) ความสนใจใฝ่รู้หรือความอยากรู้อยากเห็น

2) ความรับผิดชอบ ความมุ่งมั่น อดทน และเพียรพยายาม

3) ความมีเหตุผล

4) ความมีระเบียบและรอบคอบ

5) ความซื่อสัตย์

6) ความใจกว้าง ร่วมแสดงความคิดเห็นและรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น

โดยกำหนดโครงสร้างรายวิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ไว้ดังนี้

โครงสร้างรายวิชาชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1

รหัสวิชา ว21101และ ว21102 เวลา 120 ชั่วโมง / ปี

ตารางที่ 2.1 โครงสร้างรายวิชาวิทยาศาสตร์ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนนครขอนแก่น ปีการศึกษา 2566

ลำดับที่	ชื่อหน่วยการเรียนรู้	มาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัด	สาระสำคัญ	เวลา (ชั่วโมง)
1	เรียนรู้วิทยาศาสตร์อย่างไร	-	- ความสำคัญและความหมายของวิทยาศาสตร์ - กระบวนการทำงานของนักวิทยาศาสตร์ - ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์	6
2	สารบริสุทธิ์	ว 2.1 ม.1/1, ม.1/4, ม.1/5, ม.1/6, ม.1/7, ม.1/8	- สารบริสุทธิ์และสารผสม - จุดเดือดของสารบริสุทธิ์และสารผสม - จุดหลอมเหลวของสารบริสุทธิ์และสารผสม - ความหนาแน่นของสารบริสุทธิ์และสารผสม - การจำแนกประเภทสารบริสุทธ์ - ธาตุและสารประกอบ - โครงสร้างอะตอม - การจำแนกธาตุและการใช้ประโยชน์	20

ตารางที่ 2.1 (ต่อ)

ลำดับที่	ชื่อหน่วยการเรียนรู้	มาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัด	สาระสำคัญ	เวลา (ชั่วโมง)
3	หน่วยพื้นฐานของสิ่งมีชีวิต	ว 1.2 ม.1/1, ม.1/2, ม.1/3, ม.1/4, ม.1/5	- โลกใต้กล้องจุลทรรศน์ - การศึกษาเซลล์ด้วยกล้องจุลทรรศน์ - โครงสร้างและหน้าที่ของเซลล์ - เซลล์ - การแพร่ - ออสโมซิส	12
4	การดำรงชีวิตของพืช	ว 1.2 ม.1/6, ม.1/7, ม.1/8, ม.1/9, ม.1/10, ม.1/11, ม.1/12, ม.1/13, ม.1/14, ม.1/15, ม.1/16, ม.1/17, ม.1/18	- พืชดอก - การสืบพันธุ์แบบอาศัยพืชดอกเพศและไม่อาศัยเพศของพืชดอก - การขยายพันธุ์พืชดอก - ผลของพืช - ปัจจัยการสังเคราะห์ด้วยแสง - ผลผลิตของการสังเคราะห์ด้วยแสง - อาหารของเรา - การลำเลียงในพืช - ธาตุอาหารของพืช - ผลผลิตของพืช	20
5	พลังงานความร้อน	- ว 2.1 ม.1/9 - ว 2.3 ม.1/1, ม.1/2, ม.1/3, ม.1/4, ม.1/5, ม.1/6	- แบบจำลองอนุภาคของสารในแต่ละสถานะ - ความร้อนกับการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของสสาร - ความร้อนกับการขยายตัวและหดตัวของสสาร - ความร้อนกับการเปลี่ยนสถานะของสสาร - การถ่ายโอนความร้อนในชีวิตประจำวัน - การถ่ายโอนความร้อนผ่านของแข็ง	30

ตารางที่ 2.1 (ต่อ)

ลำดับที่	ชื่อหน่วยการเรียนรู้	มาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัด	สาระสำคัญ	เวลา (ชั่วโมง)
			- การถ่ายโอนความร้อนของของเหลวและแก๊ส - การถ่ายโอนความร้อนโดยไม่อาศัยตัวกลาง - สมดุลความร้อน	
6	กระบวนการเปลี่ยนแปลงลมฟ้าอากาศ	ว 2.2 ม.1/1 ว 3.2 ม.1/1, ม.1/2, ม.1/3, ม.1/4, ม.1/6	- บรรยากาศของเรา - อุณหภูมิอากาศ - ความกดอากาศและลม - ความชื้น - เมฆและฝน - การพยากรณ์อากาศ - พายุ - การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศโลก	32
			รวม	**120**

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้เลือกใช้เนื้อหาหน่วยการเรียนรู้ที่ 2 สารบริสุทธิ์ จำนวน 20 ชั่วโมง มาใช้ออกแบบการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เนื่องจากเนื้อหาเรื่อง สารบริสุทธิ์ เป็นเนื้อหาวิชาเคมี ซึ่งมีความเป็นนามธรรม ยากต่อการทำความเข้าใจ ซึ่งมีความเหมาะสมกับการใช้การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เพราะสามารถเปลี่ยนความรู้ที่เป็นนามธรรมให้เป็นรูปธรรมได้

2. การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

2.1 ความหมายและความเป็นมาของการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

2.1.1 ความหมายของการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

ชาตรี ฝ่ายคำตา และภรทิพย์ สุภัทรชัยวงศ์ (2557) ได้กล่าวสรุปเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานไว้ว่า วิธีการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานถือว่าเป็นวิถีที่ให้ผู้เรียนได้สร้างหรือปรับปรุงแบบจำลอง กระตุ้นให้ผู้เรียนคิดหาแบบจำลองมาประกอบการอธิบาย

สิ่งต่าง ๆ ได้ปรับปรุงแบบจำลอง เมื่อแบบจำลองไม่สามารถนำมาใช้เป็นตัวแทนในการอธิบาย เพื่อให้ผู้เรียนได้ฝึกการปฏิบัติหรือคิดอย่างนักวิทยาศาสตร์

Gobert and Buckley (2010) ได้สรุปความหมายเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานไว้ว่า เป็นกระบวนการสร้างแบบจำลองทางความคิดที่เกิดขึ้นทั้งในระดับบุคคลและระดับกลุ่ม โดยอาศัยปัจจัยร่วมกัน ได้แก่ ข้อมูลจากแหล่งข้อมูลต่าง ๆ กิจกรรมการเรียนรู้และกระบวนการจัดการเรียนรู้

จากการศึกษาสามารถสรุปได้ว่าการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน (Model-based Learning) หมายถึง การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่เน้นให้ผู้เรียนได้เรียนรู้เนื้อหาสาระจากการสร้าง ใช้งานปรับปรุงและขยายแบบจำลอง เพื่อใช้แบบจำลองเป็นตัวแทนทางความคิดประกอบการอธิบายปรากฏการณ์

2.1.2 ความเป็นมาของการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

การจัดการเรียนรู้โดยใช้ลำดับขั้นการเรียนการสอนที่เน้นแบบจำลองเป็นศูนย์กลาง (Model-centered instruction sequence: MIS) เป็นการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นศูนย์กลางรูปแบบหนึ่งที่เปิดโอกาสให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติ และสำรวจตรวจสอบความรู้ด้วยตนเอง พัฒนาขึ้นโดยมหาวิทยาลัยมิชิแกนจากโครงการที่มีชื่อว่า โครงการออกแบบจำลองเพื่อการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (Modeling designs for learningscience หรือ MoDeLS project) มีวัตถุประสงค์ 3 ข้อ คือ 1) เพื่อให้นักเรียนได้มีส่วนร่วมในการปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์ ได้แก่ สำรวจตรวจสอบ ปรึกษาหารือ ประเมินโดยสมาชิกในกลุ่ม โต้แย้งเพื่อลงมติสร้างแบบจำลอง และให้เหตุผลด้วยแบบจำลอง 2) เพื่อให้นักเรียนสร้างแบบจำลองที่แสดงการตั้งสมมติฐาน การให้เหตุผล และปรับปรุงแบบจำลองเพื่อสะท้อนความเข้าใจที่เพิ่มขึ้น และ 3) เพื่อให้นักเรียนได้เรียนรู้การได้มาของความรู้ทางวิทยาศาสตร์และสะท้อนความรู้ความเข้าใจของนักเรียนในขณะที่สร้างแบบจำลอง (Baek et al., 2010) เพื่อตอบสนองความต้องการในการสื่อความหมายของปรากฏการณ์ทางเคมี ซึ่งนักเคมีเชื่อว่า การใช้และสร้างแบบจำลองขึ้นมาเพื่ออธิบายข้อมูล ทำนายเหตุการณ์ และช่วยสร้างความเข้าใจเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงทางเคมี (Justi and Gilbert, 2002) แบบจำลองจะจำลองการเปลี่ยนแปลงระดับจุลภาคให้เรามองเห็นในระดับโมเลกุลเพื่อใช้อธิบายการเปลี่ยนแปลง ในระดับมหภาคแบบจำลองใช้สำหรับทำสิ่งที่เป็นนามธรรมให้สามารถมองเห็นได้ชัดเจนขึ้นเป็นรูปเป็นร่างที่เข้าใจได้มากขึ้น (Francoeur, 1997) โดยนักเคมีใช้แบบจำลองเป็นตัวแทนของความคิดหรือโครงสร้างทางความคิดที่อยู่ภายในสมองของตน ซึ่งมีลักษณะเฉพาะตัวหรือที่เรียกว่าแบบจำลองทางความคิด (Norman, 1983)

2.2 แนวคิดทฤษฎีที่เกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

การศึกษาการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน มีความเกี่ยวข้องกับการใช้ความรู้เดิมประเมินร่วมกับความรู้และประสบการณ์ใหม่ที่ได้รับผ่านกระบวนการทางปัญญาเพื่อสร้างแบบจำลองที่

มีความสอดคล้องกับหลักการและแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ จึงมีความสอดคล้องตามทฤษฎีการสร้างความรู้ (constructivism) เน้นพัฒนาการทางสติปัญญาที่เสนอโดยPiaget (Piaget's theory of cognitive development) และมีความสอดคล้องกับทฤษฎีการสร้างความรู้เชิงสังคม (social constructivism) ที่นำเสนอโดยVygotsky ที่กล่าวว่า กระบวนการทางสังคมจะช่วยให้นักเรียนปรับเปลี่ยนแบบจำลองทางความคิด ซึ่งเน้นการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ที่อาศัยกระบวนการทางสังคมในการร่วมกันสร้าง (co-construction) กล่าวคือการมีปฏิสัมพันธ์ระหว่างครูกับนักเรียน และนักเรียนกับนักเรียน ดังนั้นในงานวิจัยนี้จะกล่าวถึงทฤษฎีที่สนับสนุนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน 2 ทฤษฎี คือ 1) ทฤษฎีการสร้างความรู้ 2) ทฤษฎีการสร้างความรู้เชิงสังคม ที่นำเสนอโดย Vygotsky ดังนี้

2.2.1 ทฤษฎีการสร้างความรู้

ทิศนา แขมมณี (2560) กล่าวถึงทฤษฎีการสร้างความรู้ว่า บุคคลสามารถเรียนรู้ได้โดยการมีปฏิสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อมด้วยวิธีการที่ต่างกันโดยอาศัยประสบการณ์เดิมหรือโครงสร้างทางปัญญาที่มีอยู่ โดยการเรียนรู้จะเกิดขึ้นตามบริบทที่บุคคลได้รับประสบการณ์ในสถานการณ์ต่าง ๆ ซึ่งบุคคลนั้นจะเข้าใจอย่างถ่องแท้ก็ต่อเมื่อเขารู้จักสิ่งนั้นด้วยตนเองและจะต้องจัดกระทำกับข้อมูลใหม่ด้วยความรู้ที่มีอยู่ ถ้าข้อมูลใหม่เกิดความขัดแย้งขึ้นในใจและจะพยายามหาทางแก้ไขโดยการสร้างความเข้าใจเป็นความรู้ใหม่ จากทฤษฎีดังกล่าว นักการศึกษาจึงระบุองค์ประกอบที่สำคัญในการสร้างความรู้ไว้ 3 องค์ประกอบ คือ 1) โครงสร้างทางปัญญาหรือความรู้เดิม 2) กระบวนการทางปัญญา และ3) ข้อมูลใหม่หรือประสบการณ์ใหม่ ดังนี้

องค์ประกอบที่ 1 โครงสร้างทางปัญญาหรือความรู้เดิม โครงสร้างทางปัญญาเป็นที่เก็บข้อมูลที่มีความเชื่อมโยงกัน เกิดจากการนำข้อมูลมาจัดใหม่ให้เป็นระบบที่มีความหมาย หรืออาจจะหมายถึงลำดับขั้นตอนที่ถูกจัดระเบียบมาเป็นอย่างดีของมโนมติ ทักษะ หรือเหตุการณ์ ในการเรียนรู้เราจะใช้โครงสร้างทางปัญญาในขณะที่เรามีปฏิสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อม โครงสร้างทางปัญญาจะช่วยให้เราเข้าใจข้อมูลหรือบอกได้ว่าอะไรจะเกิดขึ้นในสถานการณ์นั้น นอกจากนี้ยังช่วยในการเรียนรู้เรื่องใหม่ เมื่อนักเรียนได้รับข้อมูลเขาจะพยายามนำข้อมูลใหม่ให้เข้าไปในโครงสร้างทางปัญญาที่มีอยู่ก่อน

องค์ประกอบที่ 2 กระบวนการทางปัญญา Piagetได้อธิบายว่า กระบวนการทางปัญญาเป็นกระบวนการจัดกระทำกับข้อมูลในสมองของนักเรียนเมื่อข้อมูลจากสิ่งแวดล้อมเข้าสู่สมองแล้วจะเกิดการเปลี่ยนแปลงระบบภายในเพื่อทำความเข้าใจหรือทำให้เข้ากับสิ่งแวดล้อมการเปลี่ยนแปลงนี้เรียกว่า การปรับตัว (adaptation) ซึ่งประกอบด้วย 2 กระบวนการ คือ 1) กระบวนการดูดซึม (assimilation) เป็นการคัดกรองข้อมูลใหม่หรือความรู้ใหม่เข้าไป เก็บรวมกับความรู้เดิมที่มีอยู่ในโครงสร้างทางปัญญา นักเรียนจะใช้กระบวนการนี้เมื่อความรู้ใหม่ไม่แตกต่างจากความรู้เดิมมากนัก 2) กระบวนการปรับสภาวะ (accommodation) เป็นการปรับหรือเปลี่ยนแปลงความเข้าใจที่เคยมีอยู่แล้วให้เข้ากับข้อมูลใหม่ นักเรียนจะใช้กระบวนการนี้เมื่อไม่สามารถใช้กระบวนการดูดซึม เนื่องจากข้อมูลใหม่ไม่มีความใกล้เคียงหรือสัมพันธ์

กับความรู้เดิม จึงจำเป็นต้องปรับความรู้ความเข้าใจเรื่องเดิมให้เข้ากับความรู้ใหม่ แล้วจัดเก็บในโครงสร้างทางปัญญา การปรับตัวเป็นการสร้างความสมดุลระหว่างกระบวนการดูดซึม และกระบวนการปรับสภาวะในการเรียนรู้นักเรียนใช้กระบวนการทั้งสองในลักษณะที่ต่างกัน เมื่อนักเรียนพบสิ่งที่เคยรู้จัก หรือมีความรู้จะใช้กระบวนการดูดซึม คือนำโครงสร้างทางปัญญาที่มีมาใช้ทำความเข้าใจสิ่งที่พบ แล้วนำสิ่งที่พบนั้นเข้าไปเพิ่มในโครงสร้างทางปัญญา ทำให้โครงสร้างทางปัญญาขยายใหญ่ขึ้น แต่ถ้านักเรียนพบสิ่งที่ไม่เคยรู้จักจะเกิดความสงสัยเรียกว่า เกิดสภาวะไม่สมดุล (disequilibrium) นักเรียนจะใช้กระบวนการปรับสภาวะปรับโครงสร้างทางปัญญาที่มีให้เข้ากับสิ่งที่พบใหม่ ทำให้เกิดสภาวะสมดุล (equilibrium) เมื่อนักเรียนเข้าใจสิ่งที่พบใหม่ นำสิ่งที่พบไปเก็บไว้ในโครงสร้างทางปัญญาที่ถูกปรับแล้ว กระบวนการที่มีความต่อเนื่องเหล่านี้ทำให้สติปัญญามีการเติบโตสู่ระดับที่สูงขึ้น

องค์ประกอบที่ 3 ข้อมูลใหม่หรือประสบการณ์ใหม่ เป็นข้อมูลที่อยู่ในสิ่งแวดล้อมรอบตัวในทางการศึกษา หมายถึงหลักสูตรหรือเนื้อหาที่ครูนำมาสอน เพื่อให้ผู้เรียนมีการพัฒนาการด้านร่างกาย สติปัญญา อารมณ์ และสังคม

หลักการสำคัญของทฤษฎีการสร้างความรู้ด้วยตนเอง ประกอบด้วย

1) ผู้เรียนเป็นผู้สร้าง (construct) ความรู้จากความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งที่พบเห็นกับความรู้ความเข้าใจที่มีอยู่เดิมโดยใช้กระบวนการทางปัญญา (cognitive Apparatus) ของตน

2) การเรียนรู้ตามทฤษฎีการสร้างความรู้ (constructivism) โดยโครงสร้างทางปัญญาเป็นผลของความพยายามทางความคิด ผู้เรียนสร้างเสริมความรู้ผ่านกระบวนการทางจิตวิทยาด้วยตนเอง ผู้สอนไม่สามารถปรับเปลี่ยนโครงสร้างทางปัญญาของผู้เรียนได้ แต่ผู้สอนสามารถช่วยผู้เรียนปรับเปลี่ยนโครงสร้างทางปัญญาได้โดยจัดสภาพทำให้เกิดภาวะไม่สมดุลขึ้น

3) การที่ผู้เรียนไม่ได้รับเอาข้อมูลและเก็บข้อมูลความรู้นั้นมาเป็นของตนทันทีแต่จะแปลความหมายของข้อมูลความรู้เหล่านั้น โดยประสบการณ์ของตนและเสริมขยายและทดสอบการแปลความหมายของตนด้วย

4) การเรียนรู้เกิดขึ้นได้จากการที่แต่ละบุคคลได้สร้างความรู้ขึ้นและทำให้สำเร็จโดยผ่านกระบวนการของความสมดุล ซึ่งกลไกของความสมดุลเป็นการปรับตัวของตนเองให้เข้ากับสิ่งแวดล้อมเพื่อให้อยู่ในสภาพสมดุลที่ประกอบด้วยกระบวนการ 2 ประการคือ 1) การซึมซับหรือดูดซับ (assimilation) เป็นกระบวนการที่มนุษย์มีปฏิสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อมและซึมซับหรือดูดซับเอาประสบการณ์ใหม่เข้าสู่ประสบการณ์เดิมที่เหมือนหรือคล้ายคลึงกัน โดยสมองจะปรับเอาประสบการณ์ใหม่เข้ากับความคิด ความรู้ในโครงสร้างที่เกิดจากการเรียนรู้เดิมที่มีอยู่ 2) การปรับโครงสร้างทางปัญญา (accommodation) เป็นกระบวนการที่ต่อเนื่องมากจากกระบวนการซึมซับหรือดูดซับ คือเมื่อได้ซึมซับเอาประสบการณ์ใหม่เข้าไปในโครงสร้างเดิมแล้วก็จะทำการปรับประสบการณ์ใหม่ให้เข้ากับโครงสร้างของ

ความรู้เดิมที่มีอยู่ในสมองก่อนแล้ว แต่ถ้าเข้ากันไม่ได้ก็จะทำการสร้างโครงสร้างใหม่ขึ้นมาเพื่อรับประสบการณ์ใหม่นั้น (ทิศนา แขมมณี, 2563)

การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน มีความสอดคล้องกับทฤษฎีการสร้างความรู้ตรงที่เน้นให้นักเรียนสร้างแบบจำลองทางความคิดของนักเรียนออกมา ซึ่งมีความเกี่ยวข้องกับการใช้ความรู้และความคิดเดิมเพื่อสร้างแบบจำลอง มนุษย์สร้างแบบจำลองหรือแบบจำลองทางความคิดบนพื้นฐานของความรู้เดิม และสามารถดูดซึมหรือยอมรับข้อมูลและความรู้ใหม่ โดยแบบจำลองทางความคิดที่สร้างขึ้นนั้นจะนำไปใช้และทดสอบในสถานการณ์ใหม่ และยังคงใช้แบบจำลองทางความคิดไว้พิจารณาต่ออยู่ในช่วงเวลาหนึ่ง นอกจากนี้การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานนั้น นักเรียนต้องสร้างความเข้าใจด้วยการสร้างแบบจำลองทางความคิดบนพื้นฐานของความรู้เดิม และนำข้อมูลหรือความรู้ใหม่ที่ได้รับไปเชื่อมโยงกับโครงสร้างความรู้ที่ตนมีอยู่ หากนักเรียนพบว่าความรู้เดิม (แบบจำลองทางความคิด) เดิมของนักเรียนกับความรู้และประสบการณ์ใหม่มีความเหมือนหรือคล้ายคลึงกัน สมองจะปรับเอาประสบการณ์ใหม่เข้ากับความคิด เรียกกระบวนการนี้ว่า กระบวนการดูดซึม (assimilation) แต่เมื่อนักเรียนประเมินแบบจำลอง พบว่าข้อมูลใหม่และความรู้ใหม่นี้ไม่มีความสัมพันธ์กับความรู้เดิม (แบบจำลองทางความคิดเดิม) จะเกิดความขัดแย้งทางปัญญาเรียกว่า เกิดสภาวะไม่สมดุล (disequilibrium) นักเรียนอาจจะปรับเปลี่ยนแบบจำลองหรือสร้างแบบจำลองขึ้นมาใหม่โดยการเพิ่มเติม ตัดออก หรือปรับเปลี่ยนลักษณะและความสัมพันธ์ในแบบจำลองทางความคิด จนนักเรียนเกิดการปรับโครงสร้างทางปัญญา (accommodation) ให้กลับสู่ภาวะสมดุล (equilibrium) เมื่อนักเรียนเข้าใจสิ่งที่พบใหม่นำสิ่งที่พบไปเก็บไว้ในโครงสร้างทางปัญญาที่ถูกปรับแล้ว ก่อให้เกิดการเรียนรู้อย่างมีความหมายกระบวนการที่มีความต่อเนื่องเหล่านี้ทำให้สติปัญญามีการพัฒนาสู่ระดับที่สูงขึ้น จึงทำให้การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานมีความสอดคล้องตามทฤษฎีคอนสตรักติวิสต์ที่เน้นพัฒนาการทางสติปัญญาที่เสนอโดยPiaget

2.2.2 ทฤษฎีการสร้างความรู้เชิงสังคม ที่นำเสนอโดย Vygotsky

ทฤษฎีการสร้างความรู้เชิงสังคม เป็นแนวคิดในการเรียนรู้ที่คิดค้นโดย Vygotsky’s ซึ่งเชื่อว่าการมีปฏิสัมพันธ์ต่อสังคม เครื่องมือทางวัฒนธรรม และกิจกรรมทางสังคมมีอิทธิพลต่อการพัฒนาและเรียนรู้ ผู้เรียนทุกคนมีระดับพัฒนาการทางสติปัญญาที่ตนเป็นอยู่ และมีระดับพัฒนาการที่ตนจะมีศักยภาพจะไปให้ถึงช่วงห่างระหว่างระดับที่ผู้เรียนเป็นอยู่ในปัจจุบัน กับระดับที่ผู้เรียนจะมีศักยภาพพัฒนาไปถึงนี้เองที่เรียกว่า zone of proximal development (ทิศนา แขมมณี, 2560) ซึ่งระดับของช่วงห่างนี้มักจะมีความแตกต่างกันในแต่ละบุคคล บางคนมีระดับสติปัญญาอยู่เหนือระดับ บางคนมีอยู่ตามระดับ บางคนอยู่ต่ำกว่าระดับ ซึ่งเป็นหน้าที่ที่ผู้สอนจะต้องพยายามทำให้ผู้เรียนสามารถพัฒนาระดับสติปัญญาของตนเองไปสู่ขั้นสูงสุดเท่าที่ตนเองจะกระทำได้ ผู้เรียนจะสามารถสร้างความรู้ด้วยตนเองโดยผ่านการมีปฏิสัมพันธ์ทางสังคมร่วมกับผู้อื่นไม่ว่าจะเป็นเพื่อน ครู หรือพ่อแม่ รวมไปถึงบุคคลอื่น ๆ ในสังคม และวัฒนธรรมโดยแนวคิดหลักของทฤษฎีการเรียนรู้กลุ่มนี้ คือผู้สอนจะต้องใช้เทคนิคต่าง ๆ ออกแบบการสอน

เพื่อให้ผู้เรียนมีปฏิสัมพันธ์กับบุคคลอื่น เช่น การทำงานเป็นทีม การทำโครงงาน เป็นต้น หลักการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดกลุ่มสังคมนิยมได้นำเสนอหลักในออกแบบการจัดการเรียนรู้ตามทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองเชิงสังคมว่ามีองค์ประกอบอยู่ 6 ประการ ที่จะต้องคำนึงถึง ได้แก่

1) การเรียนรู้อย่างมีปฏิสัมพันธ์ (interactive learning) โดยผู้เรียนจะต้องมีปฏิสัมพันธ์กับผู้สอนและผู้เรียนด้วยกัน กรอบการปฏิสัมพันธ์ที่ช่วยสนับสนุนการเรียนรู้ไว้ 3 ประการ ได้แก่ 1) การปฏิสัมพันธ์ในตนเอง 2) การปฏิสัมพันธ์ระหว่างผู้เรียนและผู้อื่น และผู้เรียนกับเนื้อหาสาระ 3) การปฏิสัมพันธ์ระหว่างการสอนกับผู้เรียนซึ่งแนวคิดโซเชียลคอนสตรัคติวิสต์จะให้ความสำคัญกับการปฏิสัมพันธ์กับสังคมมากที่สุด

2) การเรียนรู้ร่วมกัน (collaborative learning) ผู้เรียนจะต้องมีการร่วมกันสร้างความรู้ใหม่ ๆ จากการนำเสนอและแลกเปลี่ยนความคิดทางสังคมได้ให้ ความเห็นว่าการจัดสภาพแวดล้อมแบบเรียนรู้ร่วมกันมีความเอื้อต่อตามแนวคิดโซเชียลคอนสตรัคติวิสต์และนำไปสู่ผลสำเร็จทางการเรียนรู้ของนิสิตได้

3) การอำนวยความสะดวกในการเรียนรู้ (facilitating learning) ผู้สอนเป็นผู้สร้างสภาพแวดล้อมในการเรียนแบบแบ่งปันประสบการณ์ Murphy et al., (2005) ได้กล่าวถึงหน้าที่ของผู้สอนในการอำนวยความสะดวกไว้ 3 ระดับ ได้แก่ 1) ผู้สอนให้คำแนะนำแก่ผู้เรียนเพื่อพัฒนาทักษะทางกระบวนความคิด 2) เฝ้าติดตามผู้เรียนในการพัฒนาทักษะที่ใช้ในการดำเนินงานที่ได้รับมอบหมาย 3) อำนวยความสะดวกต่าง ๆ ในการดำเนินกิจกรรมการเรียนรู้

4) การเรียนรู้จากเรื่องจริง (authentic learning) กิจกรรมในการเรียนรู้จะต้องเชื่อมโยงกับสถานการณ์ในชีวิตจริง โดยผู้สอนอาจตั้งหัวข้อที่จะให้ผู้เรียนค้นคว้ามาโดยนำเอาสถานการณ์ในชีวิตจริงมากำหนด

5) การเรียนรู้โดยมีผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง (student-centered learning) ให้ผู้เรียนได้ใช้ความรู้จากการศึกษาส่วนบุคคลและประสบการณ์ที่ตนมีอยู่ เช่น การเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นหลัก ซึ่งผู้เรียนจะได้มีโอกาสในการศึกษาค้นคว้าลงมือปฏิบัติกิจกรรมตามความสนใจ ความถนัดและความสามารถของตนเอง

6) การเรียนคุณภาพสูง (high quality learning) เป็นการผลักดันให้ผู้เรียนใช้ทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณ (critical thinking) ในเนื้อหาบทเรียนและผลกระทบที่เกิดขึ้นต่อชีวิตจริง

ในทุกชั้นเรียนซึ่งกลยุทธ์ทางเรียนรู้ที่สอดคล้องกับแนวคิดคอนสตรัคติวิสต์เชิงสังคมของ Vygotsky อาจจะไม่จำเป็นต้องจัดกิจกรรมที่เหมือนกันทุกอย่างก็ได้ กิจกรรมและรูปแบบอาจเปลี่ยนแปลงตามความเหมาะสม แต่อย่างไรก็ตามจะมีหลักการ 4 ประการ ที่สามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้ในชั้นเรียนที่เรียกว่า “Vygotsky” หรือตามแนวคิดคอนสตรัคติวิสต์เชิงสังคม (social constructivism) ดังนี้

1) เรียนรู้และการพัฒนา คือ ด้านสังคม ได้แก่ กิจกรรมการร่วมมือ (collaborative activity)

2) โซนพัฒนาการ (Zone of proximal development) ควรจะสนองต่อแนวทางการจัดหลักสูตรและการวางแผนบทเรียน จากพื้นฐานที่ว่า ผู้เรียนที่มีโซนพัฒนาการ จะสามารถเรียนรู้ด้วยตนเองได้โดยไม่ต้องได้รับการช่วยเหลือ แต่สำหรับผู้เรียนที่อยู่ต่ำกว่าโซนพัฒนาการจะไม่สามารถเรียนรู้ด้วยตนเองได้และต้องได้รับการช่วยเหลือ ที่เรียกว่า ฐานการช่วยเหลือ (scaffolding)

3) การเรียนรู้ในโรงเรียนควรเกิดขึ้นในบริบทที่มีความหมายและไม่ควรแยกจากการเรียนรู้และความรู้ที่ผู้เรียนพัฒนามาจากสภาพชีวิตจริง (real world) ประสบการณ์นอกโรงเรียน ควรจะมีการเชื่อมโยงนำมาสู่ประสบการณ์ในโรงเรียนของผู้เรียน

ดังนั้นจึงสรุปได้ว่า ทฤษฎีการสร้างความรู้เชิงสังคม ที่นำเสนอโดย Vygotsky (1978) เป็นทฤษฎีที่เน้นการเรียนรู้ร่วมกัน โดยผู้เรียนจะต้องมีการร่วมกันสร้างความรู้ใหม่ ๆ จากการนำเสนอและแลกเปลี่ยนความคิดทางสังคม และเน้นการเรียนรู้อย่างมีปฏิสัมพันธ์ (interactive learning) โดยผู้เรียนจะต้องมีปฏิสัมพันธ์กับผู้สอนและผู้เรียนด้วยกัน สอดคล้องกับ Clement, J. J., & Rea-Ramirez (2008) ที่กล่าวว่า การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานได้รับอิทธิพลจากทฤษฎีการสร้างความรู้เชิงสังคม ดังนั้นนักเรียนจะเกิดการเรียนรู้ได้ดีที่สุดเมื่อเกิดกระบวนการร่วมกันสร้าง (co-construction)

2.3 ขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

จากการศึกษาแนวทางการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานพบว่ามีนักการศึกษาได้แนะนำแนวทางไว้ ดังนี้

Gobert and Buckley (2010) กล่าวถึงขั้นตอนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานไว้ ดังนี้

1) นักเรียนสร้างแบบจำลองทางความคิดเกี่ยวกับปรากฏการณ์ที่สนใจ

2) ครูประเมินและทบทวนแนวคิดหรือเนื้อหาที่นักเรียนจำเป็นต้องใช้ในการสร้างแบบจำลอง โดยครูอาจยังไม่สามารถเข้าถึงความคิดของนักเรียนได้ในขั้นตอนนี้ ครูจึงมีหน้าที่สรุปอ้างอิงจากเหตุผลที่นักเรียนอธิบาย

3) นักเรียนสร้างแบบจำลอง โดยรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับโครงสร้างลักษณะและสาเหตุของปรากฏการณ์ จากนั้นนำมาเขียนแผนผังความคิดและเปรียบเทียบปรากฏการณ์กับสิ่งที่คล้ายคลึงกับสิ่งที่นักเรียนทราบ (metaphor analog) เพื่อหาแนวทางสร้างแบบจำลอง ตรวจสอบข้อมูล และลงมือสร้างแบบจำลอง

4) นักเรียนนำแบบจำลองไปใช้และประเมิน ซึ่งนักเรียนอาจพบว่าแบบจำลองไม่สามารถเป็นตัวแทนที่ดีได้ในขั้นตอนนี้

5) นักเรียนปรับปรุงและแก้ไขแบบจำลองให้สามารถอธิบายปรากฏการณ์ที่ศึกษาได้ดีขึ้น

6) นักเรียนนำแบบจำลองไปสร้างเพิ่มเติมหรือนำแบบจำลองอื่น ๆ มาประกอบเพื่อขยายแนวคิดเกี่ยวกับปรากฏการณ์นั้นให้ดียิ่งขึ้น

ชาตรี ฝ่ายคำตา และคณะ (2557) ได้เสนอรูปแบบการจัดการเรียนรู้ โดยแบ่งออกเป็น 4 ขั้นตอน ได้แก่

1) การสร้างแบบจำลอง (generating model) เป็นการเปิดโอกาสให้ผู้เรียนสร้างแบบจำลองทางความคิดของตนเองให้ได้มากที่สุด โดยครูทำหน้าที่กระตุ้นและเร้าความสนใจให้ผู้เรียนด้วยคำถามหรือกิจกรรม เพื่อให้ผู้เรียนสังเกตและสร้างแบบจำลองทางความคิดสำหรับอธิบายหรือทำนายปรากฏการณ์ทางธรรมชาติ อีกทั้งเมื่อครูทราบแบบจำลองทางความคิดของนักเรียนจึงเป็นโอกาสดีสำหรับการส่งเสริมและเพิ่มพูนแบบจำลองทางความคิดให้กลายเป็นแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ได้

2) การประเมินแบบจำลอง (evaluating model) ครูทำหน้าที่กระตุ้นให้ผู้เรียนได้ประเมินความสอดคล้องของแบบจำลองที่สร้างขึ้นกับหลักฐานเชิงประจักษ์ ซึ่งผู้เรียนควรได้ฝึกออกแบบดำเนินการทดลอง หรือค้นคว้าหาข้อมูลด้วยตนเอง เพื่อให้นักเรียนได้เรียนรู้การรวบรวมข้อมูลเชิงประจักษ์และตรวจสอบว่าแบบจำลองของตนมีความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์หรือไม่ สามารถนำมาอธิบายปรากฏการณ์ได้กว้างขวางเพียงใด ครูต้องพยายามส่งเสริมแบบจำลองทางความคิดของนักเรียนด้วยการเชื่อมโยงความสัมพันธ์ของตัวแปร กล่าวคือครูและนักเรียนต้องร่วมสร้าง และส่งเสริมแบบจำลองทางความคิด โดยมีเกณฑ์ของแบบจำลองคือ มีการเพิ่มตัวแปรใหม่หรือเพิ่มตัวปรับปรุงความสัมพันธ์ในแบบจำลอง และมีการนำความสัมพันธ์ในแบบจำลองมาอธิบายผลการทดลองที่เกิดขึ้นใหม่และอาจมีการเปลี่ยนแปลงภาพวาดเพื่ออธิบายปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้น

3) การดัดแปลงแก้ไขแบบจำลอง (modifying model) เป็นขั้นตอนที่ผู้เรียนได้ดัดแปลงและแก้ไขแบบจำลองจนสามารถใช้อธิบายข้อมูลได้อย่างถูกต้อง หลังจากที่ผู้เรียนได้เรียนรู้ว่า แบบจำลองของตนไม่สามารถอธิบายปรากฏการณ์ ข้อเท็จจริง หลักการ หรือกฎ ผู้เรียนอาจสามารถเปรียบเทียบแบบจำลองจากกลุ่มเพื่อน และรวบรวมแบบจำลองของแต่ละกลุ่มเข้าด้วยกัน เพื่อสร้างเป็นแบบจำลองของกลุ่มหรือชั้นเรียน ทำให้ผู้เรียนได้แลกเปลี่ยนความคิดเห็นและสร้างแบบจำลองที่ดีที่สุดและสอดคล้องกับหลักการทางวิทยาศาสตร์ จึงเป็นขั้นตอนสำคัญที่ทำให้ผู้เรียนเข้าใจกระบวนการสร้างแบบจำลองและพัฒนาความรู้ทางวิทยาศาสตร์

4) การขยายแบบจำลอง (elaborating) เป็นการใช้แบบจำลองที่ผ่านการดัดแปลงแก้ไขมาอธิบายและทำนายปรากฏการณ์หรือสถานการณ์อื่น ทำให้ผู้เรียนได้เรียนรู้และเข้าใจว่าแบบจำลองที่สร้างขึ้นนั้น สามารถใช้อธิบายหรือทำนายปรากฏการณ์อื่นได้อีกหรือไม่

จากแนวคิดของนักการศึกษาทั้ง 2 ท่าน ผู้วิจัยได้ศึกษาและเปรียบเทียบขั้นตอนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน พบว่ากระบวนการและขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้มีความคล้ายคลึงกัน ผู้วิจัยจึงสนใจนำแนวคิดของ ชาตรี ฝ่ายคำตา และภรทิพย์ สุภัทรชัยวงศ์ (2557) มาเป็น

แนวทางในการจัดการเรียนรู้ของการวิจัยครั้งนี้เป็น 4 ขั้นตอน เนื่องจากลำดับขั้นตอนมีความชัดเจนและง่ายต่อการทำความเข้าใจของนักเรียนในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 มีกระบวนการจัดการเรียนรู้ที่เน้นให้ผู้เรียนได้เรียนรู้จากการสร้าง ประเมิน ดัดแปลงแก้ไข และขยายแบบจำลอง สำหรับนำไปใช้ประกอบการอธิบายปรากฏการณ์ ในระหว่างการเรียนรู้วิชาวิทยาศาสตร์ เรื่อง สารบริสุทธิ์ เพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนนคร-ขอนแก่น

2.4 บทบาทผู้สอนและนักเรียนในการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

นักวิทยาศาสตร์ศึกษาหลายท่านได้นำเสนอรูปแบบการจัดการเรียนการสอนโดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เช่น Clement, J. J., & Rea-Ramirez (2008) อ้างถึงในชาตรี ฝ่ายคำตา 2557) ได้เสนอรูปแบบการจัดการเรียนการสอนโดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน โดยผู้วิจัยทำการดัดแปลง ซึ่งแบ่งออกเป็น 4 ขั้นตอน คือ การสร้างแบบจำลอง การประเมินแบบจำลอง การดัดแปลงแก้ไขแบบจำลอง และการขยายแบบจำลอง สรุปได้ดังตาราง

ตารางที่ 2.2 บทบาทผู้สอนและนักเรียนในการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ของวิธีการสอนแบบ Model-based Learning	**กิจกรรมตามขั้นตอน**	**บทบาทของนักเรียน**	**บทบาทของครู**
ขั้นที่ 1 การสร้างแบบจำลอง	นักเรียนจะต้องสร้างแบบจำลองจากความรู้เดิมที่มีข้อมูลอยู่จากประเด็นที่ครูกำหนด โดยการปรึกษากับสมาชิกภายในกลุ่ม จากประเด็นที่ครูกำหนดถึงลักษณะของแบบจำลองควรจะมีส่วนประกอบอะไรบ้าง ห้ามใช้แหล่งข้อมูลต่าง ๆ ข้อมูลที่นำมาสร้างแบบจำลองจะต้องมาจากประสบการณ์เดิมเท่านั้น	สร้างแบบจำลองทางความคิดเกี่ยวกับประสบการณ์ที่ศึกษา	เปิดโอกาสให้นักเรียนแสดงแบบจำลองความคิดของตนเองออกมาให้มากที่สุด โดยการใช้คำถามหรือกิจกรรม เพื่อกระตุ้นให้ผู้เรียนสังเกตและสร้างแบบจำลองทางความคิดเพื่ออธิบายหรือทำนายปรากฏการณ์ต่าง ๆ ทางธรรมชาติ

ตารางที่ 2.2 (ต่อ)

ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ของวิธีการสอนแบบ Model-based Learning	กิจกรรมตามขั้นตอน	บทบาทของนักเรียน	บทบาทของครู
ขั้นที่ 2 การประเมินแบบจำลอง	นักเรียนได้สะท้อนความคิดและแลกเปลี่ยนเหตุผลเพื่ออธิบายแนวคิดที่ใช้ในการสร้างแบบจำลองด้วยคำพูดของนักเรียนเอง ครูพิจารณาความถูกต้องของมโนทัศน์ของนักเรียนพร้อมทั้งอธิบายความรู้พื้นฐานในเรื่องที่ต้องการให้นักเรียนสร้างแบบจำลอง จากนั้นนักเรียนตรวจสอบความถูกต้องของมโนทัศน์ของตนเอง หากแบบจำลองที่นักเรียนสร้างขึ้นมาจากมโนทัศน์ที่ไม่ถูกต้องให้ปรับปรุงและแก้ไขแบบจำลอง	ทำความเข้าใจข้อมูลเชิงประจักษ์ที่เรียนรู้และอภิปรายแลกเปลี่ยนเรียนรู้เพื่อให้เกิดการเปรียบเทียบแบบจำลองระหว่างกลุ่ม แล้วนำมาใช้เป็นข้อมูลเพื่อประเมินแบบจำลองของตน	กระตุ้นให้นักเรียนได้เปรียบเทียบและประเมินความสอดคล้องของแบบจำลองที่นักเรียนสร้างขึ้น โดยการอภิปรายกับเพื่อนร่วมชั้นเพื่อให้ได้ข้อมูลเชิงประจักษ์ โดยใช้คำถามกระตุ้นเพื่อให้นักเรียนอธิบายถึงหลักการและเหตุผลเพื่อให้นักเรียนประเมินแบบจำลองของตนเอง
ขั้นที่ 3 การดัดแปลงแก้ไขแบบจำลอง	นักเรียนดัดแปลง และแก้ไขแบบจำลองจนสามารถใช้อธิบายข้อมูลได้อย่างถูกต้อง หลังจากที่ได้เรียนรู้ว่าแบบจำลองของตนไม่สามารถอธิบายปรากฏการณ์ ข้อเท็จจริง หลักการ หรือกฎ นักเรียนอาจสามารถเปรียบเทียบแบบจำลองจากกลุ่มเพื่อนและรวบรวมแบบจำลอง	เปรียบเทียบแบบจำลองของกลุ่มเพื่อนที่สร้างขึ้นและรวมแบบจำลองของแต่ละกลุ่มเข้าด้วยกันเพื่อสร้างเป็นแบบจำลองมติของกลุ่มหรือของชั้นเรียน แลกเปลี่ยนความคิดซึ่งกันและกัน เพื่อสร้างเป็นแบบจำลองที่ดีที่สุดและสอดคล้องกับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์	ให้ความรู้ซึ่งเป็นข้อเท็จจริงเพื่อเป็นข้อมูลให้นักเรียนนำไปแก้ไขแบบจำลองของตนเอง

ตารางที่ 2.2 (ต่อ)

ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ของวิธีการสอนแบบ Model-based Learning	**กิจกรรมตามขั้นตอน**	**บทบาทของนักเรียน**	**บทบาทของครู**
	ของแต่ละกลุ่มเข้าด้วยกันเพื่อสร้างเป็นแบบจำลองของกลุ่มหรือชั้นเรียน ทำให้นักเรียนได้แลกเปลี่ยนความคิดเห็นและสร้างแบบจำลองที่ดีที่สุดและสอดคล้องกับหลักการทางวิทยาศาสตร์ จึงเป็นขั้นตอนสำคัญที่ทำให้นักเรียนเข้าใจกระบวนการสร้างแบบจำลองและพัฒนาความรู้ทางวิทยาศาสตร์	จัดว่าเป็นขั้นตอนสำคัญที่จะทำให้นักเรียนเข้าใจกระบวนการสร้างแบบจำลองและการพัฒนาความรู้ทางวิทยาศาสตร์	
ขั้นที่ 4 การขยายแบบจำลอง	นักเรียนนำสิ่งที่ได้เรียนรู้ไปประยุกต์ใช้ในสถานการณ์ใหม่ที่คล้ายกับสถานการณ์เดิมโดยสามารถสร้างแบบจำลองเพื่ออธิบายสถานการณ์ใหม่ได้	ใช้แบบจำลองที่ผ่านการดัดแปลงแก้ไขมาอธิบายและทำนายปรากฏการณ์หรือสถานการณ์อื่น	สังเกตและประเมินผล

2.5 ประโยชน์ของการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

นักการศึกษาหลายท่านได้ระบุประโยชน์ของการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ดังต่อไปนี้

Windschitlet, et al. (2008) ได้กล่าวถึงประโยชน์ของการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานที่มีต่อการอธิบายปรากฏการณ์ธรรมชาติไว้ดังต่อไปนี้

1) สามารถพัฒนาและสร้างคำอธิบายได้ทุกประเด็น

2) ทำให้นักเรียนมีแนวคิดที่หลากหลายหรือแนวทางการแก้ไขปัญหาที่หลากหลายที่จะทดสอบและแก้ไขปรากฏการณ์ทางธรรมชาติ

3) ทำให้นักเรียนมีความสามารถในการตั้งสมมติฐานที่เกี่ยวข้องกับบริบท

4) ทำให้นักเรียนมีการอ้างถึงประจักษ์พยานในการอธิบายปรากฏการณ์ต่าง ๆ ที่เกิดขึ้น

5) ทำให้นักเรียนใช้แบบจำลองเป็นเครื่องมือในการอธิบายปรากฏการณ์ทางธรรมชาติ

6) ทำให้นักเรียนสามารถพยากรณ์การเปลี่ยนแปลงอย่างมีเหตุและผลบนพื้นฐานกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เช่น การสังเกต

7) ทำให้นักเรียนใช้แบบจำลองเพื่ออธิบายปรากฏการณ์ทางธรรมชาติอย่างมีเหตุผลตลอดจนสามารถอธิบายปรากฏการณ์ต่าง ๆ ได้ทุกแง่มุม

Lee, et al. (2013) ได้กล่าวถึงประโยชน์ของการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานไว้ดังต่อไปนี้

1) สามารถทำให้นักเรียนประสบผลสำเร็จและมีความเข้าใจในการเรียนวิทยาศาสตร์

2) สามารถปรับปรุงแก้ไขแบบจำลองและได้แนวคิดที่ถูกต้องตามแนวคิดวิทยาศาสตร์

3) มีญาณวิทยา (epistemological)หรือทฤษฎีความรู้ (theory of knowledge)

4) นักเรียนจะเกิดแนวคิดที่ขัดแย้งกันภายในกลุ่มทำให้เกิดการอภิปรายร่วมกันด้วยเหตุและผลทางวิทยาศาสตร์

5) นักเรียนสามารถแก้ปัญหาแนวคิดที่ขัดแย้งโดยการประเมินแบบจำลองที่สร้างขึ้นจากประโยชน์ ของการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานที่ได้กล่าวมาข้างต้น

กล่าวโดยสรุป ประโยชน์ของการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลอง สามารถใช้แบบจำลองในการอธิบายสิ่งที่สลับซับซ้อน แบบจำลองมีบทบาทสำคัญในวิทยาศาสตร์ นักวิทยาศาสตร์ใช้แบบจำลองในการสร้างสมมติฐานที่จะตรวจสอบ อธิบาย ทำนายปรากฏการณ์ธรรมชาติ หรือเป็นแนวทางไปสู่การวิจัยในอนาคต

3. การจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการสืบเสาะหาความรู้แบบ 5E

3.1 ความหมายและความเป็นมาของการจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการสืบเสาะหาความรู้แบบ 5E

กระบวนการจัดการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ ผู้เรียนจะต้องสืบค้นเสาะหาสำรวจตรวจสอบและค้นคว้าด้วยวิธีการต่าง ๆ ด้วยตนเอง จนทำให้ผู้เรียนเกิดความเข้าใจและเกิดการรับรู้ความรู้นั้นอย่างมีความหมาย สามารถสร้างองค์ความรู้เป็นของนักเรียนเองได้ (Roger Bybee et al., 2006) การที่ผู้เรียนจะสร้างองค์ความรู้ได้ ต้องผ่านกระบวนการที่เรียกว่า การสืบเสาะหาความรู้ ครูผู้สอนทำหน้าที่เป็นผู้อำนวยความสะดวก และให้คำปรึกษา เมื่อผู้เรียนพบปัญหา ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการสืบเสาะหาความรู้แบบ 5E ได้แก่ ขั้นสร้างความสนใจ ขั้นสำรวจและค้นหา ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป ขั้นขยายความรู้ และขั้นประเมินผล (สสวท., 2560)

การจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบวัฏจักรการเรียนรู้ 5E เป็นหนึ่งในรูปแบบการจัดการเรียนรู้ แบบสืบเสาะหาความรู้ โดยวัฏจักรการเรียนรู้แบบแรกนั้นคิดค้นโดย Myron (Mike) Atkin and Robert Karplus (Atkin and Karplus, 1962) ในโครงการปรับปรุงหลักสูตรวิทยาศาสตร์ (Science Curriculum Improvement Study Study หรือ SCIS) โดยมีขั้นตอนในการพัฒนาของรูปแบบการเรียนรู้โดยเริ่มต้นจากวัฏจักรการเรียนรู้ 3 ขั้น (3-E learning cycle) เป็นวัฏจักรการเรียนรู้ 4 ขั้น (4-E learning cycle) และได้รับการพัฒนาต่อเป็นวัฏจักรการเรียนรู้ 5 ขั้น (5-E learning cycle) ตามลำดับ ดังนี้ การจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบวัฏจักรการเรียนรู้ 3 ขั้นของ Karplus ประกอบด้วย 3 ขั้น คือ ขั้นสำรวจ (exploration) ขั้นสร้าง (invention) และขั้นค้นพบ (discovery) รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรของ Karplus ยังมีความสับสนในการนำไปใช้ในขั้นสร้างและขั้นค้นพบ ดังนั้น Barman (1989) จึงได้ทำการปรับปรุงขั้นสำรวจ ขั้นแนะนำมโนมติ (concept introduction) และขั้นประยุกต์มโนทัศน์ (concept application) ต่อมานักวิทยาศาสตร์ได้ ปรับเปลี่ยนขั้นแนะนำมโนทัศน์เป็นขั้นแนะนำคำสำคัญ (term introduction) ด้วยเหตุผลที่ว่าครูสามารถอธิบายคำสำคัญให้กับนักเรียนได้แต่ต้องไม่ใช่การแนะนำมโนทัศน์ให้แก่นักเรียน เพราะนักเรียนจะต้องเป็นผู้ค้นพบหรือสร้างมโนทัศน์ด้วยตนเอง (Hewson, 1988) แต่มีการปรับเปลี่ยนชื่อของขั้นตอนที่ 2 ให้เหมาะสมยิ่งขึ้น ดังเช่น Carin, (1993) ได้ปรับเปลี่ยนขั้นสร้างมโนทัศน์ (concept formation) ส่วน Abruscato (1996) ได้ปรับเปลี่ยนเป็นขั้นได้มาซึ่งมโนทัศน์ (concept acquisition) จากวัฏจักรการเรียนรู้ที่กล่าวมาทั้ง 3 ขั้นตอน มีขั้นตอนที่ 2 ที่มีชื่อแตกต่างกันแต่อธิบายความหมายใกล้เคียงกัน

ต่อมาได้มีการพัฒนาจากวัฏจักรการเรียนรู้ 3 ขั้น เป็นวัฏจักรการเรียนรู้ 4 ขั้น ในปีค.ศ. 1990 โดยBarman (1989) ได้ดัดแปลงและพัฒนารูปแบบวัฏจักรการเรียนรู้ออกเป็น 4 ขั้น ได้แก่

1) ขั้นสำรวจ 2) ขั้นแนะนำมโนทัศน์ 3) ขั้นประยุกต์ใช้มโนทัศน์ และ4) ขั้นประเมินผลและอภิปราย ซึ่งต่อมานักวิทยาศาสตร์ศึกษาบางท่านได้ดัดแปลงชื่อเป็น 4E (Barman, 1989) ได้แก่ 1) ขั้นสำรวจ 2) ขั้นอธิบาย 3) ขั้นขยายมโนทัศน์ และ4) ขั้นประเมินผล ต่อมาได้มีการพัฒนารูปแบบวัฏจักรการเรียนรู้ 4 ขั้น เป็นรูปแบบวัฏจักรการเรียนรู้ 5ขั้น ในปีค.ศ. 1992 Bybee et al. (1992) นักการศึกษาโครงการศึกษาหลักสูตรวิทยาศาสตร์สาขาชีววิทยาของสหรัฐอเมริกา (Biological Science Curriculum Studies หรือ BSCS) ได้ปรับรูปแบบวัฏจักรการเรียนรู้ออกเป็น 5 ขั้นหรือเรียกอย่างย่อว่า 5E เพื่อเป็นแนวทางสำหรับใช้ออกแบบการจัดการเรียนการ สอนวิทยาศาสตร์ให้เหมาะสมยิ่งขึ้น ได้แก่ 1) ขั้นนำเข้าสู่บทเรียน (engagement phase) 2) ขั้นสำรวจ 3) ขั้นอธิบาย/สร้างแนวความคิด 4) ขั้นขยายแนวคิดหรือประยุกต์ใช้มโนทัศน์ และ 5) ขั้นประเมินผล (นันทิยา บุญเคลือบ, 2540)

3.2 แนวคิดทฤษฎีที่เกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการสืบเสาะหาความรู้แบบ 5E

ทฤษฎีที่เกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการสืบเสาะหาความรู้แบบ 5E มีทฤษฎีสำคัญที่เกี่ยวข้อง คือ ทฤษฎีตามแนวคิดของ Piaget และทฤษฎีการสร้างความรู้ด้วยตนเอง เช่นเดียวกับแนวคิดทฤษฎีที่เกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

3.3 ขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการสืบเสาะหาความรู้แบบ 5E

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) (2549) กล่าวถึงขั้นตอนการจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการสืบเสาะหาความรู้แบบ 5E สรุปได้ดังนี้

1) ขั้นสร้างความสนใจ (engagement) เป็นขั้นตอนแรกของกระบวนการเรียนรู้ที่จะนำเข้าสู่บทเรียน จุดประสงค์ที่สำคัญคือทำให้ผู้เรียนสนใจในกิจกรรม

2) ขั้นสำรวจและค้นหา (exploration) เป็นขั้นที่ทำให้ผู้เรียนมีประสบการณ์ร่วมกันในการสร้างและพัฒนาความคิดรวบยอด กระบวนการหรือทักษะ โดยการให้เวลาและโอกาสแก่ผู้เรียน ในการทำกิจกรรม การสำรวจและค้นหา สิ่งที่ผู้เรียนต้องการเรียนรู้ตามความคิดเห็นของผู้เรียนแต่ละคน การสำรวจและค้นหาสิ่งที่ผู้เรียนต้องการเรียนรู้ตามความคิดเห็นของผู้เรียนแต่ละคน หลังจากนั้นให้ผู้เรียนแต่ละคนได้มีการอภิปรายแลกเปลี่ยนความคิดเห็นเกี่ยวกับความคิดรวบยอด กระบวนการและทักษะในระหว่างที่นักเรียนทำกิจกรรมสำรวจและค้นหา ซึ่งเป็นโอกาสที่ผู้เรียนได้ตรวจสอบหรือเก็บรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับความคิดรวบยอดของผู้เรียนเองที่ยังไม่ถูกต้องและสมบูรณ์ โดยการให้ผู้เรียนอธิบายและยกตัวอย่างเกี่ยวกับความคิดเห็นของผู้เรียน ครูดูความรู้เดิมของผู้เรียนเพื่อช่วยในการวางแผนการสอนครั้งต่อไป

3) ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (explanation) เป็นขั้นที่ให้ผู้เรียนพัฒนาความสามารถในการอธิบายความคิดรวบยอดที่ได้จากการสำรวจค้นหา ครูควรให้โอกาสแก่ผู้เรียนได้อภิปรายแลกเปลี่ยนความคิดเห็นเกี่ยวกับทักษะ พฤติกรรมการเรียนรู้ การอธิบายนั้นต้องการให้ผู้เรียนได้ใช้ข้อสรุปร่วมกันในการเชื่อมโยงสิ่งที่เรียนรู้ในช่วงเวลาที่เหมาะสม ครูควรชี้แนะผู้เรียนเกี่ยวกับการสรุป และการอธิบาย

รายละเอียด แต่อย่างไรก็ตาม ครูควรจะระลึกอยู่เสมอว่ากิจกรรมเหล่านี้ยังคงเน้นผู้เรียนเป็นศูนย์กลางอยู่ กล่าวคือ ผู้เรียนได้พัฒนาความสามารถในการอธิบายได้ด้วยตนเอง บทบาทของครูเพียงชี้แนะผ่านทางกิจกรรม เพื่อให้ผู้เรียนได้มีโอกาสอย่างเต็มที่ในการพัฒนาความรู้ความเข้าใจ ความคิดรวบยอดให้ชัดเจน ในที่สุดผู้เรียนควรจะสามารถอธิบายความคิดรวบยอดได้อย่างเข้าใจ โดยเชื่อมโยงประสบการณ์ความรู้เดิมและสิ่งที่เรียนรู้ใหม่เข้าด้วยกัน

4) ขั้นขยายความรู้ (elaboration) เป็นขั้นที่ผู้เรียนได้ยืนยันและขยายหรือเพิ่มเติมความรู้ความเข้าใจ ความคิดรวบยอดให้กว้างขวางลึกซึ้งยิ่งขึ้น และยังเป็นการเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ฝึกทักษะและปฏิบัติตามที่ผู้เรียนต้องการ ในกรณีที่ผู้เรียนยังไม่เข้าใจหรือสับสนอยู่หรืออาจเข้าใจเฉพาะข้อสรุปที่ได้จากการปฏิบัติการสำรวจและค้นหาเท่านั้น ควรให้ประสบการณ์ใหม่ เป้าหมายของขั้นตอนนี้คือครูควรชี้แนะให้ผู้เรียนได้นำไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันจะทำให้ผู้เรียนเกิดความคิดรวบยอด กระบวนการและทักษะเพิ่มมากขึ้น

5) ขั้นประเมิน (evaluation) ในขั้นตอนนี้ผู้เรียนจะได้รับข้อมูลย้อนกลับเกี่ยวกับการอธิบายความรู้ความเข้าใจของตนเองระหว่างการเรียนการสอน ครูต้องกระตุ้นหรือส่งเสริมให้ผู้เรียนประเมินความรู้ ความเข้าใจและความสามารถของตนเอง ซึ่งเป็นการเปิดโอกาสให้ครูได้ประเมินความรู้ความเข้าใจและพัฒนาทักษะของผู้เรียนด้วย

ดังนั้นการวิจัยในครั้งนี้ ผู้วิจัยได้นำขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการสืบเสาะหาความรู้แบบ 5E ของสสวท. ทั้ง 5 ขั้นตอน คือ ขั้นสร้างความสนใจ ขั้นสำรวจและค้นหา ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป ขั้นขยายความรู้ และขั้นประเมิน มาใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้

3.4 บทบาทครูและนักเรียนในการจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการสืบเสาะหาความรู้แบบ 5E

บทบาทครูและนักเรียนในการจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการสืบเสาะหาความรู้แบบ 5E สรุปได้ดังตาราง

ตารางที่ 2.3 บทบาทครูและนักเรียนในการจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการสืบเสาะหาความรู้แบบ 5E

ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการสืบเสาะหาความรู้แบบ 5E	**บทบาทของนักเรียน**	**บทบาทของครู**
ขั้นที่ 1 สร้างความสนใจ	อภิปรายซักถามระหว่างครูและนักเรียนตลอดเวลา	กระตุ้นให้ผู้เรียนสนใจในกิจกรรมการเรียนการสอนตลอดเวลา เช่น การถามคำถาม การทดลอง เป็นต้น

ตารางที่ 2.3 (ต่อ)

ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการสืบเสาะหาความรู้แบบ 5E	บทบาทของนักเรียน	บทบาทของครู
ขั้นที่ 2 สำรวจและค้นหา	สำรวจและค้นหาสิ่งที่ต้องการเรียนรู้ หลังจากนั้นให้นักเรียนแต่ละคน อภิปรายแลกเปลี่ยนความคิดเห็น เกี่ยวกับความคิดรวบยอด	ตรวจสอบและเก็บรวบรวมข้อมูล เกี่ยวกับความคิดรวบยอดของ นักเรียนที่ยังไม่ถูกต้องและสมบูรณ์ เพื่อช่วยในการวางแผนการสอนครั้ง ต่อไป
ขั้นที่ 3 ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป	สามารถอธิบายความคิดรวบยอดได้ อย่างเข้าใจ โดยเชื่อมโยง ประสบการณ์ความรู้เดิมและสิ่งที่ เรียนรู้ใหม่เข้าด้วยกัน	เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้อภิปราย แลกเปลี่ยนความคิดเห็นและลง ข้อสรุปร่วมกัน ชี้แนะนักเรียนผ่าน ทางกิจกรรมการเรียนการสอน
ขั้นที่ 4 ขยายความรู้	ขยายหรือเพิ่มเติมความรู้ ความเข้าใจ ความคิดรวบยอดให้กว้างขวางลึกซึ้ง ยิ่งขึ้น	ให้ประสบการณ์ใหม่ ชี้แนะให้ นักเรียนได้นำไปประยุกต์ใช้ใน ชีวิตประจำวัน
ขั้นที่ 5 ขั้นประเมิน	ประเมินความรู้ความเข้าใจและ ความสามารถของตนเอง	ให้ข้อมูลย้อนกลับระหว่างการเรียน การสอน ประเมินความรู้ความเข้าใจ และพัฒนาทักษะของนักเรียนด้วย

3.5 ประโยชน์ของการจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการสืบเสาะหาความรู้แบบ 5E

3.5.1 ได้ฝึกพัฒนาความคิดอย่างเต็มที่ ได้ศึกษาค้นคว้าด้วยตนเอง เป็นการพัฒนาศักยภาพด้านสติปัญญาให้ฉลาดขึ้น

3.5.2 นักเรียนมีโอกาสฝึกความคิด ฝึกการกระทำ ทำให้ได้เรียนรู้วิธีการจัดระบบความคิด และวิธีเสาะแสวงหาความรู้ด้วยตนเองทำให้ความรู้คงทนจดจำได้นาน สามารถถ่ายโยงการเรียนรู้และนำไปใช้ในสถานการณ์ใหม่ได้อีกด้วย

3.5.3 นักเรียนเป็นศูนย์กลางของการเรียนการสอน

3.5.4 พัฒนาให้นักเรียนเกิดความเชื่อมั่นในตนเอง สามารถคิดและแก้ปัญหาด้วยตนเอง ไม่ย้อท้อต่ออุปสรรค

3.5.5 นักเรียนมีเจตคติที่ดีต่อวิชาวิทยาศาสตร์

3.5.6 ได้ประสบการณ์ตรง ฝึกทักษะการแก้ปัญหา และทักษะการใช้เครื่องมือวิทยาศาสตร์

3.5.7 สามารถนำความรู้ไปใช้ในชีวิตประจำวันได้

จากข้อความที่กล่าวไว้ข้างต้น พบว่าการจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการสืบเสาะหาความรู้แบบ 5E มีข้อดีซึ่งสามารถสรุปได้ว่า ข้อดีของการจัดการเรียนรู้โดยใช้ กระบวนการสืบเสาะหาความรู้แบบ5E คือเป็นการจัดการเรียนรู้ที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ศึกษาหาความรู้ด้วยตนเอง ฝึกกระบวนการคิด ทักษะการทำงาน โดยใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ นำมาสู่การสร้างองค์ความรู้ใหม่ด้วยตนเอง ทำให้สามารถจดจำความรู้ได้นานขึ้น

4. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

4.1 ความหมายและขอบเขตของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

4.1.1 ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ศิริชัย กาญจนวาสี (2556) ได้ระบุไว้ว่า ผลสัมฤทธิ์ (achievement) เป็นผลการเรียนรู้ตามแผนที่กำหนดไว้ล่วงหน้า ซึ่งเกิดจากการจัดกระบวนการเรียนการสอนในช่วงเวลาหนึ่งที่ผ่านมาใช้แบบทดสอบในการวัดผลการเรียนรู้ที่เกิดขึ้น สิ่งที่มุ่งหวังจึงเป็นความรู้หรือทักษะบางประการ (โดยมากเป็นทักษะทางสมองหรือความคิด) ที่ผู้เรียนได้เรียนรู้ภายใต้สถานการณ์ที่กำหนดขึ้น

สมพล พงศ์ไทย (2554) ได้กล่าวว่า เป็นการตรวจสอบการบรรลุวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมเกี่ยวกับการเรียนรู้ของผู้เรียน ซึ่งได้มีการวางแผนไว้ล่วงหน้าก่อนจัดกิจกรรมการเรียนรู้

ภพ เลาหไพบูลย์ (2542) ได้ให้ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนว่า เป็นพฤติกรรมที่แสดงออกถึงความสามารถในการกระทำสิ่งหนึ่ง จากไม่เคยกระทำหรือกระทำได้น้อยมาก่อนที่จะมีการจัดการเรียนรู้ ซึ่งเป็นพฤติกรรมที่สามารถวัดได้

กล่าวโดยสรุป ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน คือ ผลการเรียนรู้ด้านเนื้อหาและทักษะเกี่ยวกับการคิด สามารถวัดได้หลังจากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่วางแผนไว้ล่วงหน้า

4.1.2 ขอบเขตของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึงผลสำเร็จที่เกิดจากพฤติกรรมการกระทำกิจกรรมของแต่ละบุคคล ที่ต้องอาศัยความพยายามอย่างมาก ทั้งองค์ประกอบที่เกี่ยวข้องกับสติปัญญาและองค์ประกอบที่ไม่ใช่สติปัญญา ซึ่งสามารถสังเกตและวัดได้ด้วยเครื่องมือทางจิตวิทยา หรือแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ด้านต่างๆ ประเภทของความรู้ทางวิทยาศาสตร์

Bloom (1956; อ้างถึงใน ภพ เลาหไพบูลย์, 2542) ได้สรุปการองค์ประกอบของแบบวัดผลสัมฤทธิ์ ทางการเรียน ซึ่งจำแนกตามวัตถุประสงค์ 3 ด้าน ดังนี้

1) ด้านพุทธิพิสัย (cognitive domain) การพัฒนาทางสมองหรือสติปัญญา ความจำ ความเข้าใจ นำไปใช้ วิเคราะห์ สังเคราะห์ และประเมินค่า

2) ด้านจิตพิสัย (affective domain) คุณลักษณะด้านจิตใจหรือความรู้สึก ความสนใจ เจตคติ และการปรับตัว

3) ด้านทักษะพิสัย (psychomotor domain) ความสัมพันธ์ระหว่างร่างกายและสมองที่มีการปฏิบัติจนเกิดเป็นทักษะและความชำนาญ

Anderson et al. (2001, อ้างถึงใน รัฐพล ประดับเวทย์ 2560) พฤติกรรมการเรียนรู้ด้านพุทธิพิสัยสามารถจำแนกเป็นพฤติกรรมทางสมองจากระดับต้นไปยังพฤติกรรมที่มีระดับสูงขึ้น 6 ระดับ ได้มีการปรับเปลี่ยนระดับขั้นของพฤติกรรมด้านความรู้ใหม่ และได้นำมาใช้ในการทำเครื่องมือเก็บรวบรวมข้อมูลของงานวิจัยครั้งนี้ ดังนี้

1) การจำ หมายถึง ความสามารถทางสมองในการระลึกถึงได้ จำความรู้ สารสนเทศ แสดงรายการได้ ระบุ บอกชื่อได้ ซึ่งเป็นความจำระยะยาว โดยไม่ปรับปรุงหรือเปลี่ยนแปลงความรู้

2) การเข้าใจ หมายถึง ความสามารถทางสมองในการแปลความ ตีความ สร้างความหมาย ยกตัวอย่าง สรุป และขยายความ โดยสามารถจับใจความสำคัญของเรื่องและร้อยเรียงเป็นภาษาของตนเองด้วยความหมายเดิม

3) การประยุกต์ใช้ หมายถึง ความสามารถในการนำความรู้ ความเข้าใจ ไปใช้ในการแก้ปัญหาในสถานการณ์ใหม่ที่ใกล้เคียงหรือคล้ายกับสถานการณ์เดิม

4) การวิเคราะห์ หมายถึง ความสามารถในการแยกแยะรายละเอียดของเนื้อหา การหาองค์ประกอบย่อยและความสัมพันธ์ระหว่างความรู้และข้อมูลย่อยนั้น

5) การประเมินค่า หมายถึง ความสามารถของสติปัญญาเกี่ยวกับการตรวจสอบ ควบคุม หรือทดสอบ โดยอาศัยเกณฑ์และมาตรฐานที่วางไว้เป็นหลัก เพื่อค้นหาความไม่สอดคล้องหรือความขัดแย้งในกระบวนการผลิต และการวิพากษ์ต่าง ๆ เพื่อการตัดสินใจ

6) การคิดสร้างสรรค์ หมายถึง ความสามารถของสติปัญญาในการสร้าสรรค์สิ่งใหม่จากสิ่งที่ได้เรียนรู้หรือพบเห็นในบริบทต่าง ๆ โดยสามารถสร้างสรรค์งาน วางแผนงาน และดำเนินงานตามกระบวนการจนได้รับความสำเร็จ

4.2 การวัดและประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

การสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสำหรับเป็นเกณฑ์วัดผลว่า นักเรียนได้เรียนรู้ไปมากน้อยหรือลึกซึ้งเพียงใด 4 พฤติกรรม ดังนี้ (ประวิตร ชูศิลป์, 2524)

1) ความรู้ความจำ หมายถึง ความสามารถในการระลึกถึงสิ่งที่เคยเรียนรู้มาเกี่ยวกับข้อเท็จจริง ความคิดรวบยอด หลักการ กฎ และทฤษฎี

2) ความเข้าใจ หมายถึง ความสามารถในการจำแนกความรู้ได้เมื่อปรากฏอยู่ในรูปใหม่และความสามารถในการแปลความรู้จากสัญลักษณ์หนึ่งไปอีกสัญลักษณ์หนึ่ง

3) การนำความรู้ไปใช้ หมายถึง ความสามารถในการนำความรู้และวิธีการต่าง ๆ ทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ในสถานการณ์ใหม่ ๆ หรือจากที่แตกต่างไปจากที่เคยเรียนรู้มาแล้วโดยเฉพาะอย่างยิ่ง คือ การนำไปใช้ในชีวิตประจำวัน

4) ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความสามารถในการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ โดยใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ด้านการสังเกต การวัด การคำนวณ การจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล การตั้งสมมติฐาน การกำหนดและควบคุมตัวแปร การทดลอง การตีความหมายข้อมูลและการลงข้อสรุป

4.3 การสร้างและหาคุณภาพของเครื่องมือวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์

การสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ขั้นตอนการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนมีผู้เสนอขั้นตอนการสร้างแบบทดสอบไว้หลายท่าน ดังนี้

พิชิต ฤทธิ์จรูญ (2548) ได้เสนอขั้นตอนการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ดังนี้

1) วิเคราะห์หลักสูตรและสร้างตารางวิเคราะห์หลักสูตร

การสร้างแบบทดสอบควรเริ่มต้นด้วยการวิเคราะห์หลักสูตรและสร้างตารางวิเคราะห์หลักสูตรเพื่อวิเคราะห์เนื้อหาสาระ และพฤติกรมที่ต้องการจะวัดตารางวิเคราะห์หลักสูตรจะใช้เป็นกรอบในการออกข้อสอบโดยระบุจำนวนข้อสอบในแต่ละเรื่องและพฤติกรมที่ต้องการจะวัดไว้

2) กำหนดจุดประสงค์การเรียนรู้

จุดประสงค์การเรียนรู้ เป็นพฤติกรรมที่เป็นผลการเรียนรู้ที่ผู้สอนมุ่งหวังจะให้เกิดขึ้นกับ นักเรียนซึ่งผู้สอนจะต้องกำหนดไว้ล่วงหน้าสำหรับเป็นแนวทางในการจัดการเรียนการสอนและการสร้าง ข้อสอบวัดผลสัมฤทธิ์

3) กำหนดชนิดของข้อสอบและศึกษาวิธีสร้าง

โดยการศึกษาตารางวิเคราะห์หลักสูตรและจุดประสงค์การเรียนรู้ ผู้ออกข้อสอบต้องพิจารณาและตัดสินใจเลือกใช้ชนิดของข้อสอบที่จะใช้วัดว่าจะเป็นแบบใดโดยต้องเลือกให้สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้ และเหมาะสมกับวัยของนักเรียนแล้วศึกษาวิธีเขียนข้อสอบชนิดนั้นให้มีความรู้ความเข้าใจในหลักและวิธีการเขียนข้อสอบ

4) เขียนข้อสอบ

ผู้ออกข้อสอบลงมือเขียนข้อสอบตามรายละเอียดที่กำหนดไว้ในตารางวิเคราะห์หลักสูตร และให้สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้ โดยอาศัยหลักและวิธีการเขียนข้อสอบที่ได้ศึกษามาแล้ว

5) ตรวจทานข้อสอบ

เพื่อให้ข้อสอบที่เขียนไว้แล้วในขั้นที่ 4 มีความถูกต้องตามหลักวิชามีความสมบูรณ์ครบถ้วนตามรายละเอียดที่กำหนดไว้ในตารางวิเคราะห์หลักสูตรผู้ออกข้อสอบต้องพิจารณาทบทวนตรวจทานข้อสอบอีกครั้งก่อนที่จะจัดพิมพ์และนำไปใช้ต่อไป

6) จัดพิมพ์แบบทดสอบฉบับทดลอง

เมื่อตรวจทานข้อสอบเสร็จแล้วให้พิมพ์ข้อสอบทั้งหมดจัดทำเป็นแบบทดสอบฉบับทดลองโดยมีคำชี้แจงหรือคำอธิบายวิธีตอบแบบทดสอบ (direction) และจัดวางรูปแบบการพิมพ์ให้เหมาะสม

7) ทดลองสอบและวิเคราะห์ข้อสอบ

การทดลองสอบและวิเคราะห์ข้อสอบเป็นวิธีการตรวจสอบคุณภาพของแบบทดสอบก่อนนำไปใช้จริง โดยนำแบบทดสอบไปทดลองสอบกับกลุ่มที่มีลักษณะคล้ายคลึงกันกับกลุ่มที่ต้องการสอบจริงแล้วนำผลการสอบมาวิเคราะห์และปรับปรุงข้อสอบให้มีคุณภาพ

8) จัดทำแบบทดสอบฉบับจริง

จากผลการวิเคราะห์ข้อสอบหากพบว่าข้อสอบข้อใดไม่มีคุณภาพหรือมีคุณภาพไม่ดีพอ อาจจะต้องตัดทิ้งหรือปรับปรุงแก้ไขข้อสอบให้มีคุณภาพดีขึ้นแล้วจึงจัดทำเป็นแบบทดสอบฉบับจริง ที่จะนำไปทดสอบกับกลุ่มเป้าหมายต่อไป

อรนุช ศรีสะอาด และคณะ (2550) ได้เสนอถึงขั้นตอนการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนดังนี้

1) กำหนดจุดมุ่งหมายของการสอบให้ชัดเจนว่าจะสอบใคร อยู่ระดับชั้นใด เพื่ออะไร

2) วิเคราะห์หลักสูตรและทำตารางวิเคราะห์หลักสูตร

3) กำหนดชนิดของแบบทดสอบและศึกษาวิธีเขียน

4) เขียนข้อสอบตามชนิดของแบทดสอบโดยให้สอดคล้องกับจุดมุ่งหมายและตารางวิเคราะห์หลักสูตร

5) ตรวจทานข้อสอบโดยพิจารณาถึงความถูกต้องตามหลักวิชา มุ่งวัดเนื้อหาและพฤติกรรมตามตารางวิเคราะห์หลักสูตรหรือไม่ ภาษาที่ใช้ชัดเจนถูกต้องเหมาะสมหรือไม่ซึ่งอาจตรวจทานข้อสอบ โดยผู้ออกข้อสอบเองกรณีนี้ผู้อกข้อสอบควรจะได้พักสมองระยะหนึ่งเพื่อไม่ให้หมกมุ่นหรือให้มีจิตใจ และสมองปลอดโปร่งและการตรวจทานข้อสอบอีกกรณีหนึ่งคือโดยให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบแก้ไข

6) ทดลองใช้และวิเคราะห์ข้อสอบเพื่อพัฒนาข้อสอบให้มีคุณภาพ

7) พิมพ์แบบทดสอบควรเรียงข้อสอบจากง่ายไปหายากหรือเรียงตามเนื้อหาก็ได้

ปริญานันต์ นวลจันทร์ (2563) กล่าวว่าในการตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือผู้วิจัยต้องมีกระบวนการและขั้นตอนในการตรวจสอบคุณภาพอย่างมีระบบและดำเนินการไปตามขั้นตอน ดังนี้

1) ผู้วิจัยตรวจสอบด้วยตนเอง ผู้วิจัยควรตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือการวิจัยด้วยตนเองก่อนที่จะนำเครื่องมือการวิจัยไปให้ผู้เชี่ยวชาญได้ตรวจสอบในประเด็นดังต่อไปนี้

(1) ความครบถ้วนของข้อคำถาม และความตรงประเด็นตามวัตถุประสงค์ตัวแปร และสมมติฐานการวิจัย

(2) การตรวจสอบความถูกผิดของการพิมพ์ การจัดหน้า เรียงหน้า ตรวจสอบความเข้าใจเกี่ยวกับคำชี้แจงต่าง ๆ

2) การตรวจสอบโดยผู้เชี่ยวชาญผู้วิจัยต้องวางแผนการตรวจสอบในการนำเครื่องมือไปให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบโดยดำเนินการดังต่อไปนี้

(1) การกำหนดคุณลักษณะของผู้ทรงคุณวุฒิ ผู้วิจัยต้องกำหนดคุณลักษณะของผู้ทรงคุณวุฒิให้ตรงกับลักษณะของเนื้อหาที่ต้องการจะให้ตรวจสอบเนื้อหาผู้ทรงคุณวุฒิจะเป็นผู้ที่ทราบว่าตัวแปรและสมติฐานที่ผู้วิจัยกำหนดขึ้นนั้นควรจะเก็บรวบรวมข้อมูลให้ครอบคลุมเนื้อหา และโครงสร้างใดบ้าง

(2) การเตรียมการโดยการติดต่อผู้เชี่ยวชาญซึ่งในการติดต่อผู้เชี่ยวชาญถือว่าเป็นเรื่องที่สำคัญมาก เนื่องจากผู้เชี่ยวชาญที่เลือกมานั้นนักวิจัยก็มักจะเลือกผู้ที่มีชื่อเสียงเกี่ยวกับเรื่องที่ผู้วิจัยต้องการศึกษาบุคลเหล่านี้จึงมักจะไม่มีเวลาเพียงพอให้กับผู้วิจัยผู้วิจัยจึงต้องติดต่อกับเลขานุการ ให้ทราบชัดเจนถึงเวลาช่วงเวลาที่ผู้เชี่ยวชาญจะสามารถพิจารณาเครื่องมือให้ได้เพื่อนำผลที่ ได้จาก การเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญมาวางแผนในปรับแก้เครื่องมือและเริ่มดำเนินการเก็บข้อมูลต่อไปทั้งนี้ นักวิจัยควรจะไปติดต่อผู้ทรงคุณวุฒิด้วยตนเอง

(3) ส่งเครื่องมือให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบพร้อมทั้งนัดเวลารับคืน

(4) การเตรียมอุปกรณ์ที่จำเป็น เช่น การนำเครื่องมือการวิจัยที่ตรวจสอบพิจารณาใส่ซองให้เรียบร้อยตลอดจนการตรวจเช็คโปรแกรมข้อมูลคอมพิวเตอร์ให้พร้อมในการที่วิเคราะห์ข้อมูล เพื่อการตรวจสอบคุณภาพ

(5) การวบรวมเครื่องมือที่ได้ส่งไปให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบกลับคืนมาโดยควรจะ ไปรับเครื่องมือด้วยตนเองแต่หากไม่สามารถที่จะไปรับได้ด้วยตนเองควรติดต่อแจ้งให้ผู้เชี่ยวชาญทราบ และหาวิธีในการให้ผู้เชี่ยวชาญส่งคืน เช่น ติดต่อเลขานุการของผู้เชี่ยวชาญให้ช่วยเหลือ เนื่องจากการให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือเป็นการไปขอความช่วยเหลือ

(6) นำเครื่องมือที่รวบรวมได้มาบรรณาธิการหรือตรวจสอบความครบถ้วนสมบูรณ์ ในการตอบเพื่อเตรียมที่จะวิเคราะห์ต่อไป

(7) วิเคราะห์ข้อมูลโดยการนำเครื่องมือที่บรรณาธิกรณ์แล้วมาบันทึกข้อมูลและวิเคราะห์คุณภาพของเครื่องมือตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญและนำเครื่องมือ

(8) ปรับปรุงข้อคำถามตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ

(9) จัดทำต้นฉบับของเครื่องมือที่ครบถ้วนสมบูรณ์แล้วและต้องตรวจทานเพื่อพิสูจน์อักษรให้ถูกต้องอีกรอบหนึ่ง

3) การนำเครื่องมือไปทดลองใช้ การนำเครื่องมือไปทดลองใช้มีวิธีในการดำเนินการดังนี้

(1) นำเครื่องมือไปทดลองใช้กับกลุ่ม Try Out โดยการคัดเลือกกลุ่มทดลองผู้วิจัยต้องดำเนินการคัดเลือกกลุ่มทดลองที่มีคุณลักษณะใกล้เคียงกับประชากรที่ผู้วิจัยเลือกมาศึกษาทั้งนั้น เพื่อให้แน่ใจว่าบุคคลที่คัดเลือกมาเพื่อ Try Out ข้อมูลกับประชากรที่เราศึกษามีคุณลักษณะที่ใกล้เคียงกัน และกลุ่มที่ถูกเลือกมา Try Out ข้อมูลจะต้องไม่ได้รับการคัดเลือกให้เป็นประชากรสำหรับการวิจัยอีก เนื่องจากบุคคลเหล่านี้จะรู้คำตอบจากการ Try Out ไปแล้ว จำนวนที่เหมาะสมในการทดลองเครื่องมือจะอยู่ที่ 20 – 50 คน

(2) บันทึกข้อบกพร่องของการใช้เครื่องมือ

(3) วิเคราะห์หาคุณภาพของเครื่องมือ เช่น จัดทำต้นฉบับที่สมบูรณ์แบบ

(4) ปรับปรุงแก้ไขเครื่องมืออีกรอบ

(5) เตรียมเครื่องมือที่จะนำไปเก็บรวบรวมข้อมูลจริงให้มากกว่าจำนวนขนาดของกลุ่มทดลองที่กำหนดไว้เล็กน้อยเนื่องจากอาจจะมีเครื่องมือบางส่วนที่สูญหายไประหว่างการเก็บข้อมูล

จากการศึกษาสรุปได้ว่า แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่ครูสร้างขึ้น เป็นแบบทดสอบที่มีความสำคัญ มีคุณค่าต่อการวัดผลการเรียนรู้ของนักเรียน นอกจากจะต้องอาศัยหลักการสร้างที่มีประสิทธิภาพ และขั้นตอนการสร้างที่ดีแล้ว จะต้องมีการวิเคราะห์ข้อสอบเพื่อเป็นการตรวจสอบคุณภาพของข้อสอบที่สร้างขึ้นก่อนนำไปใช้จริง โดยมีกระบวนการดังนี้ ผู้วิจัยสร้างและหาคุณภาพเครื่องมือของแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน มีขั้นตอนคือ ศึกษาหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551 และหลักสูตรสถานศึกษา เพื่อเป็นแนวทางในการสร้างแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ให้สอดคล้องกับเนื้อหานำแบบทดสอบเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาและผู้เชี่ยวชาญ เพื่อนำแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนไปทดลองกับนักเรียนที่ไม่ใช่กลุ่มทดลอง จากนั้นจึงนำแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนมาวิเคราะห์หาค่าความยาก และวิเคราะห์หาค่าอำนาจจำแนก และนำแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนไปหาค่าความเชื่อมั่น แล้วจัดพิมพ์แบบทดสอบที่ผ่านการตรวจสอบคุณภาพ

5. ความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์

5.1 ความหมาย ขอบเขต และความสำคัญของความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์

5.1.1 ความหมายของความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์

จากการศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องกับการสร้างแบบจำลอง พบว่า นักวิชาการ นักการศึกษา และหน่วยงานต่าง ๆ ระบุคำศัพท์เกี่ยวกับการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ คือ Modeling, Modelling Making model, Making scientific model และ Construct model โดยความหมายของการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์มีหลายความหมาย ดังเช่น Lesh, Lester and Hjalmarson (2003) ได้ให้ความหมายว่า การสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ คือ มโนทัศน์ที่สร้างขึ้นเพื่อแสดงถึงการใช้ตัวแทนความคิด รวมถึงการเขียนสัญลักษณ์ การพูด แผนภาพ หรือกราฟ นอกจากนี้การสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ ยังหมายถึง การออกแบบแบบจำลอง การอธิบายปรากฏการณ์ หรือระบบให้อยู่ในรูปแบบที่เข้าใจง่าย (Yildirim, 2011) เพื่อให้ผู้อื่นเข้าใจในแบบจำลองแบบต่าง ๆ และใช้สิ่งที่ทำขึ้นมาเพื่อเลียนแบบ หรืออธิบายปรากฏการณ์ที่ศึกษาหรือสนใจ รวมถึงความสามารถในการนำเสนอข้อมูล แนวคิด ความคิดรวบยอด เช่น กราฟ รูปภาพ ภาพเคลื่อนไหว วัสดุ สิ่งของ สิ่งประดิษฐ์ หุ่น เป็นต้น (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2561) ซึ่งอาจนำเสนอแนวคิดหรือเหตุการณ์ในรูปของแผนภาพ ชิ้นงาน สมการ ข้อความ คำพูดและ/หรือใช้แบบจำลองเพื่ออธิบายความคิด วัตถุ หรือเหตุการณ์ต่าง ๆ ได้เช่นกัน (กระทรวงศึกษาธิการ, 2560) และการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ ยังหมายถึงการสร้างและการปรับปรุงแบบจำลอง ซึ่งเป็นพื้นฐานหลักในการปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์ เพื่อนำไปสู่การพัฒนาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (National Research Council, 2012)

จากการศึกษาความหมายของการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ สรุปได้ว่า การสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ คือ การนำเสนอข้อมูล ความคิด หรือเหตุการณ์ เพื่อให้ผู้อื่นเข้าใจโดยการออกแบบ การสร้าง และปรับปรุงแบบจำลองในรูปแบบต่าง ๆ เช่น กราฟ รูปภาพ ภาพเคลื่อนไหว สิ่งประดิษฐ์ แผนภาพ หรือกราฟ เป็นต้น

5.1.2 ขอบเขตของความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์

ขอบเขตของการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ได้ คือในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ผู้สร้างจะต้องแสดงความเป็นตัวแทนของสิ่งที่จำลองมาได้ ต้องมีความสามารถในการสื่อสาร อธิบายได้ว่าแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ที่สร้างขึ้น สามารถใช้เป็นตัวแทนอธิบายปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์ที่จำลองมาได้อย่างไรและสามารถใช้ในการอธิบายปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์นั้นได้ องค์ประกอบของความสามารถในการสร้างแบบจำลองประกอบด้วย 2 ส่วน ได้แก่ 1) ความรู้ในการสร้าง

แบบจำลอง 2) กระบวนการปฏิบัติในการสร้างแบบจำลอง ซึ่งจากการสืบค้นและวิเคราะห์องค์ประกอบความสามารถในการสร้างแบบจำลองของนักการศึกษา และองค์กรต่าง ๆ องค์ประกอบของการปฏิบัติในการสร้างแบบจำลอง ประกอบด้วย 4ความสามารถ ได้แก่ 1) การสร้างแบบจำลอง 2) การใช้แบบจำลอง 3) การประเมินแบบจำลอง (การเปรียบเทียบแบบจำลอง) 4) การปรับปรุงแบบจำลอง ในการวิจัยนี้ผู้วิจัยเลือกแนวคิดความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ของPapaevripidou, Nicolaou, and Constantinou (2014) เนื่องจากมีองค์ประกอบของความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ด้านความรู้ในการสร้างแบบจำลอง และการปฏิบัติในการสร้างแบบจำลองอย่างครอบคลุม

สรุปได้ว่า ความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์มีขอบเขตครอบคลุม 3 ความสามารถ ได้แก่ 1) การสร้างแบบจำลอง 2) การแก้ไขปรับปรุงแบบจำลอง และ 3) การเปรียบเทียบและประเมินแบบจำลอง

5.1.3 ความสำคัญของความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์

แบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ และการสร้างแบบจำลองวิทยาศาสตร์มีความสำคัญในการเข้าใจวิทยาศาสตร์ ดังนั้นจึงเป็นสิ่งสำคัญสำหรับนักเรียนในวิชาวิทยาศาสตร์ (Harrison & Treagust, 2000) เพราะการสร้างแบบจำลองเป็นกระบวนการสำคัญในการพัฒนาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (Justi, 2009) ซึ่งเป็นส่วนสำคัญของการปฏิบัติในวิทยาศาสตร์ และเป็นส่วนหนึ่งของการรู้วิทยาศาสตร์ (Schwarz et al., 2009) ในการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ใช้แบบจำลองเพื่อช่วยอธิบายแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ให้นักเรียนเข้าใจได้ง่าย สามารถกระตุ้นนักเรียนให้วิเคราะห์ และประเมินความคิดทางวิทยาศาสตร์ได้ อีกทั้งแบบจำลองยังเป็นเครื่องมือในการเรียนวิทยาศาสตร์ที่สามารถช่วยปรับปรุงการสร้างคำอุธิบาย การทำนายเป็นตัวแทนของสิ่งที่เป็นนามธรรม (Treagust, Chittleborough, & Mamiala, 2003) แบบจำลองสามารถนำมาใช้ เพื่อนำเสนอปรากฏการณ์หลายอย่างที่มีความซับซ้อน (Taber & Akpan, 2016) และแบบจำลองสามารถนำไปใช้กับทุกสาขาวิชาในห้องเรียน และใช้ในการสอนได้ทุกระดับชั้น (Salisu & Ransom, 2014)

ความสามารถในการสร้างแบบจำลองของนักเรียน จะช่วยให้นักเรียนเรียนรู้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ทำให้นักเรียนสามารถจัดระบบระเบียบความคิดของตัวเองได้ จึงทำให้สามารถคิดเชื่อมโยงข้อมูลต่าง ๆ ที่มีอยู่ในสมองได้ดี เป็นไปตามทฤษฎีกระบวนการทางสมอง และสามารถแสดงภาพความเข้าใจของตัวเองที่มีต่อสิ่งใดสิ่งหนึ่งออกมาเป็นแบบจำลองที่มองเห็นได้ นักเรียนที่มีความสามารถในการสร้างแบบจำลองได้ดี จะสามารถสื่อสารความรู้ความเข้าใจของตนเองเกี่ยวกับความรู้เรื่องใดเรื่องหนึ่งได้ตรงกับสิ่งที่เขามีอยู่ หากความเข้าใจนั้นไม่ถูกต้อง ก็สามารถได้รับคำแนะนำเพื่อนำไปปรับปรุงแก้ไขให้ถูกต้องได้ และนักเรียนผู้นั้นยังจะใช้ความสามารถในการสร้างแบบจำลองเป็นพื้นฐานในการเรียนรู้ความรู้ใหม่ ๆ ได้ง่ายและรวดเร็วด้วย

5.2 องค์ประกอบและตัวชี้วัดความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์

5.2.1 องค์ประกอบของความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์

Schwarz et al. (2009) ได้กล่าวถึง องค์ประกอบสำคัญที่นักเรียนจะต้องมีในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ ดังนี้

1) นักเรียนต้องสร้างแบบจำลองโดยใช้หลักฐานและทฤษฎีที่มีมาก่อน

2) นักเรียนต้องใช้แบบจำลองเพื่อแสดง อธิบาย และทำนายปรากฏการณ์

3) นักเรียนเปรียบเทียบและประเมินความสามารถของแบบจำลองที่แตกต่างกันเพื่อเป็นตัวแทนของปรากฏการณ์เดิมและปรากฏการณ์ใหม่ได้อย่างถูกต้อง

4) นักเรียนต้องปรับปรุงแบบจำลองเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการอธิบายและทำนาย โดยอาศัยหลักฐานและประสบการณ์ที่ได้มาเพิ่มเติม

เมื่อนักเรียนใช้แบบจำลองเพื่อช่วยให้เกิดความเข้าใจใหม่แล้ว จะต้องมีการสื่อสารความเข้าใจนั้นไปยังบุคคลอื่น ในการทำความเข้าใจกับความรู้ (sensemaking) นักเรียนต้องสร้างแบบจำลองเพื่อพยายามเข้าใจปรากฏการณ์ และถ่ายทอดความเข้าใจนั้นผ่านแบบจำลอง และสื่อสาร (communication) แนวคิดไปยังบุคคลอื่นเพื่อให้เข้าใจปรากฏการณ์นั้น

สรุปได้ว่า องค์ประกอบของความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ประกอบด้วยการสร้างแบบจำลอง การแก้ไขปรับปรุงแบบจำลอง และการเปรียบเทียบและประเมินแบบจำลอง ในการอธิบาย แบบจำลองจะต้องมีความสอดคล้องระหว่างแบบจำลองที่สร้างขึ้นกับปรากฏการณ์ที่ศึกษารวมทั้งสามารถอธิบายมโนมติหลักของโครงสร้างและกระบวนการหรือปรากฏการณ์ที่ศึกษาได้อย่างถูกต้อง โดยอาศัยการวิเคราะห์ข้อมูลจากหลักฐาน ทฤษฎี หรือข้อค้นพบที่ได้จากการเรียนรู้ สังเกต หรือทดลองในปรากฏการณ์นั้นๆ รวมทั้งสามารถสื่อสารให้บุคคลอื่นเข้าใจในแนวคิดวิทยาศาสตร์นั้นด้วย

5.2.2 ตัวชี้วัดของความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์

Schwarz et al. (2009) ศึกษาเกี่ยวกับการพัฒนาความก้าวหน้าของการเรียนรู้สำหรับการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์และการเรียนรู้อย่างมีความหมาย กำหนดเกณฑ์การให้คะแนนความก้าวหน้าในการสร้างแบบจำลองในการเรียนรู้ด้านการสร้างและการใช้แบบจำลองเป็น 3 ด้าน ได้แก่ ด้านการเป็นตัวแทน ด้านการสื่อสาร และด้านการอธิบาย รายละเอียดเกณฑ์การประเมิน ดังตาราง

ตารางที่ 2.4 ตัวอย่างเกณฑ์การให้คะแนนความก้าวหน้าในการสร้างแบบจำลองในการเรียนรู้ด้านการสร้างและการใช้แบบจำลอง

ด้านประเมิน	ระดับ 1	ระดับ 2	ระดับ 3
การสร้างแบบจำลอง	แบบจำลองแสดงแค่ปรากฏการณ์เดียวและไม่แสดงลักษณะที่ไม่สามารถรับรู้ได้ด้วยประสาทสัมผัส มโนทัศน์ยังไม่ถูกต้องชัดเจน	แบบจำลองแสดงถึงสิ่งที่ไม่สามารถรับรู้ได้ด้วยประสาทสัมผัส มีการประยุกต์ใช้แบบจำลองในสถานการณ์ใหม่ โดยแบบจำลองที่สร้างไม่อยู่ในขอบเขตของปรากฏการณ์ที่ศึกษามโนทัศน์ถูกต้องบางส่วน	รวมแบบจำลองมากกว่า 1 แบบจำลอง สร้างแบบจำลองอยู่ในขอบเขตของปรากฏการณ์ที่ศึกษา มโนทัศน์มีความถูกต้องชัดเจน สามารถนำไปใช้อธิบายสถานการณ์ที่ศึกษาได้
การแก้ไขปรับปรุงแบบจำลอง	แสดงให้บุคคลอื่นรับรู้ลักษณะบางอย่างที่ปรากฏ โดยไม่สนับสนุนให้บุคคลอื่นเข้าใจได้ชัดเจน นอกเหนือจากสิ่งที่ปรากฏ ปราศจากหลักฐานที่มาสนับสนุนแบบจำลอง มโนทัศน์ไม่ถูกต้องและไม่มีความชัดเจน	แบบจำลองสะท้อนให้เห็นถึงความคิดของผู้สร้าง หรือทำให้บุคคลอื่นเข้าใจแบบจำลอง ภาพวาดเกิดจากการสนับสนุนของเนื้อหาความรู้ที่ได้เรียนรู้ หรือจากหลักฐานเชิงประจักษ์ มโนทัศน์ถูกต้องบางส่วน	แบบจำลองสื่อสารแนวคิดจากหลักฐานและกลไกไปยังบุคคลอื่นการวาดภาพสนับสนุนจากหลักฐานเชิงประจักษ์และข้อกล่าวอ้างหรือการให้เหตุผลในหลักฐานที่สนับสนุนข้อกล่าวอ้าง ที่แสดงว่าแบบจำลองมีความเหมาะสมกับปรากฏการณ์ สามารถนำไปใช้อธิบายสถานการณ์ที่ศึกษาได้
การเปรียบเทียบและประเมินแบบจำลอง	การอธิบายไม่มีความสัมพันธ์ระหว่างแบบจำลองและปรากฏการณ์ (คำอธิบายนอกเหนือจากปรากฏการณ์หรือภาพที่แสดง) มโนทัศน์ไม่ถูกต้องและไม่มีความชัดเจน	การอธิบายหรือการทำนายและมโนทัศน์มีความคลุมเคลือ ไม่แสดงกระบวนการหรือกลไกที่เฉพาะเจาะจง	พยายามที่จะแสดงกลไกหรือกระบวนการที่อธิบายและทำนายปรากฏการณ์ สามารถนำมโนทัศน์ที่สร้างขึ้นนำไปใช้อธิบายสถานการณ์ที่ศึกษา

5.3 การสร้างและหาคุณภาพเครื่องมือวัดความสามารถการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์

5.3.1 การสร้างเครื่องมือวัดความสามารถการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์

จากการทบทวนเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ข้างต้น พบว่า ความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์มีลักษณะเป็นการเรียนรู้ด้วยการปฏิบัติงาน (learning performance) เนื่องจากภาระงานของนักเรียน เป็นการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ที่เน้นขั้นตอนการปฏิบัติและผลงาน ทำให้วิธีการประเมินงานหรือกิจกรรมที่ผู้สอนมอบหมายให้นักเรียนปฏิบัติงานจัดเป็นการประเมินการปฏิบัติงาน (performance assessment) ซึ่งจะต้องประกอบด้วยส่วนประกอบที่สำคัญ 2 ส่วน คือ

1) ภาระงานที่ต้องการให้นักเรียนปฏิบัติ (performance task) คือ กิจกรรมที่ให้นักเรียน ได้ประยุกต์ใช้ความรู้และทักษะ โดยอาจประเมินผลงานที่นักเรียนสร้างขึ้น และ/หรือกระบวนการที่นักเรียนใช้สร้างผลงานจนสำเร็จ

2) เกณฑ์การให้คะแนน (scoring rubrics) คือ เกณฑ์ที่ใช้ประเมินคุณภาพการปฏิบัติงานของนักเรียน (สำนักวิชาการและมาตรฐานการศึกษา, 2557)

Lantz et al. (2004) ได้สร้างแบบประเมินการสร้างแบบจำลองแบบเกณฑ์การประเมิน (scoring rubrics) แบ่งเกณฑ์ออกเป็น 3 ระดับ คือ ดี ใช้ได้ และควรปรับปรุง โดยให้นักเรียนและครูเป็นผู้ประเมินรายการประเมินประกอบด้วย 4 รายการ ดังนี้

1) แบบจำลองแสดงข้อมูลที่ถูกต้องหรือไม่

2) แบบจำลองแสดงออกถึงสิ่งที่ต้องการนำเสนอได้อย่างชัดเจน

3) แบบจำลองเข้าใจง่าย

4) แบบจำลองมีสัดส่วนเหมาะสม สะอาดและเรียบร้อย

อารยา ควัฒน์กุล (2558) ประเมินความสามารถในการสร้างแบบจำลองโดยใช้วิธีการประเมินจากผลงานแบบจำลองที่นักเรียนสร้างขึ้นผ่านการทำแบบทดสอบวัดความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ โดยใช้เกณฑ์การประเมิน (scoring rubrics) เนื่องจากการให้คะแนนจะประเมินตามองค์ประกอบของแบบจำลองนั้น ซึ่งมีหลายองค์ประกอบ และให้คะแนนแบบแยกองค์ประกอบย่อย สามารถแบ่งระดับคะแนนออกได้ตั้งแต่ 2-5 ระดับรายการประเมินแบบจำลอง เช่น

1) เนื้อหาสาระ ข้อมูลเสริมในมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์อย่างถูกต้องชัดเจนและเข้าใจ

2) ความชัดเจนในเนื้อหา

3) รูปแบบการนำเสนอ

4) ความคิดสร้างสรรค์

5) การนำไปใช้ในการอธิบายสถานการณ์ได้

ในการวิจัยครั้งนี้ การวัดความสามารถในการสร้างแบบจำลอง โดยใช้วิธีการวัดจากผลงานแบบจำลองที่นักเรียนสร้างขึ้นผ่านการทำแบบทดสอบวัดความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ โดยใช้เกณฑ์การประเมิน (scoring rubrics) ให้คะแนนแบบแยกองค์ประกอบย่อย ซึ่งจะแบ่งเกณฑ์การประเมินในแต่ละรายการ ออกเป็น 3 ระดับ คือ ดีมาก ดี และพอใช้ ระดับรายการประเมินแบบจำลอง ได้แก่ 1) ความถูกต้องของมโนทัศน์ 2) การนำไปใช้อธิบายสถานการณ์ที่ศึกษาได้

5.3.2 การหาคุณภาพเครื่องมือวัดความสามารถการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์

การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล ต้องหาคุณภาพของเครื่องมือเพื่อเป็นการยืนยันว่าเครื่องมือดังกล่าวมีคุณภาพ ซึ่งการหาคุณภาพของเครื่องมือสามารถจำแนกเป็น 2 ลักษณะ คือ

1) การหาคุณภาพของเครื่องมือทั้งฉบับ

การวิเคราะห์ข้อสอบทั้งฉบับ เป็นการตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือวัดเกี่ยวกับความเที่ยงตรง (Validity)

2) การวิเคราะห์หาคุณภาพของข้อสอบรายข้อ

การวิเคราะห์ข้อสอบรายข้อ เป็นการตรวจสอบคุณภาพของข้อสอบแต่ละข้อโดยพิจารณาจากสมบัติที่สำคัญ 3 ประการ ได้แก่ ความยาก และอำนาจจำแนก

6. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

6.1 งานวิจัยในประเทศ

โกเมศ นาแจ้ง (2554) ศึกษาผลของการจัดการเรียนการสอนโดยใช้ MCIS (model-centered instruction sequence) ที่มีต่อความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ และมโนทัศน์เรื่องกฎการเคลื่อนที่และแบบของการเคลื่อนที่ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย โดยวัดองค์ประกอบของแบบจำลอง ซึ่งประกอบด้วย 5 องค์ประกอบ ดังนี้ แบบจำลองที่แสดงด้วยภาพวาด แบบจำลองที่นำเสนอการทดลอง แบบจำลองที่แสดงด้วยกราฟิก แบบจำลองที่แสดงด้วยสมการทางคณิตศาสตร์ แบบจำลองที่แสดงด้วยข้อความมโนทัศน์ ผลการศึกษาพบว่านักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนบดินทรเดชา (สิงห์ สิงหเสนี) กรุงเทพมหานคร มีความสามารถในการสร้างแบบจำลองในวิชาฟิสิกส์อยู่ในระดับพอใช้ เนื่องมาจากธรรมชาติหรือลักษณะของวิชาฟิสิกส์มีความเป็นนามธรรมสูงแม้ว่าปรากฏการณ์ที่ศึกษานั้นจะมีอยู่จริงแต่อาจมองไม่เห็นด้วยตาเปล่าหรือสัมผัสไม่ได้

ณัฏฐ์นภันต์ กตัญรัตน์ (2558) ศึกษาการจัดการเรียนรู้แบบMIS (model-centered instruction sequence) ในวิชาเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนร้อยเอ็ดวิทยาลัย จังหวัดร้อยเอ็ด พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่มีความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ในระดับดีมาก แต่ยังคงมีนักเรียนจำนวนอีกไม่น้อยที่ยังอยู่ในระดับดี ระดับปานกลาง ระดับพอใช้ และระดับควรปรับปรุง การที่นักเรียนมีระดับความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ในระดับที่ยังไม่ดีเท่าที่ควร อาจเนื่องมาจากนักเรียนต้องวาดสิ่งที่เป็นนามธรรม ไม่สามารถมองเห็นหรือสัมผัสได้ออกมาเป็นรูปภาพ รวมทั้งต้องระบุสัญลักษณ์ต่างๆ ประกอบด้วยทำให้การวาดภาพเพื่อสื่อสารสิ่งที่มองไม่เห็นให้คนอื่นเข้าใจเป็นเรื่องที่ไม่ง่าย

หนึ่งฤทัย เกียรติพิมล (2559) ศึกษาผลของการใช้แนวคิดการสร้างตัวแทนความคิดที่มีต่อความสามารถในการสร้างแบบจำลองของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนมัธยมศึกษาขนาดใหญ่พิเศษกรุงเทพมหานคร ในวิชาชีววิทยา พบว่านักเรียนที่เรียนด้วยแนวคิดการสร้างตัวแทนความคิดมีความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับดี เนื่องมาจากการสร้างแบบจำลองต้องอาศัยกระบวนการแปลความหมายข้อมูล หากปรากฏการณ์หรือกระบวนการทางวิทยาศาสตร์นั้นมีความยากต่อการทำความเข้าใจ ส่งผลทำให้นักเรียนแปลความหมายในรูปแบบของแบบจำลองได้ยาก นอกจากนี้นักเรียนสามารถประเมินและปรับปรุงแบบจำลองได้ดีขึ้นหลังจากผ่านการเรียนรู้โดยใช้แนวคิดการสร้างตัวแทนความคิดผ่านไปเป็นเวลา 4 สัปดาห์ ซึ่งต้องใช้ระยะเวลาในการพัฒนาความสามารถในการสร้างแบบจำลอง

ธีระศักดิ์ ไชยสัตย์ (2560) ศึกษาผลการจัดการเรียนรู้แบบจำลองเป็นฐานที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมีและความสามารถในการคิดเชิงผลิตภาพของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนมัธยมขยายโอกาส จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ พบว่านักเรียนมีคะแนนสูงกว่าเกณฑ์เมื่อเทียบกับเกณฑ์ร้อยละ 70 ทั้งนี้เพราะการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานเปลี่ยนเรื่องของนามธรรมที่ให้ออกมาเป็นรูปธรรม ส่งผลให้นักเรียนเกิดทักษะจากการได้ลงมือปฏิบัติกิจกรรมการเรียนการสอน เกิดเจตคติที่ดีต่อวิทยาศาสตร์และมีความกระตือรือร้นในการเรียนรู้ และความสามารถในการคิดเชิงผลิตภาพของนักเรียนมีคะแนนสูงกว่าเกณฑ์เมื่อเทียบกับเกณฑ์ร้อยละ 70 การสอนให้คิดผลิตภาพเป็นการสอนที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนสามารถใช้ความคิดที่มีใช้ประโยชน์ได้โดยตรง ซึ่งทำให้ผู้เรียนสามารถใช้ความคิดได้อย่างคุ้มค่า และเกิดคุณค่าที่สำคัญยิ่งในทางเศรษฐกิจและสังคม

เสาวรภย์ แสงอรุณ (2563) ศึกษาผลของการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง พันธะเคมี ที่มี ต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมีและความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนวัดสุทธิวราราม กรุงเทพมหานคร พบว่า นักเรียนที่เรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมีสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70

6.2 งานวิจัยต่างประเทศ

Rogers et al. (2000) ศึกษาความเข้าใจเกี่ยวกับแบบจำลองของนักเรียนเกรด 8-11พบว่า นักเรียนยังไม่รู้บทบาท ข้อจำกัด และวัตถุประสงค์ของแบบจำลองที่ใช้ ซึ่งแสดงให้เห็นว่า ความคิดของนักเรียนเกี่ยวกับแบบจำลองของสิ่งต่าง ๆ เกิดขึ้นจากประสบการณ์ในชีวิตประจำวัน และความเข้าใจของนักเรียนเกี่ยวกับบทบาทของแบบจำลองในการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ได้รับการปรับปรุงหรือแก้ไขภายหลังจากได้รับการเรียนการสอน

Chang (2008) ศึกษาความสามารถในการสร้างแบบจำลองและแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง แบตเตอรี่ของนักศึกษาชั้นปีที่ 1 โดยให้นักศึกษาศึกษาแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ของแบตเตอรี่ผ่านวิดีโอ จากนั้นได้รับการประเมินโดยการทดสอบความสามารถในการสร้างแบบจำลอง การทดสอบแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ และการทดสอบการสร้างแบบจำลองตามบริบท พบว่านักเรียนมีความสามารถในการสร้างแบบจำลองของนักเรียนและการเรียนรู้เกี่ยวกับแนวคิดของแบตเตอรี่เพิ่มขึ้น

Baek et al. (2011) ศึกษาผลของการจัดเรียนการสอนโดยใช้ MIS (model-centered instructional sequence) ในบทเรียนเรื่อง การระเหยและการควบแน่นของสาร เพื่อส่งเสริมการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนเกรด 5 พบว่า นักเรียนมีความพยายามที่จะสร้างแบบจำลองที่สอดคล้องกับปรากฏการณ์ แต่ยังขาดการประยุกต์ใช้แบบจำลองไปสู่ปรากฏการณ์ใหม่ และทำได้ยากเมื่อนักเรียนไม่ได้รับความช่วยเหลือจากครู นอกจากนี้นักเรียนมีความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์เพิ่มขึ้นคิดเป็นร้อยละ 64 ของนักเรียนทั้งหมด ซึ่งนักเรียนสามารถวาดภาพแบบจำลองที่อธิบายการเคลื่อนที่ของอนุภาคที่ไม่สามารถมองเห็นได้ เป็นการแสดงการอธิบายลักษณะที่สำคัญด้วยแบบจำลองและการสื่อสารด้วยแบบจำลอง

Khan (2011) ได้ศึกษารูปแบบการสอน GEM (Generate - Evaluate - Modify: GEM) ของครูที่ใช้ในห้องเรียนวิทยาศาสตร์ จากการสังเกตการสอนของครู และพฤติกรรมการเรียนของนักเรียนในชั้นเรียน พบว่า ในขั้นตอนสร้างแบบจำลอง นักเรียนได้สร้างแบบจำลองเริ่มต้น แต่ยังไม่ได้มีการอธิบาย และปรับปรุงแบบจำลองเริ่มต้นของตนเอง ไม่มีการเปรียบเทียบแบบจำลองกับผู้อื่นและไม่ได้เปิดโอกาสให้นักเรียนนำเสนอแบบจำลองกับเพื่อนในชั้นเรียน ทำให้นักเรียนไม่ได้เรียนรู้แบบจำลองที่หลากหลาย การนำเสนอแบบจำลองทำให้นักเรียนได้แสดงความเข้าใจของตนเองเกี่ยวกับสิ่งที่ไม่สามารถสังเกตเห็นได้ รูปแบบการสอนโดยใช้แบบจำลองเป็นฐานจะมีประสิทธิภาพมากที่สุดเมื่อนักเรียนสามารถมีส่วนร่วมในการปฏิบัติการสร้างแบบจำลองอย่างหลากหลาย เพื่อสร้างประเมินและแก้ไขแบบจำลองของตนเอง

Bamberger et al. (2013) ศึกษาการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนเกรด 6 เรื่องกลิ่น การระเหย และแรงเสียดทาน โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน พบว่านักเรียนมีความสามารถในการสร้างแบบจำลองดีขึ้น สามารถวาดแบบจำลองที่ดีกว่าก่อนเรียน และแสดงข้อมูลได้อย่างถูกต้องชัดเจนตามความเข้าใจของนักเรียน

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องพบว่า การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานเป็นการส่งเสริมให้นักเรียนสามารถพัฒนาองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่เป็นรูปธรรม ส่งผลให้มีการพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนพัฒนาสูงขึ้น และการมีโอกาสได้แสดงข้อมูลทางความคิดในสมองออกมาเป็นแบบจำลองแบบต่าง ๆ เพื่อสะท้อนการเรียนรู้ใหม่ด้วยตนเอง ตลอดจนเชื่อมโยงความรู้ความเข้าใจให้เกิดภาพพจน์ที่ชัดเจนขึ้น ส่งผลต่อการพัฒนาความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ ด้วยการลงมือปฏิบัติอย่างเป็นระบบและมีขั้นตอนที่ชัดเจนอย่างมีประสิทธิภาพ ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีความสนใจในการศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ ด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง สารบริสุทธิ์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัย เรื่อง ผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง สารบริสุทธิ์ ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนนครขอนแก่น จังหวัดขอนแก่น มีวิธีดำเนินการวิจัย ดังนี้

1. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

1.1 ประชากร เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนนครขอนแก่น จังหวัดขอนแก่น ปีการศึกษา 2566 จำนวน 385 คน จัดเป็น 11 ห้องเรียน โดยคละความสามารถ

1.2 กลุ่มตัวอย่าง เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ดังกล่าวจำนวน 2 ห้องเรียน ซึ่งได้มาโดยการสุ่มแบบกลุ่ม แล้วจับสลากให้ห้องเป็นกลุ่มทดลอง (ม.1/11 มีจำนวน 35 คน) และอีกห้องหนึ่งเป็นกลุ่มควบคุม (ม.1/8 มีจำนวน 35 คน)

2. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

2.1 เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง ได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง สารบริสุทธิ์ จำนวน 5 แผน ใช้เวลาสอน 20 ชั่วโมง และแผนการจัดการเรียนรู้แบบปกติใช้เวลาสอนเท่ากัน

2.2 เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

2.2.1 แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ เรื่อง สารบริสุทธิ์

2.2.2 แบบทดสอบความสามารถในการสร้างแบบจำลอง

3. การสร้างและหาคุณภาพเครื่องมือ

3.1 เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง ได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้ มีการดำเนินการดังนี้

3.1.1 แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

1) ศึกษาและวิเคราะห์หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) จุดมุ่งหมาย สาระและมาตรฐานการเรียนรู้ ตัวชี้วัด ขอบข่ายของเนื้อหาสาระ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี และหลักสูตรสถานศึกษาโรงเรียนนครขอนแก่น ในรายวิชาวิทยาศาสตร์พื้นฐาน สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1

2) ศึกษาแนวคิด ทฤษฎีความหมายและหลักการการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน วิเคราะห์กรอบแนวคิดของการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน จัดเตรียมทำแผนการจัดการเรียนรู้โดยแบ่งออกเป็น 4 ขั้นตอน ดังนี้ 1) การสร้างแบบจำลอง 2) การประเมินแบบจำลอง 3) การดัดแปลงแก้ไขแบบจำลอง และ4) การขยายแบบจำลอง ตามกรอบแนวคิด ดังตาราง

ตารางที่ 3.1 กิจกรรมตามขั้นตอนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน	**กิจกรรมตามขั้นตอน**
ขั้นที่ 1 การสร้างแบบจำลอง	นักเรียนจะต้องสร้างแบบจำลองจากความรู้เดิม ที่มีข้อมูลอยู่จากประเด็นที่ครูกำหนด โดยการปรึกษากับสมาชิกภายในกลุ่ม จากประเด็นที่ครูกำหนดถึงลักษณะของแบบจำลองควรจะมีส่วนประกอบอะไรบ้าง ห้ามใช้แหล่งข้อมูลต่าง ๆ ข้อมูลที่นำมาสร้างแบบจำลองจะต้องมาจากประสบการณ์เดิมเท่านั้น
ขั้นที่ 2 การประเมินแบบจำลอง	นักเรียนได้สะท้อนความคิดและแลกเปลี่ยนเหตุผลเพื่ออธิบายแนวคิดที่ใช้ในการสร้างแบบจำลองด้วยคำพูดของนักเรียนเอง ครูพิจารณาความถูกต้องของมโนทัศน์ของนักเรียนพร้อมทั้งอธิบายความรู้พื้นฐานในเรื่องที่ต้องการให้นักเรียนสร้างแบบจำลอง จากนั้นนักเรียนตรวจสอบความถูกต้องของมโนทัศน์ของตนเอง หากแบบจำลองที่นักเรียนสร้างขึ้นมาจากมโนทัศน์ที่ไม่ถูกต้องให้ปรับปรุงและแก้ไขแบบจำลอง

ตารางที่ 3.1 (ต่อ)

ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน	กิจกรรมตามขั้นตอน
ขั้นที่ 3 การดัดแปลงแก้ไขแบบจำลอง	นักเรียนดัดแปลง และแก้ไขแบบจำลองจนสามารถใช้อธิบายข้อมูลได้อย่างถูกต้องหลังจากที่ได้เรียนรู้ว่าแบบจำลองของตนไม่สามารถอธิบายปรากฏการณ์ข้อเท็จจริง หลักการ หรือกฎ นักเรียนอาจสามารถเปรียบเทียบแบบจำลองจากกลุ่มเพื่อน และรวบรวมแบบจำลองของแต่ละกลุ่มเข้าด้วยกัน เพื่อสร้างเป็นแบบจำลองของกลุ่มหรือชั้นเรียน ทำให้นักเรียนได้แลกเปลี่ยนความคิดเห็นและสร้างแบบจำลองที่ดีที่สุดและสอดคล้องกับหลักการทางวิทยาศาสตร์ จึงเป็นขั้นตอนสำคัญที่ทำให้นักเรียนเข้าใจกระบวนการสร้างแบบจำลองและพัฒนาความรู้ทางวิทยาศาสตร์
ขั้นที่ 4 การขยายแบบจำลอง	นักเรียนนำสิ่งที่ได้เรียนรู้ไปประยุกต์ใช้ในสถานการณ์ใหม่ที่คล้ายกับสถานการณ์เดิมโดยสามารถสร้างแบบจำลองเพื่ออธิบายสถานการณ์ใหม่ได้

3) ศึกษาวิเคราะห์รายละเอียดเนื้อหาสาระการเรียนรู้ เพื่อออกแบบและวางแผนในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ และการประเมินผลการเรียนรู้ให้ตรงตามหลักสูตรที่กำหนด

ตารางที่ 3.2 รายละเอียดเนื้อหาสาระการสร้างแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

แผนการจัดการเรียนรู้ที่	ชื่อเรื่อง	เวลา (ชั่วโมง)
1	ความหมายและประเภทของสารบริสุทธิ์	4
2	สมบัติความหนาแน่นของวัตถุ	4
3	อะตอมของธาตุและโครงสร้างของอะตอม	4
4	ธาตุโลหะ กึ่งโลหะ และอโลหะ	4
5	ประโยชน์ และข้อจำกัดของธาตุบางชนิดในชีวิตประจำวัน	4
รวม		**20**

4) สร้างแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ให้สัมพันธ์กับมาตรฐานการเรียนรู้ช่วงชั้น ตัวชี้วัด และสาระการเรียนรู้ จำนวน 5 แผน ใช้เวลารวมทั้งหมด 20 ชั่วโมง ได้แยกเป็นแผนการจัดการเรียนรู้ ดังตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.3 กรอบเนื้อหาแผนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง สารบริสุทธิ์

แผนการจัดการเรียนรู้ที่	**ชื่อหน่วยการเรียนรู้**	**ตัวชี้วัด**	**จำนวนชั่วโมง**
1	ความหมายและประเภทของสารบริสุทธิ์	ว 2.1 ม 1/7 อธิบายเกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างอะตอมธาตุและสารประกอบโดยใช้แบบจำลองและสารสนเทศ	4
2	สมบัติความหนาแน่นของวัตถุ	ว 2.1 ม.1/5 อธิบายและเปรียบเทียบความหนาแน่นของสารบริสุทธิ์และสารผสม ว 2.1 ม.1/6 ใช้เครื่องมือเพื่อวัดมวลและปริมาตรของสารบริสุทธิ์และสารผสม	4
3	อะตอมของธาตุและโครงสร้างของอะตอม	ว 2.1 ม.1/7 อธิบายเกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างอะตอม ธาตุ และสารประกอบ โดยใช้แบบจำลองและสารสนเทศ ว 2.1 ม.1/8 อธิบายโครงสร้างอะตอมที่ประกอบด้วยโปรตอน นิวตรอน และอิเล็กตรอน โดยใช้แบบจำลอง ว 2.1 ม.1/9 อธิบายและเปรียบเทียบการจัดเรียงอนุภาค แรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาคและการเคลื่อนที่ของอนุภาคของสสารชนิดเดียวกันในสถานะของแข็ง ของเหลว และแก๊ส โดยใช้แบบจำลอง	4

ตารางที่ 3.3 (ต่อ)

แผนการจัดการเรียนรู้ที่	ชื่อหน่วยการเรียนรู้	ตัวชี้วัด	จำนวนชั่วโมง
4	ธาตุโลหะ กึ่งโลหะ และอโลหะ	ว 2.1 ม 1/1 อธิบายสมบัติทางกายภาพบางประการของธาตุโลหะ อโลหะ และกึ่งโลหะ โดยใช้หลักฐานเชิงประจักษ์ที่ได้จากการสังเกต และการทดสอบ และใช้สารสนเทศที่ได้จากแหล่งข้อมูลต่าง ๆ รวมทั้งจัดกลุ่มธาตุเป็นโลหะ อโลหะ และกึ่งโลหะ ว 2.1 ม 1/2 วิเคราะห์ผลจากการใช้ธาตุโลหะ อโลหะ กึ่งโลหะ และธาตุกัมมันตรังสีที่มีต่อสิ่งมีชีวิตสิ่งแวดล้อม เศรษฐกิจ และสังคมจากข้อมูลที่รวบรวมได้ ว 2.1 ม 1/3 ตระหนักถึงคุณค่าของการใช้ธาตุโลหะ อโลหะ กึ่งโลหะ ธาตุกัมมันตรังสีโดยเสนอแนวทางการใช้ธาตุอย่างปลอดภัยคุ้มค่า	4
5	ประโยชน์ และข้อจำกัดของธาตุบางชนิดในชีวิตประจำวัน	ว 2.1 ม 1/2 วิเคราะห์ผลจากการใช้ธาตุโลหะ อโลหะ กึ่งโลหะ และธาตุกัมมันตรังสีที่มีต่อสิ่งมีชีวิตสิ่งแวดล้อม เศรษฐกิจ และสังคมจากข้อมูลที่รวบรวมได้ ว 2.1 ม 1/3 ตระหนักถึงคุณค่าของการใช้ธาตุโลหะ อโลหะ กึ่งโลหะ ธาตุกัมมันตรังสีโดยเสนอแนวทางการใช้ธาตุอย่างปลอดภัยคุ้มค่า	4
		รวม	**20**

5) นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่สร้างขึ้นเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ เพื่อตรวจสอบความถูกต้องและความเหมาะสม แล้วปรับปรุงแก้ไข

6) นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่ปรับปรุงแก้ไขแล้ว เสนอต่อผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 ท่าน เพื่อตรวจสอบความเหมาะสมและความสอดคล้องของแผนการจัดการเรียนรู้เนื้อหา และขั้นตอนการทำกิจกรรม โดยใช้เกณฑ์การประเมินระดับความคิดเห็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) 5 ระดับ ตามวิธีของ Likert (ไพศาล วรคำ, 2561) โดยใช้เกณฑ์ ดังนี้

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

ได้ผลคะแนนเฉลี่ย 3.51 ถึง 5.00 จึงเป็นถือว่าเป็นแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ใช้ได้ พบว่า แผนการจัดการเรียนรู้มีคุณภาพอยู่ในระดับมากถึงมากที่สุด

7) ปรับปรุงแก้ไขแผนการจัดการเรียนรู้ที่ได้รับการตรวจพิจารณา แก้ไขปรับปรุงตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ

8) นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่แก้ไขปรับปรุงเรียบร้อยแล้วไปใช้จริงกับกลุ่มทดลอง

3.1.2 แผนการจัดการเรียนรู้แบบปกติ

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

2) ศึกษาแนวคิด ทฤษฎีความหมายและหลักการการจัดการเรียนรู้ วิเคราะห์กรอบแนวคิด และจัดเตรียมทำการจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการสืบเสาะหาความรู้แบบ 5E ดังนี้ 1) ขั้นสร้างความสนใจ 2) ขั้นสำรวจและค้นหา 3) ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป 4) ขั้นอธิบายความรู้ และ 5) ขั้นประเมินผล ตามกรอบแนวคิดต่อไปนี้

ตารางที่ 3.4 กิจกรรมตามขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการสืบเสาะหาความรู้แบบ 5E

ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการสืบเสาะหาความรู้แบบ 5E	กิจกรรมตามขั้นตอน
ขั้นที่ 1 สร้างความสนใจ	ผู้เรียนเกิดความสงสัยและสนใจหาคำตอบ
ขั้นที่ 2 สำรวจและค้นหา	ผู้เรียนได้สืบเสาะหาคำตอบด้วยวิธีต่าง ๆ
ขั้นที่ 3 ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป	ผู้เรียนตอบคำถามและอธิบายโดยการเชื่อมโยงความรู้ใหม่และความรู้เดิม
ขั้นที่ 4 ขยายความรู้	ผู้เรียนต่อยอดความรู้ใหม่ให้กว้างขวางมากขึ้น
ขั้นที่ 5 ขั้นประเมิน	ผู้เรียนประเมิน/สะท้อน การเรียนรู้ของตนเอง

3) ศึกษาวิเคราะห์รายละเอียดเนื้อหาสาระการเรียนรู้ เพื่อออกแบบและวางแผนในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ และการประเมินผลการเรียนรู้ให้ตรงตามหลักสูตรที่กำหนด

ตารางที่ 3.5 รายละเอียดเนื้อหาสาระการสร้างแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการสืบเสาะหาความรู้แบบ 5E

แผนการจัดการเรียนรู้ที่	ชื่อเรื่อง	เวลา (ชั่วโมง)
1	ความหมายและประเภทของสารบริสุทธิ์	4
2	สมบัติความหนาแน่นของวัตถุ	4
3	อะตอมของธาตุและโครงสร้างของอะตอม	4
4	ธาตุโลหะ กึ่งโลหะ และอโลหะ	4
5	ประโยชน์ และข้อจำกัดของธาตุบางชนิดในชีวิตประจำวัน	4
	รวม	**20**

4) สร้างแผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้น ให้สัมพันธ์กับมาตรฐานการเรียนรู้ช่วงชั้น ตัวชี้วัด และสาระการเรียนรู้ จำนวน 5 แผน ใช้เวลารวมทั้งหมด 20 ชั่วโมง ได้แยกเป็นแผนการจัดการเรียนรู้

5) นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่สร้างขึ้นเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ เพื่อตรวจสอบความถูกต้องและความเหมาะสม แล้วปรับปรุงแก้ไข

6) นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่ปรับปรุงแก้ไขแล้ว เสนอต่อผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 ท่าน เพื่อตรวจสอบคุณภาพความตรงกับความเหมาะสมและความสอดคล้องของแผนการจัดการเรียนรู้ เนื้อหา และขั้นตอนการทำกิจกรรม โดยใช้เกณฑ์การประเมินระดับความคิดเห็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) 5 ระดับ ตามวิธีของ Likert (ไพศาล วรคำ, 2561) โดยใช้เกณฑ์ ดังนี้

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

ได้ผลคะแนนเฉลี่ย 3.71 ถึง 5.00 จึงเป็นถือว่าเป็นแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ใช้ได้ พบว่า แผนการจัดการเรียนรู้มีคุณภาพอยู่ในระดับมากถึงมากที่สุด

7) ปรับปรุงแก้ไขแผนการจัดการเรียนรู้ที่ได้รับการตรวจพิจารณา แก้ไขปรับปรุงตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ

8) นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่แก้ไขปรับปรุงเรียบร้อยแล้วไปใช้จริงกับกลุ่มทดลอง

3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล ได้แก่ แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ และแบบวัดความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ มีการดำเนินการดังนี้

3.2.1 แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์

1) ศึกษาเอกสารเกี่ยวกับวิธีการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์พื้นฐาน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 จากเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2) ศึกษาจุดประสงค์การเรียนรู้ และสาระการเรียนรู้จากหลักสูตรกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี วิชาวิทยาศาสตร์พื้นฐาน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 เพื่อวิเคราะห์เนื้อหาและจุดประสงค์การเรียนรู้ แบ่งการออกข้อสอบตามระดับพฤติกรรมด้านพุทธิพิสัยของ Bloom แบบปรับปรุงใหม่ 4 ด้าน (Anderson & Krathwohl, 2001) คือ

(1) จำ หมายถึง ความสามารถในการดึงเอาความรู้ที่มีอยู่ในหน่วยความจำระยะยาวออกมา แบ่งประเภทย่อยได้ 2 ลักษณะ คือ จำได้ และ ระลึกได้

(2) เข้าใจ หมายถึง ความสามารถในการกำหนดความหมายของคำพูด ตัวอักษร และการสื่อสารจากสื่อต่าง ๆ ที่เป็นผลมาจากการสอน แบ่งประเภทย่อยได้ 7 ลักษณะ คือ ตีความ ยกตัวอย่าง จำแนกประเภท สรุป อนุมาน เปรียบเทียบ และอธิบาย

(3) ประยุกต์ใช้ หมายถึง ความสามารถในการดำเนินการหรือใช้ระเบียบวิธีการภายใต้สถานการณ์ที่กำหนดให้ แบ่งประเภทย่อยได้ 2 ลักษณะ คือ ดำเนินงาน และใช้เป็นเครื่องมือ

(4) วิเคราะห์ หมายถึง ความสามารถในการแยกส่วนประกอบของสิ่งต่าง ๆ และค้นหาความสัมพันธ์ระหว่างส่วนประกอบ ความสัมพันธ์ระหว่างของส่วนประกอบกับโครงสร้างรวมหรือส่วนประกอบเฉพาะ แบ่งประเภทย่อยได้ 3 ลักษณะ คือ บอกความแตกต่าง จัดโครงสร้าง ระบุคุณลักษณะ

3) สร้างตารางวิเคราะห์จุดประสงค์การเรียนรู้ กรอบแนวคิดและสาระการเรียนรู้ เรื่อง สารบริสุทธิ์ เพื่อกำหนดจุดมุ่งหมายในการสร้างข้อสอบที่ต้องการวัดพฤติกรรมของนักเรียน จำนวนข้อสอบ 40 ข้อ ดังตารางที่ 3.6

ตารางที่ 3.6 วิเคราะห์ความสอดคล้องของจุดประสงค์การเรียนรู้และพฤติกรรมสำหรับออกข้อสอบวิชาวิทยาศาสตร์ เรื่อง สารบริสุทธิ์

จุดประสงค์การเรียนรู้	ระดับพฤติกรรม				ข้อสอบเลือกตอบ	ข้อสอบเขียนตอบ
	จำ	เข้าใจ	นำไปใช้	วิเคราะห์		
1. บอกความหมายของสารบริสุทธิ์ได้	1				1	
2. จำแนกประเภทของสารบริสุทธิ์ได้		2			1	
3. บอกความหมายของธาตุได้	1				1	
4. บอกความหมายของสารประกอบได้	1				1	
5. ยกตัวอย่างธาตุได้					1	
6. ยกตัวอย่างสารประกอบได้				1	1	
7. ยกตัวอย่างอัตราส่วนคงที่ของอะตอมที่เข้ามารวมกันเป็นสารประกอบได้				1	1	
8. บอกประโยชน์และโทษของธาตุและสารประกอบแต่ละชนิดได้				1	1	
9. บอกสมบัติของสารบริสุทธิ์ได้				1	1	
10. บอกความหมายและหน่วยของความหนาแน่นของสารได้	1				1	
11. คำนวณหาความหนาแน่นของสารได้	1		1		2	
12. บอกความหมายของจุดเดือดของสารบริสุทธิ์ได้	1				1	

ตารางที่ 3.6 วิเคราะห์ความสอดคล้องของจุดประสงค์การเรียนรู้และพฤติกรรมสำหรับออกข้อสอบวิชา วิทยาศาสตร์ เรื่อง สารบริสุทธิ์

จุดประสงค์การเรียนรู้	ระดับพฤติกรรม				ข้อสอบเลือกตอบ	ข้อสอบเขียนตอบ
	จำ	เข้าใจ	นำไปใช้	วิเคราะห์		
13. บอกความหมายของจุดหลอมเหลวของสารบริสุทธิ์ได้	1				1	
14. เปรียบเทียบความแตกต่างของจุดเดือดและจุดหลอมเหลว ของสารบริสุทธิ์และสารผสมได้				2	2	
15. บอกความสัมพันธ์ของสารบริสุทธิ์และความหนาแน่น จุดเดือด และจุดหลอมเหลวได้				4	4	
16. บอกความหมายของอะตอมได้	1				1	
17. ระบุจำนวนและชื่ออนุภาคพื้นฐานภายในอะตอมได้	1				1	
18. ระบุชนิดของประจุไฟฟ้าของอนุภาคโปรตอน นิวตรอน และอิเล็กตรอนได้		1			1	
19. บรรยายสภาพที่อยู่ของอนุภาคพื้นฐานทั้ง 3 ชนิด ที่อยู่ภายในอะตอมได้				1	1	
20. บอกชนิดของธาตุจากจำนวนโปรตอนได้				1	1	
21. บอกประโยชน์ของการจัดเรียงอนุภาคในสถานะของแข็ง ของเหลว และแก๊สได้				1	1	
22. บอกประโยชน์ของการจัดเรียงอนุภาคในสถานะของแข็ง ของเหลว และแก๊สได้				1	1	
23. เขียนสัญลักษณ์นิวเคลียร์ของธาตุแต่ละชนิดได้	1	1			2	

ตารางที่ 3.6 วิเคราะห์ความสอดคล้องของจุดประสงค์การเรียนรู้และพฤติกรรมสำหรับออกข้อสอบวิชาวิทยาศาสตร์ เรื่อง สารบริสุทธิ์

จุดประสงค์การเรียนรู้	**ระดับพฤติกรรม**				**ข้อสอบเลือกตอบ**	**ข้อสอบเขียนตอบ**
	จำ	**เข้าใจ**	**นำไปใช้**	**วิเคราะห์**		
24. วิเคราะห์จำนวนโปรตอน นิวตรอน และอิเล็กตรอนของธาตุเมื่อรู้ค่าเลขอะตอมและเลขมวลของธาตุได้				1	1	
25. จำแนกชนิดของธาตุเป็น โลหะ กึ่งโลหะ และอโลหะได้		1			1	
26. เปรียบเทียบสมบัติของธาตุโลหะ กึ่งโลหะ และอโลหะได้				1	1	
27. ยกตัวอย่างธาตุโลหะ กึ่งโลหะ และอโลหะได้	1				1	
28. วิเคราะห์สาเหตุที่ทำให้โลหะมีสมบัติผิวมันวาว และเป็นตัวนำไฟฟ้าได้				1	1	
29. ยกตัวอย่างประโยชน์การใช้งานของธาตุโลหะ อโลหะ และกึ่งโลหะในชีวิตประจำวันได้			1		1	
30. ยกตัวอย่างประโยชน์และข้อจำกัดของการใช้ธาตุโลหะได้			1		1	
31. ยกตัวอย่างประโยชน์และข้อจำกัดของการใช้ธาตุกึ่งโลหะได้			1		1	
32. ยกตัวอย่างประโยชน์และข้อจำกัดของการใช้ธาตุอโลหะได้			1		1	
33. เสนอแนวทางการใช้ธาตุอย่างปลอดภัยและคุ้มค่าได้			1		1	
34. แลกเปลี่ยนความคิดเห็นการใช้ประโยชน์และข้อจำกัดของการใช้ธาตุในชีวิตประจำวันได้			1		1	
รวม	**10**	**5**	**7**	**18**	**40**	

4) สร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 เรื่อง สารบริสุทธิ์ ให้ครอบคลุมเนื้อหาสาระการเรียนรู้ และจุดประสงค์การเรียนรู้ จำนวน 1 ฉบับ ซึ่งแบบทดสอบเป็นแบบชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 40 ข้อ

5) นำแบบทดสอบที่สร้างขึ้นเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ เพื่อตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหาของสาระการเรียนรู้และการเรียนรู้กับจุดประสงค์การเรียนรู้ แล้วจึงนำข้อเสนอแนะไปปรับปรุงแก้ไข

6) นำแบบทดสอบที่ปรับปรุงแก้ไขแล้ว เสนอผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน เพื่อพิจารณาตรวจสอบคุณภาพความตรงเชิงเนื้อหา แล้ววิเคราะห์ค่าดัชนีความสอดคล้องของข้อคำถามกับจุดประสงค์การเรียนรู้ (IOC) รายข้อ พบว่า ค่าดัชนีความสอดคล้อง มีค่าเท่ากับ 1.0 ทุกข้อ และตรวจสอบคุณภาพลักษณะความสอดคล้องของข้อคำถามกับระดับพฤติกรรมที่ต้องการวัด โดยใช้เกณฑ์การประเมินระดับความคิดเห็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ ตามวิธีของ Likert (ไพศาล วรคำ, 2561) พบว่าแบบทดสอบมีคุณภาพอยู่ในระดับมากที่สุด (มีค่าเท่ากับ 5.00)

7) นำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ไปหาประสิทธิภาพ โดยนำไปทดลองใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ปีการศึกษา 2566 โรงเรียนนครขอนแก่น ที่ไม่ใช่กลุ่มทดลองและเรียนเนื้อหา เรื่อง สารบริสุทธิ์มาแล้ว จากนั้นนำกระดาษคำตอบที่นักเรียนตอบแล้วมาตรวจให้คะแนนตามเกณฑ์ที่กำหนด

8) นำคะแนนที่ได้มาวิเคราะห์แบบทดสอบรายข้อ แบบชนิดเลือกตอบ หาค่าความยาก (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) ซึ่งมีค่าความยากอยู่ระหว่าง 0.20 - 0.80 และมีค่าอำนาจจำแนก 0.20 - 0.60

9) นำคะแนนข้อสอบที่ผ่านการหาคุณภาพมาวิเคราะห์ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบทั้งฉบับ โดยใช้สูตร KR – 20 ของ Kuder Richardson (ไพศาล วรคำ, 2561) มีค่าความเที่ยง 0.75

10) จัดพิมพ์แบบทดสอบฉบับใช้จริง ตรวจทานความถูกต้อง ก่อนนำไปทดลองกับกลุ่มทดลอง

3.2.2 แบบวัดความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์

1) ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ และพฤติกรรมการเรียนรู้ที่เป็นองค์ประกอบของความสามารถในการสร้างแบบจำลองจากงานวิจัยของ Schwarz et al. (2009) Baek et al. (2011) และ Papaevripidou et al. (2014) เนื่องจากเป็นแนวคิดที่ให้องค์ประกอบที่สามารถวัดความสามารถในการสร้างแบบจำลองได้อย่างครอบคลุม จากนั้นนำข้อมูลมาวิเคราะห์องค์ประกอบของความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์

3 องค์ประกอบ คือ 1) การสร้างแบบจำลอง 2) การแก้ไขแบบจำลอง 3) การเปรียบเทียบและประเมินแบบจำลอง

2) ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับแนวทางการประเมินความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ โดยใช้การประเมินการปฏิบัติในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ตามแนวทางการประเมินของ Schwarz et al. (2009) Baek et al. (2011) และ Papaevripidou et al. (2014) เนื่องจากสามารถประเมินได้ครอบคลุมทุกองค์ประกอบของความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์

3) กำหนดพฤติกรรมบ่งชี้ของรายการประเมินทั้ง 3 รายการ ได้แก่ 1) การสร้างแบบจำลอง 2) การแก้ไขแบบจำลอง 3) การเปรียบเทียบและประเมินแบบจำลอง เพื่อกำหนดเกณฑ์การประเมินให้สอดคล้องกับพฤติกรรมที่กำหนดไว้ ตามแนวทางการประเมินความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ที่ปรับมาจากงานวิจัยของ Schwarz et al. (2009) Baek et al. (2011) และ Papaevripidou et al. (2014)

4) สร้างเกณฑ์การให้คะแนนแบบรูบริกส์แบบแยกประเด็น (analytic rubrics) โดยแบ่งระดับคะแนนความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ 3 ระดับ คือ 2 คะแนน 1 คะแนน และ 0 คะแนน ดังตารางที่ 3.7

ตารางที่ 3.7 เกณฑ์การให้คะแนนการทำแบบวัดความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์

รายการประเมิน	ระดับคะแนน		
	2	1	0
1. การสร้างแบบจำลอง	แบบจำลองมีคำอธิบายตรงตามข้อมูลที่กำหนดให้ได้ถูกต้องมากกว่า 70%	แบบจำลองมีรายละเอียดของคำอธิบายตรงตามข้อมูลที่กำหนดให้ มีความครบถ้วนถูกต้องอยู่ระหว่าง 30 – 69%	ไม่สามารถสร้างแบบจำลองซึ่งมีรายละเอียดตรงตามข้อมูลที่กำหนดให้ หรือมีความครบถ้วนถูกต้องน้อยกว่า 30% หรือไม่มีการวาดรูปภาพได้

ตารางที่ 3.7 (ต่อ)

รายการประเมิน	ระดับคะแนน		
	2	1	0
2. การแก้ไขปรับปรุงแบบจำลอง	นำสัญลักษณ์ที่กำหนดให้มาใช้ในการสร้างแบบจำลอง เพื่ออธิบายได้ชัดเจนถูกต้อง ครบถ้วนมากกว่า70%	นำสัญลักษณ์ที่กำหนดให้มาใช้ในการสร้างแบบจำลอง ชัดเจนถูกต้องครบถ้วนได้บางส่วนอยู่ระหว่าง 30 – 69% มีบางส่วนที่ไม่ชัดเจน/ไม่ถูกต้อง/ไม่ครบถ้วน	ไม่นำสัญลักษณ์ที่กำหนดให้มาใช้ในการสร้างแบบจำลองหรือได้บางส่วนน้อยกว่า 30% หรือไม่แสดงคำอธิบาย
3. การเปรียบเทียบและประเมินแบบจำลอง	บอกความเหมือนและจุดต่างได้ชัดเจน ใช้แบบจำลองอธิบายเหตุผลได้ชัดเจนถูกต้องครบถ้วนมากกว่า70%	บอกความเหมือนและจุดต่างของผลงานได้ชัดเจน - ใช้แบบจำลองอธิบายเหตุผลได้ชัดเจนถูกต้องครบถ้วนได้บางส่วนอยู่ระหว่าง 30 – 69% มีบางส่วนที่ไม่ชัดเจน/ไม่ถูกต้อง/ไม่ครบถ้วน	บอกความเหมือนและจุดต่างไม่ชัดเจน ใช้แบบจำลองอธิบายเหตุผลต่างกันได้ ชัดเจนถูกต้องครบถ้วนได้บางส่วนน้อยกว่า 30% หรือไม่แสดงคำอธิบาย

5) สร้างแบบทดสอบวัดความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ ประกอบด้วย สถานการณ์ หรือปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์ จำนวน 4 สถานการณ์ แต่ละสถานการณ์ประกอบด้วยคำถามจำนวน 3 ข้อ ที่สอดคล้องกับองค์ประกอบ และตัวบ่งชี้ความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ กำหนดเฉลยคำตอบ และเกณฑ์การให้คะแนนในการทำแบบทดสอบวัดความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ ดังตารางที่ 3.8 ตารางที่ 3.9 และตารางที่ 3.10

ตารางที่ 3.8 เกณฑ์การให้คะแนนแบบทดสอบวัดความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ ข้อที่ 1 การสร้างแบบจำลอง

ระดับคะแนน	เกณฑ์
9-10	เขียนแผนภาพ หรือวาดภาพที่สามารถอธิบายสถานการณ์ที่กำหนดได้อย่างถูกต้องสมบูรณ์ตามข้อมูลที่กำหนดให้ โดยมีองค์ประกอบครบถ้วนทั้ง 5 องค์ประกอบ
7-8	เขียนแผนภาพ หรือวาดภาพที่สามารถอธิบายสถานการณ์ที่กำหนดได้ถูกต้องเป็นส่วนใหญ่ โดยอธิบายคลาดเคลื่อน หรือขาด 1 องค์ประกอบ
5-6	เขียนแผนภาพ หรือวาดภาพที่สามารถอธิบายสถานการณ์ที่กำหนดได้ถูกต้องเป็นบางส่วน โดยอธิบายคลาดเคลื่อน หรือขาด 2 องค์ประกอบ
3-4	เขียนแผนภาพ หรือวาดภาพที่สามารถอธิบายสถานการณ์ที่กำหนดได้ถูกต้องเป็นส่วนน้อย โดยอธิบายคลาดเคลื่อน หรือขาด 3 องค์ประกอบ
1-2	เขียนแผนภาพ หรือวาดภาพที่สามารถอธิบายสถานการณ์ที่กำหนดได้ถูกต้องเป็นส่วนน้อย โดยอธิบายคลาดเคลื่อน หรือขาด 4 องค์ประกอบ
0	ไม่มีคำตอบ หรือคำตอบไม่ถูกต้อง

ตารางที่ 3.9 เกณฑ์การให้คะแนนแบบทดสอบวัดความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ ข้อที่ 2 การแก้ไขปรับปรุงแบบจำลอง

ระดับคะแนน	เกณฑ์
9-10	นำสัญลักษณ์ที่กำหนดให้มาใช้ในการสร้างแบบจำลองได้อย่างครบถ้วน โดยมีองค์ประกอบครบถ้วน 5 องค์ประกอบ
7-8	นำสัญลักษณ์ที่กำหนดให้มาใช้ในการสร้างแบบจำลองได้ถูกต้องเป็นส่วนใหญ่ โดยอธิบายคลาดเคลื่อน หรือขาด 1 องค์ประกอบ
5-6	นำสัญลักษณ์ที่กำหนดให้มาใช้ในการสร้างแบบจำลองได้ถูกต้องเป็นบางส่วน โดยอธิบายคลาดเคลื่อน หรือขาด 2 องค์ประกอบ
3-4	นำสัญลักษณ์ที่กำหนดให้มาใช้ในการสร้างแบบจำลองได้ถูกต้องเป็นส่วนน้อย โดยอธิบายคลาดเคลื่อน หรือขาด 3 องค์ประกอบ
1-2	นำสัญลักษณ์ที่กำหนดให้มาใช้ในการสร้างแบบจำลองได้ถูกต้องเป็นส่วนน้อย โดยอธิบายคลาดเคลื่อน หรือขาด 4 องค์ประกอบ
0	ไม่มีคำตอบ หรือคำตอบไม่ถูกต้อง

ตารางที่ 3.10 เกณฑ์การให้คะแนนแบบทดสอบวัดความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ ข้อที่ 3 การเปรียบเทียบและประเมินแบบจำลอง

ระดับคะแนน	เกณฑ์
3-4	สามารถเปรียบเทียบความเหมือนหรือต่าง จุดดี จุดด้อย ระหว่างแบบจำลองในข้อ 1 กับ แบบจำลองในข้อ 2 ได้อย่างชัดเจน รวมทั้งเสนอแนวทั้งในการปรับเปลี่ยนแบบจำลองในข้อ 1 ให้สมบูรณ์ขึ้นได้อย่างเหมาะสม มีความสอดคล้องกับลักษณะของสถานการณ์
1-2	สามารถเปรียบเทียบความเหมือนหรือต่าง จุดดี จุดด้อย ระหว่างแบบจำลองในข้อ 1 กับ แบบจำลองในข้อ 2 ได้ แต่ไม่สามารถเสนอแนวทางในการปรับปรุงแบบจำลองได้ หรือเสนอแนวทางแต่ไม่เหมาะสม
0	ไม่สามารถเปรียบเทียบความเหมือนหรือต่าง จุดดี จุดด้อย ระหว่างแบบจำลองในข้อ 1 กับ แบบจำลองในข้อ 2 ได้

6) นำแบบทดสอบความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ที่สร้างขึ้น เสนออาจารย์ที่ปรึกษาตรวจสอบความเหมาะสมของรายการประเมิน และภาษาที่ใช้ แล้วจึงปรับแก้ไขตามคำแนะนำของอาจารย์ที่ปรึกษา

7) นำแบบทดสอบที่ปรับปรุงแก้ไขแล้ว เสนอผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน เพื่อพิจารณาตรวจสอบคุณภาพลักษณะความเหมาะสมสอดคล้องระหว่างข้อคำถามและตัวบ่งชี้ความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ โดยใช้เกณฑ์การประเมินระดับความคิดเห็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ ตามวิธีของ Likert พบว่า แบบทดสอบวัดความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ได้คะแนนเฉลี่ยของระดับความคิดเห็นอยู่ระหว่าง 4.79 - 5.00 ค่าสถานการณ์มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด

8) นำแบบทดสอบวัดความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ที่ปรับปรุงแล้วไปหาประสิทธิภาพ โดยทดลองใช้กับกลุ่มนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนนครขอนแก่น จังหวัดขอนแก่น ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง

9) นำคะแนนที่ได้มาวิเคราะห์หาค่าความยาก (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) โดยใช้สูตรของ Whitney and Sabers (กัญจนา ลินทรัตนศิริกุล, 2564) พบว่าแบบทดสอบที่สร้างขึ้นมีค่าความยากตั้งแต่ 0.39 ถึง 0.62 มีค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.31 ถึง 0.53

10) นำคะแนนจากแบบทดสอบความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ มาวิเคราะห์หาค่าความเที่ยงโดยใช้สูตรสัมประสิทธิ์แอลฟา (alpha-coefficient) ของ Cronbach (กัญจนา ลินทรัตนศิริกุล, 2564) พบว่า แบบทดสอบที่สร้างขึ้นมีค่าความเที่ยง 0.85

11) นำแบบประเมินความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ที่ปรับแก้ไขแล้ว ไปใช้เพื่อประเมินความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มเป้าหมายที่ใช้ในการวิจัย

4. การเก็บรวบรวมข้อมูล

การวิจัยครั้งนี้มีวิธีการเก็บรวบรวมข้อมูล ดังนี้

4.1 ทดสอบก่อนเรียน ด้วยแบบวัดความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ทดสอบนักเรียนในกลุ่มทดลอง แล้วนำผลการสอบมาตรวจให้คะแนน

4.2 ดำเนินการทดลอง โดยจัดกิจกรรมการเรียนรู้ให้กับผู้เรียน โดยในกลุ่มทดลองใช้แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน และใช้แผนการจัดการเรียนรู้แบบปกติกับกลุ่มควบคุม โดยแผนแต่ละแบบ มีจำนวน 5 แผน ใช้เวลาทั้งหมด 20 ชั่วโมง

4.3 ทดสอบหลังการทดลอง เมื่อเสร็จสิ้นการสอนทุกแผนการจัดการเรียนรู้ ทำการทดสอบหลังเรียนโดยใช้แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ และใช้แบบวัดความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ กับนักเรียนทั้งในกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม แล้วนำผลการสอบมาตรวจให้คะแนน บันทึกผลข้อมูลไว้ใช้ในการวิเคราะห์ผลต่อไป

5. การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยใช้ค่าสถิติการวิเคราะห์ข้อมูล ดังนี้

5.1 การวิเคราะห์เพื่อตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือ ประกอบด้วย

5.1.1 วิเคราะห์ค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างเนื้อหา จุดประสงค์การเรียนรู้ และลักษณะพฤติกรรมที่ต้องการวัดของแผนการจัดการเรียนรู้ แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และแบบทดสอบความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์

5.1.2 วิเคราะห์ค่าความเที่ยง ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์และแบบทดสอบความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ ทั้งฉบับ โดยผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน

5.1.3 วิเคราะห์ค่าความยาก (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) เป็นรายข้อ แบบชนิดเลือกตอบ ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ และค่าความเที่ยงของแบบทดสอบโดยใช้สูตร KR – 20 ของ Kuder Richardson (ไพศาล วรคำ, 2561)

5.1.4 วิเคราะห์ค่าความเที่ยงทั้งฉบับ ของแบบทดสอบความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ โดยใช้สูตรสัมประสิทธิ์แอลฟา (Cronbach, 1970) (ไพศาล วรคำ, 2561

5.2 การวิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติพื้นฐาน

5.2.1 วิเคราะห์ค่าเฉลี่ย (mean) ของคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์และคะแนนความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์

5.2.2 วิเคราะห์ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation) ของคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ และคะแนนความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์

5.3 การวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อตรวจสอบสมมติฐาน

5.3.1 วิเคราะห์เปรียบเทียบคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานกับนักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบปกติ และเปรียบเทียบคะแนนความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานกับนักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบปกติ โดยใช้การทดสอบค่าที (t-test for independent sample)

5.3.2 วิเคราะห์ข้อมูลคะแนนความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนและหลังเรียนที่โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน โดยใช้การทดสอบค่าที (t-test for dependent sample)

มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช

บทที่ 4
ผลวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัย เรื่อง ผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง สารบริสุทธิ์ ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนนครขอนแก่น จังหวัดขอนแก่น มีผลการวิเคราะห์ข้อมูลตามวัตถุประสงค์การวิจัย ดังนี้

1. ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน กับนักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบปกติ
2. ผลการเปรียบเทียบความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน กับนักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบปกติ
3. ผลการเปรียบเทียบความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ก่อนเรียนและหลังเรียน

ตอนที่ 1 เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน กับนักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบปกติ

ตารางที่ 4.1 แสดงผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์หลังเรียนของนักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน กับนักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบปกติ

การจัดการเรียนรู้	จำนวนนักเรียน (*n*)	ค่าเฉลี่ย (*M*)	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (*SD*)	ร้อยละ	*t*	*Sig*
กลุ่มทดลอง (จัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน) (20 คะแนน)	35	16.03	2.808	80.14	6.038*	.000
กลุ่มควบคุม (จัดการเรียนรู้แบบปกติ) (20 คะแนน)	35	14.06	4.202	70.29		

* $p < .05$

จากตารางที่ 4.1 พบว่า คะแนนเฉลี่ยของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์หลังเรียนของนักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เท่ากับ 16.03 คะแนน (คิดเป็นร้อยละ 80.14) และนักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบปกติ เท่ากับ 14.06 คะแนน (คิดเป็นร้อยละ 70.29) และพบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์หลังเรียนของนักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานสูงกว่านักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ตอนที่ 2 เปรียบเทียบความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน กับนักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบปกติ

ตารางที่ 4.2 แสดงผลการเปรียบเทียบความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนของนักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน กับนักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบปกติ

การจัดการเรียนรู้	จำนวนนักเรียน (*n*)	ค่าเฉลี่ย (*M*)	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (*SD*)	ร้อยละ	*t*	*Sig*
กลุ่มทดลอง (จัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน) (24 คะแนน)	35	15.37	6.101	76.86	8.965*	.000
กลุ่มควบคุม (จัดการเรียนรู้แบบปกติ) (24 คะแนน)	35	11.94	8.526	59.71		

$* p < .05$

จากตารางที่ 4.2 พบว่า ค่าเฉลี่ยของคะแนนความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนของนักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เท่ากับ 15.37 คะแนน (คิดเป็นร้อยละ 76.86) และนักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบปกติ เท่ากับ 11.94 คะแนน (คิดเป็นร้อยละ 59.71) และพบว่า ความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานสูงกว่านักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ตารางที่ 4.3 แสดงผลการเปรียบเทียบความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ รายลำดับขั้นตอนความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนของนักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน กับนักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบปกติ

ขั้นตอนความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์	**การจัดการเรียนรู้**	**จำนวนนักเรียน (*n*)**	**ค่าเฉลี่ย (*M*)**	**ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (*SD*)**	**ร้อยละ**	***t***	***Sig***
1. การสร้างแบบจำลอง (10 คะแนน)	กลุ่มทดลอง	35	2.57	5.253	25.71	2.074*	.042
	กลุ่มควบคุม	35	2.03	5.637	20.29		
2. การแก้ไขปรับปรุงแบบจำลอง (10 คะแนน)	กลุ่มทดลอง	35	9.06	0.667	90.57	8.146*	.000
	กลุ่มควบคุม	35	7.00	2.121	70.00		
3. การเปรียบเทียบและประเมินแบบจำลอง (4 คะแนน)	กลุ่มทดลอง	35	3.74	0.182	93.57	5.269*	.000
	กลุ่มควบคุม	35	2.91	0.768	72.86		

$* p < .05$

จากตารางที่ 4.3 พบว่า ค่าเฉลี่ยของคะแนนความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ โดยแยกรายลำดับขั้นตอนความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนของนักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานกับนักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบปกติ ดังนี้ 1) ขั้นการสร้างแบบจำลอง มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.57 และ 2.03 คะแนน (คิดเป็นร้อยละ 25.71 และ 20.29) 2) ขั้นการแก้ไขปรับปรุงแบบจำลอง มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 9.06 และ 7.00 คะแนน (คิดเป็นร้อยละ 90.57 และ 70.00) 3) ขั้นการเปรียบเทียบและประเมินแบบจำลอง มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.74 และ 2.91 คะแนน (คิดเป็นร้อยละ 93.57 และ 72.86) ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของคะแนนทั้งสองกลุ่ม พบว่า

นักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานมีค่าเฉลี่ยของคะแนนความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์สูงกว่านักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบปกติ ทั้ง 3 ขั้นตอน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ตอนที่ 3 เปรียบเทียบความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียน

ตารางที่ 4.4 แสดงผลการเปรียบเทียบความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียน

กลุ่มทดลอง	จำนวนนักเรียน (*n*)	ค่าเฉลี่ย (*M*)	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (*SD*)	ร้อยละ	*t*	*Sig*
ก่อนเรียน (20 คะแนน)	35	9.69	10.122	40.36	19.092*	.000
หลังเรียน (20 คะแนน)	35	15.37	6.101	64.05		

* $p < .05$

จากตารางที่ 4.4 พบว่า ค่าเฉลี่ยของคะแนนความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนของนักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เท่ากับ 9.69 คะแนน (คิดเป็นร้อยละ 40.36) และหลังเรียน เท่ากับ 15.37 คะแนน (คิดเป็นร้อยละ 64.05) พบว่า ความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ตารางที่ 4.5 แสดงผลการเปรียบเทียบความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ รายลำดับขั้นตอนความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียน

ขั้นตอนความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์	**ก่อนเรียน**			**หลังเรียน**			***t***	***Sig***
	M	***SD***	**ร้อยละ**	***M***	***SD***	**ร้อยละ**		
1. การสร้างแบบจำลอง (10 คะแนน)	1.00	6.364	10.00	2.57	5.253	25.71	10.712*	.000
2. การแก้ไขปรับปรุงแบบจำลอง (10 คะแนน)	7.40	1.838	74.00	9.06	0.667	90.57	30.517*	.000
3. การเปรียบเทียบและประเมินแบบจำลอง (4 คะแนน)	1.29	1.919	32.14	3.74	0.182	93.57	25.377*	.000

* $p < .05$

จากตารางที่ 4.5 พบว่า ค่าเฉลี่ยของคะแนนความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ โดยแยกรายลำดับขั้นตอนความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียน ดังนี้ 1) ขั้นการสร้างแบบจำลอง มีค่าเฉลี่ยก่อนเรียนและหลังเรียนเท่ากับ 1.00 และ 2.57 คะแนน (คิดเป็นร้อยละ 10.00 และ 25.71) 2) ขั้นการแก้ไขปรับปรุงแบบจำลอง มีค่าเฉลี่ยก่อนเรียนและหลังเรียนเท่ากับ 7.40 และ 9.06 คะแนน (คิดเป็นร้อยละ 74.00 และ 90.57) 3) ขั้นการเปรียบเทียบและประเมินแบบจำลอง มีค่าเฉลี่ยก่อนเรียนและหลังเรียนเท่ากับ 1.29 และ 3.74 คะแนน (คิดเป็นร้อยละ 32.14 และ 93.57) ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของคะแนนระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียน พบว่า นักเรียนมีค่าเฉลี่ยของคะแนนความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์สูงกว่าก่อนเรียน ทั้ง 3 ขั้นตอน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

บทที่ 5
สรุปการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การวิจัย เรื่อง ผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง สารบริสุทธิ์ ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนนครขอนแก่น จังหวัดขอนแก่น ซึ่งมีการสรุปการวิจัย อภิปรายผล และมีข้อเสนอแนะ ดังนี้

1. สรุปการวิจัย

1.1 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.1.1 เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน กับนักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบปกติ

1.1.2 เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน กับนักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบปกติ

1.1.3 เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียน

1.2 สมมติฐานการวิจัย

1.2.1 นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่านักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบปกติ

1.2.2 นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานมีความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์สูงกว่านักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบปกติ

1.2.3 นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน มีความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน

1.3 วิธีการดำเนินการวิจัย

1.3.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

1) ประชากร ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนนครขอนแก่น จังหวัดขอนแก่น ปีการศึกษา 2566 จำนวน 385 คน จัดเป็น 11 ห้องเรียน โดยคละความสามารถ

2) กลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ดังกล่าว จำนวน 2 ห้องเรียน ซึ่งได้มาโดยการสุ่มแบบกลุ่ม (cluster random sampling) และวิธีจับสลากให้ห้องหนึ่งเป็นกลุ่มทดลอง (ม.1/11) และอีกห้องหนึ่งเป็นกลุ่มควบคุม (ม.1/8)

1.3.2 ตัวแปรที่ศึกษา

1) ตัวแปรอิสระ ได้แก่ การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน และแบบสืบเสาะหาความรู้

2) ตัวแปรตาม ได้แก่ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์

***1.3.3* เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย**

1) เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง ได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง สารบริสุทธิ์ จำนวน 5 แผน ใช้เวลาสอน 20 ชั่วโมง และแผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ใช้เวลาสอนเท่ากัน

2) เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

(1) แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ เรื่อง สารบริสุทธิ์ แบบทดสอบเป็นแบบชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 40 ข้อ มีค่าความยากอยู่ระหว่าง 0.20 - 0.80 และมีค่าอำนาจจำแนก 0.20 - 0.60 และมีค่าความเที่ยง 0.75

(2) แบบทดสอบความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ ประกอบด้วยสถานการณ์ที่เกี่ยวข้องกับทางวิทยาศาสตร์ให้ครอบคลุมกับเนื้อหา ซึ่งเป็นแบบทดสอบแบบเขียนตอบ จำนวน 4 สถานการณ์ ประกอบด้วย 12 ข้อย่อย มีค่าความยากตั้งแต่ 0.39 - 0.62 มีค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.31 - 0.53 และมีค่าความเที่ยง 0.85

1.4 การเก็บรวบรวมข้อมูล

1.4.1 ทำการทดสอบนักเรียนกลุ่มตัวอย่างก่อนการทดลองโดยใช้แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ เรื่อง สารบริสุทธิ์ และแบบวัดความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ฉบับก่อนเรียน

1.4.2 ดำเนินการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแผนการจัดการเรียนรู้โดยกลุ่มทดลองจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน และกลุ่มควบคุมใช้จัดการเรียนรู้แบบปกติ

1.4.3 ทำการทดสอบนักเรียนกลุ่มตัวอย่างหลังการทดลองโดยใช้แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ เรื่อง สารบริสุทธิ์ และแบบวัดความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ฉบับหลังเรียน

1.5 การวิเคราะห์ข้อมูล

1.5.1 วิเคราะห์เปรียบเทียบคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานกับนักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ และเปรียบเทียบคะแนนความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานกับนักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ โดยใช้การทดสอบค่าที (t-test for independent sample)

1.5.2 วิเคราะห์ข้อมูลคะแนนความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนและหลังเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน โดยใช้การทดสอบค่าที (t-test for dependent sample)

1.6 ผลการวิจัย

1.6.1 นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่านักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานข้อ 1

1.6.2 นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานมีความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์สูงกว่านักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานข้อ 2

1.6.3 นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน มีความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานข้อ 3

2. อภิปรายผล

การวิจัย เรื่อง ผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง สารบริสุทธิ์ ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนนครขอนแก่น จังหวัดขอนแก่น ซึ่งผู้วิจัยได้แยกการอภิปรายผลออกเป็นประเด็นต่าง ๆ ต่อไปนี้

2.1 ผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

จากผลการวิจัยพบว่า นักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน คะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่านักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบปกติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งสอดคล้องกับสมมติฐานการวิจัยข้อ 1 อาจเป็นเพราะว่า การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานส่งเสริมให้นักเรียนได้เรียนรู้และเข้าใจ เพื่อนำไปสู่การสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง ด้วยกระบวนการสร้าง ปรับปรุง และใช้งานแบบจำลองของตนเอง ดังที่ ชาตรี ฝ่ายคำตา และภรทิพย์ สุภัทรชัยวงศ์ (2557) ได้กล่าวว่า การนำแบบจำลองมาเป็นส่วนหนึ่งของการจัดการเรียนรู้ จะช่วยให้นักเรียนได้ใช้แนวคิดทางวิทยาศาสตร์เพื่อทำนายหรืออธิบายปรากฏการณ์ทางธรรมชาติ และส่งเสริมให้เกิดการสร้างและพัฒนาองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ โดยทำให้ผู้เรียนสามารถมองเห็นภาพเหตุการณ์ที่ไม่สามารถมองเห็นด้วยตาเปล่าและเกิดการเชื่อมโยงทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์ สอดคล้องกับ Clement (2010) ที่กล่าวว่าการสร้างแบบจำลองเป็นการส่งเสริมปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการรู้คิด จากการเชื่อมโยงและเพิ่มเติมรายละเอียดให้กับประเด็นสำคัญที่เกี่ยวข้อง จึงส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ ในทำนองเดียวกันกับ Gilbert (2004) ที่ได้กล่าวไว้ว่า กระบวนการสร้างและใช้แบบจำลองเป็นหนึ่งในการพัฒนาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนได้

ซึ่งเมื่อพิจารณาขั้นตอนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ได้แก่

1) ขั้นการสร้างแบบจำลอง (generating) ทำให้นักเรียนได้ดึงความเข้าใจที่มีต่อประเด็นต่าง ๆ ซึ่งอาจเป็นประเด็นที่เป็นไปตามข้อเท็จจริงหรืออาจคลาดเคลื่อนจากความเป็นจริง นักเรียนจึงได้มีโอกาสทำความเข้าใจกับความคิดของตนเองที่มีอยู่ ลักษณะโดยรวมของแบบจำลองที่นักเรียนสร้างขึ้นในขั้นตอนนี้จึงมีลักษณะที่ไม่ซับซ้อน (Clement et al., 2010) ดังเช่นตัวอย่างที่ผู้วิจัยได้นำเสนอในขั้นตอนการสร้างแบบจำลองจากทั้ง 5 แผน ซึ่งเห็นได้ชัดว่าแบบจำลองแรกของนักเรียนมีลักษณะเป็นข้อความสั้น ๆ ไม่มีการให้คำอธิบายหรือรายละเอียดที่สามารถสื่อให้เห็นว่านักเรียนสามารถนำความรู้มาใช้อธิบายปรากฏการณ์ต่าง ๆ ในระหว่างขั้นตอนสร้างแบบจำลอง ผู้วิจัยได้พยายามให้เวลานักเรียนในการสร้างแบบจำลองแรก โดยใช้การตั้งคำถามและแสดงภาพเพื่อกระตุ้นการเชื่อมโยงประสบการณ์เดิมของนักเรียน ซึ่งเป็นไปตามเงื่อนไขการเรียนรู้เพื่อเปลี่ยนแปลงแนวคิดของ Clement et al., (2010) คือ การกระตุ้นความรู้เดิม ซึ่งเป็นความรู้ที่มีความสัมพันธ์กับประสบการณ์ของนักเรียน ส่งผลให้เกิดการสร้างแรงกระตุ้นภายใน และสร้างความรู้ใหม่ ก่อนนำความรู้ไปใช้ในการประเมินและปรับปรุงต่อไป

อย่างไรก็ตามจากการสังเกตพบว่า มีนักเรียนบางกลุ่มที่เริ่มมีการประเมินแบบจำลองในระหว่างการสร้างแบบจำลอง เนื่องจากนักเรียนเกิดการตั้งคำถามที่มีความขัดแย้งกับแบบจำลองแรกของตนเองในขณะนั้น

2) ขั้นการประเมินแบบจำลอง (evaluating) เป็นขั้นตอนที่นักเรียนได้นำความรู้มาปรับใช้ในกับสถานการณ์ในชีวิตประจำวัน หรือสร้างคำอธิบายให้กับปรากฏการณ์ทางธรรมชาติ ซึ่งเป็นไปตามที่

Coll and Lajium (2011) ได้กล่าวว่าความสามารถในการใช้แบบจำลองเป็นตัวแทนในการอธิบายปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์ เป็นการเชื่อมโยงความเข้าใจมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ ในระหว่างการทดลองสังเกตพบว่า นักเรียนสามารถตอบคำถามพร้อมกับลงรายละเอียดของคำตอบได้มากยิ่งขึ้น นำไปสู่การเสริมสร้างความเข้าใจในด้านเนื้อหาสาระให้กับผู้เรียน ซึ่งส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และเปิดโอกาสให้นักเรียนได้ศึกษาข้อมูลที่เป็นประเด็นสนับสนุนหรือขัดแย้งกับความเข้าใจที่ได้สร้างขึ้นในรูปของแบบจำลองในขั้นตอนก่อนหน้า นักเรียนจึงมีโอกาสได้พิจารณาข้อมูลในเชิงวิทยาศาสตร์โดยละเอียด ซึ่งสามารถส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงแนวคิดหรือเกิดการจัดการข้อมูลให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น (Clement et al., 2010)

3) ขั้นการดัดแปลงแก้ไขแบบจำลอง (modifying) เป็นขั้นตอนที่นักเรียนได้สร้างความเข้าใจที่สอดคล้องกับหลักการทางวิทยาศาสตร์ ด้วยการปรับปรุงแบบจำลองหรือความเข้าใจที่มีอยู่เดิม ส่งผลให้เกิดการเชื่อมโยงความรู้หรือประเด็นต่าง ๆ รวมถึงเกิดการสร้างข้อโต้แย้งและประเด็นสนับสนุนแบบจำลองเดิมที่ได้สร้างขึ้น (Johnson-Laird, 1980) ซึ่งพบว่าในขั้นตอนนี้วิธีการที่ง่ายและรวดเร็วคือการสร้างแผนผังทางความคิดที่ทำให้นักเรียนเกิดกระบวนการสร้างความเข้าใจจากการเชื่อมโยงประเด็นที่ได้ศึกษาและมองเห็นประเด็นทั้งหมดในภาพรวม สังเกตได้ในระหว่างการสร้างแผนภาพ มีนักเรียนบางส่วนเข้ามาสอบถามข้อสงสัยกับผู้วิจัยเกี่ยวกับประเด็นที่ยังไม่แน่ใจ และสามารถกลับไปสร้างแผนภาพที่สอดคล้องกันได้เมื่อผู้วิจัยอธิบายเพิ่มเติม

4) ขั้นการขยายแบบจำลอง (elaborating) เป็นขั้นตอนที่นักเรียนใช้แบบจำลองที่ผ่านการดัดแปลงแก้ไขมาอธิบายและทำนายปรากฏการณ์หรือสถานการณ์อื่น ทำให้นักเรียนได้เรียนรู้และเข้าใจว่าแบบจำลองที่สร้างขึ้นนั้น สามารถใช้อธิบายหรือทำนายปรากฏการณ์อื่นได้อีกหรือไม่ ซึ่งพบว่าเป็นขั้นตอนที่ทำให้ทราบถึงความรู้ความเข้าใจของนักเรียน สามารถเชื่อมโยงแบบจำลองที่สร้างขึ้นกับความรู้ได้อย่างถูกต้องหรือไม่

ข้อมูลดังกล่าวข้างต้นให้การสนับสนุนว่าการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานเป็นกระบวนการเรียนรู้ที่เน้นให้ผู้เรียนสร้างองค์ความรู้จากการรวบรวมข้อเท็จจริงและประเด็นสำคัญเพื่อเชื่อมโยงและเพิ่มรายละเอียดลงไปในแบบจำลองทางความคิดของบุคคล ส่งผลให้ผู้เรียนเกิดการสร้างมโนทัศน์หรือความเข้าใจที่เกี่ยวกับเนื้อหาที่กำลังเรียนรู้ สอดคล้องกับการวิจัยของ รัตนาภรณ์ ศุภพร และคณะ (2562) ที่ศึกษาการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง ระบบอวัยวะในร่างกาย ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน และพบว่านักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน เช่นเดียวกับการศึกษาของ จงกล บุญรอด และคณะ (2558) ที่ได้ศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ด้วยการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์โดยใช้แบบจำลอง และพบว่านักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้น เนื่องจากกระบวนการในการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน มีการสืบค้นข้อมูล เชื่อมโยง และปรับใช้ข้อมูล

จึงส่งผลให้นักเรียนเกิดการสร้างองค์ความรู้และสามารถนำไปประยุกต์ใช้ แสดงให้เห็นว่าการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียน โดยการสร้างความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งที่เห็นกับความรู้เดิม ซึ่งเป็นกระบวนการสร้างความรู้ผ่านกระบวนการเรียนรู้ด้วยตนเอง

2.2 ผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานที่มีต่อความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์

จากผลการวิจัยพบว่า นักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานมีความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์สูงกว่านักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 สอดคล้องกับสมมติฐานการวิจัยข้อ 2 และพบว่า นักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานมีค่าเฉลี่ยของคะแนนความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์สูงกว่านักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบปกติ ทั้ง 3 องค์ประกอบ อาจเป็นเพราะกระบวนการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานนั้นเน้นให้ผู้เรียนได้สร้างหรือปรับปรุงแบบจำลอง กระตุ้นให้ผู้เรียนคิดหาแบบจำลองมาประกอบการอธิบายสิ่งต่าง ๆ ได้ปรับปรุงแบบจำลองเมื่อแบบจำลองไม่สามารถนำมาใช้เป็นตัวแทนในการอธิบาย เพื่อให้ผู้เรียนได้ฝึกการปฏิบัติหรือคิดอย่างนักวิทยาศาสตร์ (ชาตรี ฝ่ายคำตา และภรทิพย์ สุภัทรชัยวงศ์, 2557) โดย

1) ขั้นการสร้างแบบจำลอง (generating) เป็นขั้นตอนแรกในการพัฒนาความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนแต่ละคน โดยครูเปิดโอกาสให้นักเรียนแสดงแบบจำลองทางความคิดของตนเองออกมาให้มากที่สุด โดยการใช้คำถามหรือกิจกรรมที่เร้าความสนใจของนักเรียนเพื่อกระตุ้นให้นักเรียนเกิดความสนใจ สังเกตและสามารถสร้างแบบจำลองทางความคิดของตนเองที่เกี่ยวกับประสบการณ์ที่ศึกษา เพื่ออธิบายหรือทำนายปรากฏการณ์ต่าง ๆ ทางธรรมชาติ ทำให้เกิดการพัฒนาความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งเป็นกิจกรรมเพื่อพัฒนาวัตถุประสงค์ของการวิจัยข้อ 2 และ 3 ซึ่งขั้นตอนนี้เป็นขั้นตอนที่ได้คะแนนน้อยที่สุดจากการวัดความสามารถในการสร้างแบบจำลอง 3 องค์ประกอบ ในข้อที่ 1 คือ การสร้างแบบจำลอง

2) ขั้นการประเมินแบบจำลอง (evaluating) สำหรับการประเมินแบบจำลองครูกระตุ้นให้นักเรียนได้ประเมินความสอดคล้องของแบบจำลองที่นักเรียนสร้างขึ้นกับหลักฐานที่เป็นข้อมูลเชิงประจักษ์ ในขั้นนี้มีการฝึกให้นักเรียนได้ออกแบบการทดลอง ดำเนินการทดลอง หรือทำการศึกษาค้นคว้าหาข้อมูลเพื่อรวบรวมข้อมูลเชิงประจักษ์ นักเรียนได้มีการสำรวจตรวจสอบแบบจำลองของตนว่ามีความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์หรือไม่มากน้อยเพียงใด และแบบจำลองของตนสามารถใช้อธิบายปรากฏการณ์อื่นได้อย่างกว้างขวางเพียงใด ครูส่งเสริมแบบจำลองทางความคิดของนักเรียนโดยการเชื่อมโยงความสัมพันธ์ของตัวแปรต่าง ๆ โดยครูและนักเรียนต้องเป็นผู้ร่วมสร้าง (co - construction) และส่งเสริมแบบจำลองทางความคิด ตัวบ่งชี้ที่จะบอกได้ว่าแบบจำลองของนักเรียนเป็นแบบจำลองที่ผ่านการประเมินแล้วก็คือมีการเพิ่มตัวแปรใหม่ในแบบจำลองหรือการเพิ่มตัวปรับปรุงในความสัมพันธ์ในแบบจำลองรวมถึงมี

การใช้ความสัมพันธ์ในแบบจำลองเพื่ออธิบายผลการทดลองที่เกิดขึ้นใหม่ และอาจมีการเปลี่ยนแปลงการวาดเพื่ออธิบายปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้น ทำให้ขั้นตอนนี้เป็นขั้นตอนที่ได้คะแนนสูงที่สุดจากการวัดความสามารถในการสร้างแบบจำลองหลังเรียนของกลุ่มที่เรียนด้วยการใช้แบบจำลองเป็นฐาน ดังองค์ประกอบที่ 2 คือการแก้ไขปรับปรุงแบบจำลอง

3) ขั้นการดัดแปลงแก้ไขแบบจำลอง (modifying) แบบจำลองที่ผ่านการดัดแปลงแก้ไขแล้วสามารถอธิบายข้อมูลที่ได้อย่างถูกต้อง โดยเมื่อนักเรียนได้ทำกิจกรรมแล้วค้นพบปรากฏการณ์ ข้อเท็จจริง หลักการหรือกฎใหม่ ๆ ที่ไม่อาจอธิบายได้ด้วยแบบจำลองที่สร่างขึ้นก็ต้องมีการปรับปรุงแบบจำลองนั้น นักเรียนอาจจะเปรียบเทียบแบบจำลองของกลุ่มเพื่อนที่สร้างขึ้นและรวมแบบจำลองของแต่ละกลุ่มเข้าด้วยกันเพื่อสร้างเป็นแบบจำลองมติของกลุ่มหรือของชั้นเรียน นักเรียนสามารถแลกเปลี่ยนความคิดซึ่งกันและกันเพื่อสร้างเป็นแบบจำลองที่ดีที่สุดและสอดคล้องกับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ จัดว่าเป็นขั้นตอนสำคัญที่จะทำให้ผู้เรียนเข้าใจกระบวนการสร้างแบบจำลองและการพัฒนาความรู้ทางวิทยาศาสตร์

4) ขั้นการขยายแบบจำลอง (elaborating) ในขั้นนี้นักเรียนใช้แบบจำลองที่ผ่านการดัดแปลงแก้ไขแล้วมาอธิบายและทำนายปรากฏการณ์อื่น ๆ หรือสถานการณ์อื่น ซึ่งจะทำให้นักเรียนเชื่อและเข้าใจแบบจำลองที่ได้เรียนรู้ว่าสามารถอธิบายหรือทำนายปรากฏการณ์อื่นได้หรือไม่

จากผลการวิจัยพบว่า นักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานมีความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่านักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 สอดคล้องกับสมมติฐานการวิจัยข้อ 2 และนักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานมีความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 สอดคล้องกับสมมติฐานการวิจัยข้อ 3 โดยนักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานมีค่าเฉลี่ยของคะแนนความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตรสูงกว่านักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบปกติ และหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนของกลุ่มตัวเอง ทั้ง 3 องค์ประกอบ อาจเป็นเพราะในขั้นตอนทั้ง 4 ขั้นของการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน กระตุ้นให้นักเรียนได้ทำสิ่งต่อไปนี้

1) ดึงความเข้าใจที่มีต่อประเด็นต่าง ๆ ซึ่งอาจเป็นประเด็นที่เป็นไปตามข้อเท็จจริงหรืออาจคลาดเคลื่อนจากความเป็นจริง นักเรียนจึงได้มีโอกาสทำความเข้าใจกับความคิดของตนเองที่มีอยู่ลักษณะโดยรวมของแบบจำลองที่นักเรียนสร้างขึ้นในขั้นตอนนี้จึงมีลักษณะที่ไม่ซับซ้อน (Clement et al., 2010) ดังเช่นตัวอย่างที่ผู้วิจัยได้นำเสนอในขั้นตอนการสร้างแบบจำลองจากทั้ง 5 แผน ซึ่งเห็นได้ชัดว่าแบบจำลองแรกของนักเรียนมีลักษณะเป็นข้อความสั้น ๆ ไม่มีการให้คำอธิบายหรือรายละเอียดที่สามารถสื่อให้เห็นว่านักเรียนสามารถนำความรู้มาใช้อธิบายปรากฏการณ์ต่าง ๆ ในระหว่างขั้นตอนสร้างแบบจำลอง ผู้วิจัยได้พยายามให้เวลานักเรียนในการสร้างแบบจำลองแรก โดยใช้การตั้งคำถามและแสดงภาพเพื่อกระตุ้น

การเชื่อมโยงประสบการณ์เดิมของนักเรียน ซึ่งเป็นไปตามเงื่อนไขการเรียนรู้เพื่อเปลี่ยนแปลงแนวคิดของ Clement and Rea-Ramirez (2010) กล่าวว่าคือ การกระตุ้นความรู้เดิม ซึ่งเป็นความรู้ที่มีความสัมพันธ์กับประสบการณ์ของนักเรียน ส่งผลให้เกิดการสร้างแรงกระตุ้นภายใน และสร้างความรู้ใหม่ ก่อนนำความรู้ไปใช้ในการประเมินและปรับปรุงต่อไป จากการสังเกตพบว่า มีนักเรียนบางกลุ่มที่เริ่มมีการประเมินแบบจำลองในระหว่างการสร้างแบบจำลอง เนื่องจากนักเรียนเกิดการตั้งคำถามที่มีความขัดแย้งกับแบบจำลองแรกของตนเองในขณะนั้น

2) สร้างความเข้าใจที่สอดคล้องกับหลักการทางวิทยาศาสตร์ ด้วยการปรับปรุงแบบจำลองหรือความเข้าใจที่มีอยู่เดิม ส่งผลให้เกิดการเชื่อมโยงความรู้หรือประเด็นต่าง ๆ รวมถึงเกิดการสร้างข้อโต้แย้งและประเด็นสนับสนุนแบบจำลองเดิมที่ได้สร้างขึ้น Johnson-Laird (1980) ซึ่งพบว่าในขั้นตอนนี้วิธีการที่ง่ายและรวดเร็วคือการสร้างแผนผังทางความคิดที่ทำให้นักเรียนเกิดกระบวนการสร้างความเข้าใจจากการเชื่อมโยงประเด็นที่ได้ศึกษาและมองเห็นประเด็นทั้งหมดในภาพรวม สังเกตได้ในระหว่างการสร้างแผนภาพ มีนักเรียนบางส่วนเข้ามาสอบถามข้อสงสัยกับผู้วิจัยเกี่ยวกับประเด็นที่ยังไม่แน่ใจ และสามารถกลับไปสร้างแผนภาพที่สอดคล้องกันได้เมื่อผู้วิจัยอธิบายเพิ่มเติม

3) นำความรู้มาปรับใช้ในกับสถานการณ์ในชีวิตประจำวัน หรือสร้างคำอธิบายให้กับปรากฏการณ์ทางธรรมชาติ ซึ่งเป็นไปตามที่ Coll and Lajium (2011) ได้กล่าวว่าความสามารถในการใช้แบบจำลองเป็นตัวแทนในการอธิบายปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์ เป็นการเชื่อมโยงความเข้าใจมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ ในระหว่างการทดลองสังเกตพบว่า นักเรียนสามารถตอบคำถามพร้อมกับลงรายละเอียดของคำตอบได้มากยิ่งขึ้น นำไปสู่การเสริมสร้างความเข้าใจในด้านเนื้อหาสาระให้กับผู้เรียน ซึ่งส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และเปิดโอกาสให้นักเรียนได้ศึกษาข้อมูลที่เป็นประเด็นสนับสนุนหรือขัดแย้งกับความเข้าใจที่ได้สร้างขึ้นในรูปของแบบจำลองในขั้นตอนก่อนหน้า นักเรียนจึงมีโอกาสได้พิจารณาข้อมูลในเชิงวิทยาศาสตร์โดยละเอียด ซึ่งสามารถส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงแนวคิดหรือเกิดการจัดการข้อมูลให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น (Clement et al., 2010)

นอกจากนั้น ยังพบว่าความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์องค์ประกอบที่มีคะแนนเฉลี่ยสูงสุดคือ องค์ประกอบที่ 2 การแก้ไขปรับปรุงแบบจำลอง และองค์ประกอบที่มีคะแนนเฉลี่ยน้อยที่สุดคือองค์ประกอบที่ 1 การสร้างแบบจำลอง จากผลการวิจัย อาจเป็นเพราะ องค์ประกอบที่ 2 การแก้ไขปรับปรุงแบบจำลอง ที่มีคะแนนเฉลี่ยสูงสุด นักเรียนได้รวบรวมข้อมูลเชิงประจักษ์และตัดสินแบบจำลองของตนเองว่าสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์หรือไม่ โดยมีการอภิปรายกับเพื่อนร่วมชั้นเพื่อให้ได้ข้อมูลเชิงประจักษ์ โดยใช้คำถามกระตุ้นเพื่อให้นักเรียนอธิบายถึงหลักการและเหตุผลเพื่อให้นักเรียนประเมินแบบจำลองของตนเอง ส่วนในองค์ประกอบที่ 1 ที่ได้คะแนนเฉลี่ยน้อยที่สุด อาจเพราะในขั้นนี้ครูกระตุ้นและเปิดโอกาสให้นักเรียนได้แสดงแบบจำลองความคิดของตนเองออกมา โดยการใช้คำถามหรือกิจกรรมที่กระตุ้นให้นักเรียนทบทวนความรู้เดิมนำมาสร้างแบบจำลองทางความคิดไม่มากพอ และนักเรียน

ยังไม่คุ้นเคยกับการใช้ความคิดแบบนี้มาก่อน จึงทำให้ไม่สามารถแสดงความสามารถออกมาได้มากเท่าที่ควร สอดคล้องกับงานวิจัยของ ปิยะนารถ ประดับมุข (2563) ได้ศึกษา ผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานเพื่อพัฒนามโนทัศน์และความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ลมฟ้าอากาศรอบตัว สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ผลการวิจัยพบว่า ความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนหลังเรียน สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

3. ข้อเสนอแนะ

3.1 ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้

3.1.1 ก่อนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ครูควรให้ความสำคัญกับการเตรียมความพร้อมของนักเรียน อธิบายขั้นตอนการเรียนรู้ บทบาทของนักเรียนและครูในการดำเนินกิจกรรมการวัดและการประเมินผลการเรียนรู้ เพื่อให้นักเรียนเข้าใจกระบวนการเรียนการสอนที่ใช้แบบจำลองเป็นฐานอย่างชัดเจน

3.1.2 การใช้คำถามและสื่อในการจัดการเรียนรู้ในขั้นตอนการสร้างแบบจำลองมีความสำคัญเป็นอย่างยิ่ง ถือเป็นจุดเริ่มต้นของกระบวนการเรียนรู้ ควรสร้างคำถามให้สอดคล้องกับบริบทของท้องถิ่นและนักเรียนสามารถพบเห็นปัญหาได้ในชีวิตประจำวัน เนื่องจากจะทำให้นักเรียนเข้าใจได้ง่ายขึ้น สามารถกระตุ้นให้นักเรียนตระหนักถึงความสำคัญในการสร้างแบบจำลองเพื่ออธิบายเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นหรือมีแนวโน้มจะเกิดขึ้นได้อย่างชัดเจน

3.1.3 การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในขั้นการดัดแปลงแก้ไขแบบจำลอง ครูต้องกระตุ้นให้นักเรียนได้อภิปรายร่วมกันระหว่างกลุ่ม ทำให้นักเรียนได้ฝึกวิเคราะห์ปัญหาและแสดงความคิดเห็นเพื่ออธิบายแบบจำลองที่สร้างขึ้นและสรุปประเด็นที่สำคัญของแบบจำลองร่วมกันได้มากขึ้น

3.1.4 เนื่องจากผลการวิจัยพบว่า ความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานในขั้นที่ 1 การสร้างแบบจำลอง มีคะแนนเฉลี่ยน้อยที่สุด ครูจึงควรกระตุ้นและเปิดโอกาสให้นักเรียนแสดงแบบจำลองความคิดของตนเองออกมาให้มากที่สุด โดยการใช้คำถามหรือกิจกรรม เพื่อกระตุ้นให้นักเรียนทบทวนความรู้เดิมนำการสร้างแบบจำลองทางความคิดเพื่ออธิบายหรือทำนายปรากฏการณ์ต่าง ๆ ทางธรรมชาติและสามารถสร้างแบบจำลองทางความคิดเกี่ยวกับประสบการณ์ที่ศึกษาได้

3.1.5 ผู้วิจัยควรให้ความสำคัญในการวัดและประเมินแบบจำลองของนักเรียนก่อนเรียนและหลังเรียนในแต่ละกิจกรรมการเรียนรู้ เนื่องจากเป็นขั้นตอนที่แสดงให้เห็นการเปลี่ยนแปลงทางความคิดและแสดงถึงความเข้าใจของนักเรียน

3.1.6 ในการสร้างแบบทดสอบความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ คำถามที่ใช้ในระหว่างการจัดการเรียนรู้ ผู้วิจัยควรตั้งคำถามหรือยกตัวอย่างสถานการณ์ที่นักเรียนมีความคุ้นเคย เพื่อให้ผู้เรียนสามารถใช้ความรู้และประสบการณ์เดิมในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ได้

3.2 ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

3.2.1 การจัดการเรียนการสอนโดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ช่วยให้นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนสูงขึ้นได้ แต่ยังไม่สามารถทำให้นักเรียนต่อยอดความรู้ในการสร้างแบบจำลองได้ ดังนั้นควรมีการศึกษาการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับการใช้เทคโนโลยีและสื่อออนไลน์ในรูปแบบต่าง ๆ เพื่อช่วยให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ได้ดีขึ้น

3.2.2 การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ในขั้นการเปรียบเทียบและประเมินแบบจำลอง นักเรียนต้องศึกษาค้นคว้าข้อมูล รวบรวมข้อมูลที่หลากหลายด้วยตนเอง เพื่อสังเคราะห์ความรู้ที่ได้มาแลกเปลี่ยนเรียนรู้ร่วมกันอภิปรายผลภายในกลุ่ม ซึ่งนักเรียนต้องสามารถอธิบายสิ่งต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับแบบจำลองได้ นักเรียนอาจจะต้องอาศัยความสามารถด้านอื่น ๆ ร่วมด้วย เพื่อเป็นการส่งเสริมความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ให้สูงขึ้น จึงควรมีการศึกษาผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานเพื่อไปพัฒนาต่อตัวแปรอื่น ๆ เช่น ความเข้าใจเกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์

มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช

บรรณานุกรม

บรรณานุกรม

กระทรวงศึกษาธิการ. (2551). *หลักสูตรแกนหลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551*. ชุมนุมสหกรณ์-การเกษตรแห่งประเทศไทย.

__________. (2560). *มาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัด กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์ และสาระภูมิศาสตร์ในกลุ่มสาระการเรียนรู้สังคมศึกษา ศาสนา และวัฒนธรรม (ฉบับปรับปรุง 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551*. ชุมนุมสหกรณ์-การเกษตรแห่งประเทศไทย.

กัญจนา ลินทรัตนศิริกุล. (2561). หน่วยที่ 9 เครื่องมือวิจัยและการตรวจสอบคุณภาพ. ใน *ประมวลสาระชุดวิชาการวิจัยหลักสูตรและการเรียนการสอน หน่วยที่ 8-11* (พิมพ์ครั้งที่ 8, น. 1-81). สาขาวิชาศึกษาศาสตร์ มหาวทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.

โกเมศ นาแจ้ง. (2554). *ผลการจัดการเรียนการสอนโดยใช้ MCIS ที่มีต่อความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์และมโนทัศน์เรื่องการเคลื่อนที่และแบบการเคลื่อนที่ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย* [วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย]. Chulalongkorn University Intellectual Repository (CUIR). http://cuir. car.chula.ac.th/handle/123456789/22025

จงกล บุญรอด และ อลิศรา ชูชาติ. (2558). ผลของการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์โดยใช้แบบจำลอง MORE ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์และความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น. *An Online Journal of Education, 10*(2), 238–248.

ชาตรี ฝ่ายคำตา และ ภรทิพย์ สุภัทรชัยวงศ์. (2557). การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน (Model-based Learning). *วารสารศึกษาปริทัศน์, 29*(3), 86-87.

ชาตรี ฝ่ายคำตา. (2551). แนวคิดทางเลือกของนักเรียนในวิชาเคมี. *วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี, 19*(2), 10-28.

ณัฏฐ์นภันต์ กตัญูรัตน์ และสุวัตร นานนท์. (2558). การศึกษามโนมติทางวิทยาศาสตร์และความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบ MIS เรื่อง ไฟฟ้าเคมีของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 5. *วารสารวิจัย มข. (ฉบับบัณฑิตศึกษา), 3*(1), 82-92.

ณัฐมน สุชัยรัตน์. (2558). *การพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนตามแนวคิดการสืบสอบโดยใช้แบบจำลองเป็นฐานและแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐาน เพื่อส่งเสริมความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์และการเชื่อมโยงการเรียนรู้ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น* [ดุษฎีนิพนธ์ปริญญาดุษฎีบัณฑิต ไม่ได้ตีพิมพ์]. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ทิศนา แขมมณี. (2560). *รูปแบบการเรียนการสอน:ทางเลือกที่หลากหลาย* (พิมพ์ครั้งที่ 9). จุฬาลงกรณ์-มหาวิทยาลัย.

__________. (2563). *ศาสตร์การสอน* (พิมพ์ครั้งที่ 24). จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ธีระศักดิ์ ไชยสัตย์. (2560). *ผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมีและความสามารถในการคิดเชิงผลิตภาพของนักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนมัธยมขยายโอกาส จังหวัดประจวบคีรีขันธ์* [วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ไม่ได้ตีพิมพ์]. มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.

ปิยะนารถ ประดับมุข. (2563). ผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานเพื่อพัฒนามโนทัศน์และความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ลมฟ้าอากาศรอบตัว สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 [วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ไม่ได้ตีพิมพ์]. มหาวิทยาลัย-ราชภัฏวไลยอลงกรณ์.

โพธิศักดิ์ โพธิเสน. (2558). *การพัฒนาแบบจำลองทางความคิดของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ในเรื่องอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ที่ใช้แบบจำลองเป็นฐาน* [วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ไม่ได้ตีพิมพ์]. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ภรทิพย์ สุภัทรชัยวงศ์. (2556). *การจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานเพื่อพัฒนาแบบจำลองทางความคิดเรื่องโครงสร้างอะตอมและความเข้าใจธรรมชาติแบบจำลองของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4* [วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ไม่ได้ตีพิมพ์]. มหาวิทยาลัย-เกษตรศาสตร์.

รัตนาภรณ์ ศุภพร, สุรเดช อนันตสวัสดิ์ และวิทัศน์ ฝักเจริญผล. (2562). การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง ระบบอวัยวะในร่างกาย ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยการใช้แบบจำลองเป็นฐาน. *วารสารศาสตร์การศึกษาและการพัฒนามนุษย์ (JEHDS). 3*(2), 62-71.

ศิริชัย กาญจนวาสี. (2554). *การเลือกใช้สถิติที่เหมาะสมสำหรับการวิจัย* (พิมพ์ครั้งที่ 6). จุฬาลงกรณ์-มหาวิทยาลัย.

__________. (2556). *ทฤษฎีการทดสอบแบบดั้งเดิม* (พิมพ์ครั้งที่ 7). จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2562). *หนังสือเรียนรายวิชาพื้นฐาน วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ชั้น ม.1 เล่ม 1* (พิมพ์ครั้งที่ 8). จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สิทธิศักดิ์ พสุมาตร์. (2558). *การใช้การเรียนรู้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับกิจกรรมการเรียนรู้แบบทำนาย-สังเกต-อธิบาย เพื่อแก้ไขแนวคิดคลาดเคลื่อนทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง พันธะโคเวเลนต์* [วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยรังสิต]. Rangsit University Intellectual Repository (RSUIR). https://rsuir-library.rsu.ac.th/handle/123456789/1093

สุนีย์ คล้ายนิล. (2555). *การศึกษาวิทยาศาสตร์ไทย : การพัฒนาและภาวะถดถอย 1.* สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.

เสาวรภย์ แสงอรุณ. (2563). ผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง พันธะเคมี ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมีและความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนวัดสุทธิวราราม กรุงเทพมหานคร. *วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ, 21*(2), 157-173.

หนึ่งฤทัย เกียรติพิมล. (2559). *ผลของการใช้แนวคิดการสร้างตัวแทนความคิดที่มีต่อความสามารถในการสร้างแบบจำลองและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยาของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย* [วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย]. Chulalongkorn University Intellectual Repository (CUIR). http://cuir.car.chula.ac.th/handle/123456789/55143

Bamberger, Y. M., & Davis, E. A. (2013). Middle-School Science Students' Scientific Modelling Performances Across Content Areas and Within a Learning Progression. *International Journal of Science Education*, 35(2), 213-238. https://doi.org/10.1080/09500693.2011.624133

Bodrova, E. (1997). Key Concepts of Vygotsky's Theory of Learning and Development. *Journal of Early Childhood Teacher Education*, 18(2), 16-22. https://doi.org/10.1080/1090102970180205

Buckley, B. C., & Gobert, J. D. (2010). Looking inside the black box: assessing model-based learning and inquiry in BioLogica™. *International Journal of Learning Technology, 5*(2), 166-190. https://doi.org/10.1504/IJLT.2010.034548

Bybee, R. W., Taylor, J. A., Gardner, A., Vanscotter, P., Powell, J. C., Westbrook, A., & Landes, N. (2010). *The BSCS 5E instructional model: origins, effectiveness, and applications.* BSCS Science Learning. https://www.bscs.org/curriculumdevelopment/features/bscs5es.html

Clement, J. J., & Rea-Ramirez, M. A. (2010). *Model Based Learning and Instruction in Science* (2). Springer.

Coll, R., Lajium, D. (2011). Modeling and the Future of Science Learning. *Springer Science, 6*(6), 3-21. https://doi.org/10.1007/978-94-007-0449-7_1

Coll, R.K., & Campbell, A. (2006). Student Views of Concept Mapping Use in Introductory Tertiary Biology Classes. *Int J Sci Math Educ, 4*(8), 641–668. https://doi.org/10.1007/s10763-005-9014-7

Gilbert, J. (2004). Models and modelliIng in chemical education. *Chemical Education: Towards Research-based Practice, 17*(3), 47-68.

__________. (2010). Modelling, teachers' views on the nature of modelling, and implications for the education of modellers. *International Journal of Science Education, 24*(4), 369-387. https://doi.org/10.1080/09500690110110142

Johnson-Laird, P.N. (1980). Mental models in cognitive science. *Cognitive Science, 4*(1), 71-115. https://doi.org/10.1016/S0364-0213(81)80005-5

Justi, R., & Gilbert, J. (2002). Models and modelliIng in chemical education. *Chemical Education: Towards Research-based Practice, 17*(3), 47-68.

__________. (2010). Modelling, teachers' views on the nature of modelling, and implications for the education of modellers. International Journal of Science Education, 24(4), 369-387. https://doi.org/10.1080/09500690110110142

Kuhn, D. (1979). The Application of Piaget's Theory of Cognitive Development to Education. *https://doi.org/10.17763/haer.49.3.h70173113k7r618r*

Marfilinda, R., Zaturrahmi, Indrawati, E. S., (2024). Development and application of learning cycle model on science teaching and learning: a literature review. *Journal of Physics: Conference Series,* 1317(2019), 1-2. https://doi.org/10.1088/1742-6596/1317/1/012207

Schwarz, C., Reiser, B., Davis, E., Kenyon, L., Acher, A., Fortus, D., Shwartz, Y., Hug, B., Krajcik, J. (2009). Developing a Learning Progression for Scientific Modeling: Making Scientific Modeling Accessible and Meaningful for Learners. *Journal of Research in Science Teaching (JRST),* 46(6), 632-654. https://doi.org/10.1002/tea.20311

Tanner, K. D. (2010). Using the 5E Model to Align Teaching with How People Learn. *CBE-Life Sciences Education,* 9(3), 159-164. https://doi.org/10.1187/cbe.10-06-0082.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

รายนามผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือวิจัย

รายนามผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือวิจัย

1. นางเอื้องพร คำอ้อ

   สถานที่ทำงาน โรงเรียนนครขอนแก่น

   วุฒิการศึกษา ระดับปริญญาโท ศษ.ม. สาขาวิทยาศาสตร์ศึกษา มหาวิทยาลัยขอนแก่น

   ระดับปริญญาตรี ศษ.บ. สาขาวิทยาศาสตร์ทั่วไป มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี

   ประสบการณ์หรือความชำนาญ วิทยฐานะครูชำนาญการพิเศษ โรงเรียนนครขอนแก่น

2. นางสาวกัญญาวีร์ อังสนุ

   สถานที่ทำงาน โรงเรียนนครขอนแก่น

   วุฒิการศึกษา ระดับปริญญาโท ศษ.ม. สาขาวิทยาศาสตร์ศึกษา มหาวิทยาลัยขอนแก่น

   ระดับปริญญาตรี วท.บ. สาขาชีววิทยา มหาวิทยาลัยขอนแก่น

   ประสบการณ์หรือความชำนาญ วิทยฐานะครูชำนาญการพิเศษ โรงเรียนนครขอนแก่น

3. นางปราณนา โสสีหา

   สถานที่ทำงาน โรงเรียนนครขอนแก่น

   วุฒิการศึกษา ระดับปริญญาโท วท.ม. สาขาเคมีสำหรับครู มหาวิทยาลัยขอนแก่น

   ระดับปริญญาตรี วท.บ. สาขาเคมี มหาวิทยาลัยขอนแก่น

   ประสบการณ์หรือความชำนาญ วิทยฐานะครูชำนาญการพิเศษ โรงเรียนนครขอนแก่น

มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช

ที่ อว.0602.16 (บ) / ๕๖๑

สาขาวิชาศึกษาศาสตร์
มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช
ตำบลบางพูด อำเภอปากเกร็ด
จังหวัดนนทบุรี 11120

๑๙ กรกฎาคม 2566

เรื่อง ขอเรียนเชิญเป็นผู้ทรงคุณวุฒิพิจารณาเครื่องมือวิจัย

เรียน นางเอื้องพร คำอ้อ

สิ่งที่ส่งมาด้วย โครงการวิทยานิพนธ์ จำนวน 1 ชุด

ด้วยนางสาวศิรินทรา บุษราคัม นักศึกษาหลักสูตรศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต วิชาเอกวิทยาศาสตร์ศึกษา สาขาวิทยาศาสตร์ศึกษา มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช ได้รับอนุมัติให้ทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง ผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง สารบริสุทธิ์ ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการสร้างแบบจำลองของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนนครขอนแก่น จังหวัดขอนแก่น ตามโครงการวิทยานิพนธ์ที่แนบมาด้วยนี้

การจัดทำวิทยานิพนธ์เรื่องดังกล่าวนักศึกษาได้จัดทำเครื่องมือที่จะเก็บรวบรวมข้อมูล และได้รับความเห็นชอบเบื้องต้นจากอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ไว้ชั้นหนึ่งแล้ว แต่เพื่อให้เครื่องมือที่จัดทำนั้นมีความครอบคลุมเนื้อหาวิชา แนวปฏิบัติ และสอดคล้องกับหลักและกระบวนการวิจัย ทางสาขาวิชาจึงใคร่ขอความอนุเคราะห์จากท่านในฐานะผู้ทรงคุณวุฒิในการตรวจสอบคุณภาพด้านความตรงของแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน การสร้างแบบทดสอบวัดความสามารถในการสร้างแบบจำลอง และแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง สารบริสุทธิ์ ได้โปรดพิจารณาตรวจสอบและให้ความคิดเห็นเพื่อการปรับปรุงเครื่องมือการวิจัยของนักศึกษาผู้นี้ด้วย สำหรับรายละเอียดอื่นๆ นักศึกษาจะนำเรียนด้วยตนเอง

สาขาวิชาศึกษาศาสตร์ หวังเป็นอย่างยิ่งว่าคงจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านเป็นอย่างดี จึงขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์ ดร.นิรนาท แสนสา)
ประธานกรรมการประจำสาขาวิชาศึกษาศาสตร์

ฝ่ายบัณฑิตศึกษา
โทร. 0-2504-8505
โทรสาร. 0-2503-3566-7
เบอร์โทรศัพท์นักศึกษา 088-308-5830

ที่ อว.0602.16 (บ) / ๕๖๑

สาขาวิชาศึกษาศาสตร์
มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช
ตำบลบางพูด อำเภอปากเกร็ด
จังหวัดนนทบุรี 11120

๑๙ กรกฎาคม 2566

เรื่อง ขอเรียนเชิญเป็นผู้ทรงคุณวุฒิพิจารณาเครื่องมือวิจัย

เรียน นางสาวกัญญาวีร์ อังศนุ

สิ่งที่ส่งมาด้วย โครงการวิทยานิพนธ์ จำนวน 1 ชุด

ด้วยนางสาวศิรินทรา บุษราคัม นักศึกษาหลักสูตรศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต วิชาเอกวิทยาศาสตร์ศึกษา สาขาวิทยาศาสตร์ศึกษา มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช ได้รับอนุมัติให้ทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง ผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง สารบริสุทธิ์ ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการสร้างแบบจำลองของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนนครขอนแก่น จังหวัดขอนแก่น ตามโครงการวิทยานิพนธ์ที่แนบมาด้วยนี้

การจัดทำวิทยานิพนธ์เรื่องดังกล่าวนักศึกษาได้จัดทำเครื่องมือที่จะเก็บรวบรวมข้อมูล และได้รับความเห็นชอบเบื้องต้นจากอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ไว้ขั้นหนึ่งแล้ว แต่เพื่อให้เครื่องมือที่จัดทำนั้นมีความครอบคลุมเนื้อหาวิชา แนวปฏิบัติ และสอดคล้องกับหลักและกระบวนการวิจัย ทางสาขาวิชาจึงใคร่ขอความอนุเคราะห์จากท่านในฐานะผู้ทรงคุณวุฒิในการตรวจสอบคุณภาพด้านความตรงของแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน การสร้างแบบทดสอบวัดความสามารถในการสร้างแบบจำลอง และแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง สารบริสุทธิ์ ได้โปรดพิจารณาตรวจสอบและให้ความคิดเห็นเพื่อการปรับปรุงเครื่องมือการวิจัยของนักศึกษาผู้นี้ด้วย สำหรับรายละเอียดอื่นๆ นักศึกษาจะนำเรียนด้วยตนเอง

สาขาวิชาศึกษาศาสตร์ หวังเป็นอย่างยิ่งว่าคงจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านเป็นอย่างดี จึงขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์ ดร.นิรนาท แสนสา)
ประธานกรรมการประจำสาขาวิชาศึกษาศาสตร์

ฝ่ายบัณฑิตศึกษา
โทร. 0-2504-8505
โทรสาร. 0-2503-3566-7
เบอร์โทรศัพท์นักศึกษา 088-308-5830

ที่ อว.0602.16 (บ) / ๕๖๑

สาขาวิชาศึกษาศาสตร์
มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช
ตำบลบางพูด อำเภอปากเกร็ด
จังหวัดนนทบุรี 11120

๑๙ กรกฎาคม 2566

เรื่อง ขอเรียนเชิญเป็นผู้ทรงคุณวุฒิพิจารณาเครื่องมือวิจัย

เรียน นางปรารถนา โสสีหา

สิ่งที่ส่งมาด้วย โครงการวิทยานิพนธ์ จำนวน 1 ชุด

ด้วยนางสาวศิรินทรา บุษราคัม นักศึกษาหลักสูตรศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต วิชาเอกวิทยาศาสตร์ศึกษา สาขาวิทยาศาสตร์ศึกษา มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช ได้รับอนุมัติให้ทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง ผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง สารบริสุทธิ์ ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการสร้างแบบจำลองของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนนครขอนแก่น จังหวัดขอนแก่น ตามโครงการวิทยานิพนธ์ที่แนบมาด้วยนี้

การจัดทำวิทยานิพนธ์เรื่องดังกล่าวนักศึกษาได้จัดทำเครื่องมือที่จะเก็บรวบรวมข้อมูล และได้รับความเห็นชอบเบื้องต้นจากอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ไว้ชั้นหนึ่งแล้ว แต่เพื่อให้เครื่องมือที่จัดทำนั้นมีความครอบคลุมเนื้อหาวิชา แนวปฏิบัติ และสอดคล้องกับหลักและกระบวนการวิจัย ทางสาขาวิชาจึงใคร่ขอความอนุเคราะห์จากท่านในฐานะผู้ทรงคุณวุฒิในการตรวจสอบคุณภาพด้านความตรงของแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน การสร้างแบบทดสอบวัดความสามารถในการสร้างแบบจำลอง และแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง สารบริสุทธิ์ ได้โปรดพิจารณาตรวจสอบและให้ความคิดเห็นเพื่อการปรับปรุงเครื่องมือการวิจัยของนักศึกษาผู้นี้ด้วย สำหรับรายละเอียดอื่นๆ นักศึกษาจะนำเรียนด้วยตนเอง

สาขาวิชาศึกษาศาสตร์ หวังเป็นอย่างยิ่งว่าคงจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านเป็นอย่างดี จึงขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์ ดร.นิรมาศ แสนสา)
ประธานกรรมการประจำสาขาวิชาศึกษาศาสตร์

ฝ่ายบัณฑิตศึกษา
โทร. 0-2504-8505
โทรสาร. 0-2503-3566-7
เบอร์โทรศัพท์นักศึกษา 088-308-5830

ภาคผนวก ข

- ตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน
- ตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้แบบปกติ
- แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
- แบบวัดความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์

ตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2

เรื่อง สมบัติความหนาแน่นของวัตถุ

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1
วิชา วิทยาศาสตร์ 1 รหัสวิชา ว21101
เรื่อง สมบัติความหนาแน่นของวัตถุ หน่วยที่ 1 เรื่อง สารบริสุทธิ์
เวลาทั้งหมด 20 ชั่วโมง เวลาเรียน 4 ชั่วโมง ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2566

---

1. มาตรฐานการเรียนรู้

มาตรฐาน ว 2.1 เข้าใจสมบัติของสสาร องค์ประกอบของสสาร ความสัมพันธ์ระหว่างสมบัติของสสารกับโครงสร้างและแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาค หลักและธรรมชาติของการเปลี่ยนแปลงสถานะของสสาร การเกิดสารละลาย และการเกิดปฏิกิริยาเคมี

2. ตัวชี้วัด

ว 2.1 ม.1/5 อธิบายและเปรียบเทียบความหนาแน่นของสารบริสุทธิ์และสารผสม

ว 2.1 ม.1/6 ใช้เครื่องมือเพื่อวัดมวลและปริมาตรของสารบริสุทธิ์และสารผสม

3. จุดประสงค์การเรียนรู้

1. บอกสมบัติของสารบริสุทธิ์ได้
2. บอกความหมายและหน่วยของความหนาแน่นของสารได้
3. คำนวณหาความหนาแน่นของสารได้
4. บอกความหมายของจุดเดือดของสารบริสุทธิ์ได้
5. บอกความหมายของจุดหลอมเหลวของสารบริสุทธิ์ได้
6. เปรียบเทียบความแตกต่างของจุดเดือดและจุดหลอมเหลวของสารบริสุทธิ์ และสารผสมได้
7. สร้างแบบจำลองการหาปริมาตรของของแข็งที่มีรูปทรงไม่เป็นรูปทรงเรขาคณิต
8. บอกความสัมพันธ์ของสารบริสุทธิ์และความหนาแน่น จุดเดือด และจุดหลอมเหลวได

4. สาระสำคัญ

สมบัติของสารบริสุทธิ์ได้แก่ ความหนาแน่น จุดเดือด และจุดหลอมเหลว ความหนาแน่นหมายถึงอัตราส่วนระหว่างมวลกับปริมาตรที่มีค่าคงที่สำหรับสารบริสุทธิ์แต่ละชนิด มีหน่วยมวล/ปริมาตร คำนวณได้จากสูตร D=M/V การหาปริมาตรของของแข็งที่มีรูปทรงไม่เป็นรูปทรงเรขาคณิต ใช้หลักของอาร์คิมีดิส โดยนำวัตถุนั้นไปแทนที่น้ำในถ้วยยูรีกา ปริมาตรน้ำที่ถูกแทนที่หรือล้นออกมา จะมีค่าเท่ากับปริมาตรของวัตถุส่วนที่จมน้ำ จุดเดือดหมายถึงอุณหภูมิที่ของเหลวเปลี่ยนสถานะเป็นแก๊ส จุดหลอมเหลวหมายถึงอุณหภูมิที่ของแข็งเปลี่ยนสถานะเป็นของเหลว

5. สาระการเรียนรู้

ความหนาแน่น (Density) คืออัตราส่วนของมวลต่อหนึ่งหน่วยปริมาตร ซึ่งเป็นสมบัติพื้นฐานทางกายภาพของสสาร โดยวัตถุที่มีมวลในหนึ่งหน่วยพื้นที่ที่กำหนดมากเท่าไหร่ ยิ่งแสดงให้เห็นว่าวัตถุดังกล่าวมีความหนาแน่นมากเท่านั้น นอกจากนี้ ความหนาแน่นยังแปรผันตามมวลอะตอม (Atomic Mass) ของธาตุหรือมวลโมเลกุลของสารประกอบอีกด้วย ในการคำนวณหาความหนาแน่นของสสารความหนาแน่น คำนวณผ่านความสัมพันธ์ระหว่างมวล (Mass) หรือปริมาณเนื้อของสสารที่ถูกบรรจุอยู่ภายในวัตถุต่อหนึ่งหน่วยปริมาตร (Volume) D = M/V โดยหน่วยของความหนาแน่นที่ผู้คนนิยมใช้กันคือ กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร (kg/m^3) และกรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร (g/cm^3) และจากสูตรการคำนวณหาความหนาแน่นข้างต้นแสดงให้เห็นว่า ความหนาแน่นนั้นเป็นอัตราส่วนของมวลต่อปริมาตรที่ไม่ได้คำนึงถึงปริมาณของวัตถุหรือสารตั้งต้นทั้งหมดที่มีอยู่ในขณะนั้น ดังนั้น ความหนาแน่นจึงเป็นสมบัติที่ไม่ได้ขึ้นอยู่กับปริมาณของสสาร (Intensive Property) ซึ่งโดยทั่วไป เราอาจสับสนระหว่างความหนาแน่นกับน้ำหนัก เนื่องจากวัตถุ 2 ชิ้นที่มีปริมาตรเท่ากัน ชิ้นที่มีความหนาแน่นมากกว่ามักมีน้ำหนักที่มากกว่า ซึ่งในความเป็นจริง ความหนาแน่นเป็นความสัมพันธ์ระหว่างมวลต่อปริมาตร จึงไม่สามารถหาข้อสรุปจากการพิจารณามวลหรือปริมาตรของสสารเพียงส่วนเดียว แต่ต้องพิจารณาตัวแปรทั้งสองควบคู่กันไป ความหนาแน่นของสสารยังขึ้นอยู่กับปัจจัยทางสภาวะแวดล้อมอีกด้วยเช่น อุณหภูมิ (Temperature) และความดัน (Pressure) โดยเฉพาะความหนาแน่นของก๊าซที่มักจะเปลี่ยนแปลงไปตามอุณหภูมิและความดันได้ง่ายกว่าสสารในสถานะอื่นซึ่งโดยทั่วไป วัตถุจำนวนมากจะขยายตัวเมื่อได้รับความร้อนและจากการที่วัตถุขยายตัวขึ้นนั้น ส่งผลให้ปริมาตรของวัตถุเพิ่มสูงขึ้นตามไปด้วย เมื่อปริมาตรเพิ่มมากขึ้นความหนาแน่นของวัตถุดังกล่าวจึงลดลง ซึ่งปรากฏการณ์ทางธรรมชาตินี้สามารถเกิดขึ้นได้ในสสารทุกสถานะ ทั้งที่เป็นของแข็งของเหลวและก๊าซ

จุดเดือดและจุดหลอมเหลวคือคุณสมบัติเฉพาะของธาตุและสสาร ที่สามารถนำมาใช้จำแนกประเภทของสสารได้ ดังนี้ สารบริสุทธิ์ (Pure Substance) คือ สารที่มีองค์ประกอบเพียงชนิดเดียว มีสมบัติทางกายภาพและทางเคมีเฉพาะตัว ส่งผลให้สารบริสุทธิ์มีจุดเดือด จุดหลอมเหลว รวมถึงความหนาแน่นคงที่ โดยทั่วไป สารบริสุทธิ์สามารถแบ่งออกเป็น 2 ชนิด ได้แก่ ธาตุ (Elements) คือ สารบริสุทธิ์ที่ประกอบด้วย

อะตอมของธาตุเพียงชนิดเดียว สามารถจำแนกออกเป็นธาตุโลหะ (Metal) ธาตุอโลหะ (Nonmetal) และธาตุกึ่งโลหะ (Metalloid) ตามคุณสมบัติเฉพาะของธาตุแต่ละตัว ซึ่งในปัจจุบัน ธาตุ 118 ธาตุ มีทั้งที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ เช่น ออกซิเจน (O) คาร์บอน (C) และแมกนีเซียม (Mg) และเกิดจากการสังเคราะห์ขึ้นใหม่โดยมนุษย์ เช่น เทคนีเซียม (Tc) และพลูโทเนียม (Pu) เป็นต้น สารประกอบ (Compounds) คือ สารบริสุทธิ์ที่เกิดจากอะตอมของธาตุตั้งแต่ 2 ชนิด ขึ้นไป โดยมีอัตราส่วนโดยมวลคงที่กลายเป็นสารชนิดใหม่ที่มีสมบัติแตกต่างไปจากธาตุที่เป็นองค์ประกอบดั้งเดิม เช่น น้ำ ซึ่งเกิดจากการรวมตัวกันของอะตอมธาตุออกซิเจนและไฮโดรเจน เป็นต้น เนื่องจากธาตุและสสารชนิดต่าง ๆ มีแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาค ที่อยู่ในรูปของแรงดึงดูดระหว่างโมเลกุลหรืออะตอม ส่งผลต่อจุดหลอมเหลวและจุดเดือดของสาร สารที่มีแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาคมากจะมีจุดหลอมเหลวและจุดเดือดสูง เนื่องจากสารดังกล่าวต้องการพลังงานความร้อนจากภายนอกปริมาณมาก เพื่อช่วยสลายพันธะหรือลดแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุล และเกิดการเปลี่ยนแปลงสถานะจากของแข็งเป็นของเหลว หรือจากของเหลวเปลี่ยนไปเป็นก๊าซ ส่วนสารที่มีแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาคต่ำ จะส่งผลให้มีจุดหลอมเหลวและจุดเดือดต่ำเช่นเดียวกัน ดังนั้น การหาจุดเดือดและจุดหลอมเหลวของสารสามารถนำมาใช้จำแนกความบริสุทธิ์ของสารต่าง ๆ ได้ สารบริสุทธิ์ที่มีจุดเดือดและจุดหลอมเหลวคงที่ รวมถึงการมีช่วงอุณหภูมิของการหลอมเหลวแคบ (ช่วงของอุณหภูมิที่สารตั้งต้นเกิดการหลอมเหลวจนกระทั่งสารทั้งหมดเปลี่ยนแปลงสถานะไปเป็นของเหลวโดยสมบูรณ์)

6. กระบวนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานเพื่อพัฒนาความสามารถในการสร้างแบบจำลอง

กิจกรรมการเรียนรู้
ขั้นที่ 1 ขั้นการสร้างแบบจำลอง (Generating) 1.1 ดูคลิปวีดิโอเรื่อง ความแตกต่างของสารบริสุทธิ์และสารผสม (https:// www.youtube.com/watch?v=2kIIC79RQPw) เพื่อกระตุ้นความสนใจของนักเรียน ครูให้นักเรียน แสดงความเข้าใจเกี่ยวกับคำ 3 คำ คือ มวล ปริมาตร และความหนาแน่นของสารว่า แต่ละคำหมายถึงอะไร และมีความสัมพันธ์กันอย่างไร โดยให้แสดงออกเป็นผลงานที่เป็นรูปภาพ และอาจมีตัวหนังสือประกอบที่เป็นการแสดงข้อมูลที่เป็นความเข้าใจของตัวเอง แล้วส่งตัวแทนของแต่ละกลุ่มออกมานำเสนอ 1.2 ครูแบ่งกลุ่มนักเรียนออกเป็นกลุ่ม ๆ ละ 5 คน แต่ละกลุ่มมีนักเรียนเก่ง ปานกลาง อ่อน คละกันให้นักเรียนระดมสมอง เพื่อวาดภาพเสนอแนวความคิดหรือแบบจำลองแสดงจำนวนอนุภาคของวัสดุแต่ละชนิดที่บรรจุอยู่ในภาชนะที่มีปริมาตรเท่ากัน เพื่อแสดงความเข้าใจความหมายของความหนาแน่น แบ่งกันกลุ่มละ 1 ชิ้นที่ครูกำหนดให้ตามแนวคิดของตนเอง ให้แต่ละกลุ่มนำเสนอ และติดผลงานของกลุ่มไว้ที่กระดานหลังห้องเรียนโดยไม่ตัดสินความถูกผิดใด ๆ **ขั้นที่ 2 ขั้นการประเมินแบบจำลอง (Evaluation model)** ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มวัดมวล และปริมาตรของสารหลาย ๆ ชนิด ให้มีสารที่เป็นของแข็ง ของเหลว โดยของแข็งมีทั้งเป็นแบบมีรูปทรงเรขาคณิต ให้นักเรียนใช้ตาชั่งเพื่อหามวล ใช้เครื่องมือวัดขนาดความกว้าง ยาว หนาแล้วมาคำนวณหาปริมาตร และวัตถุที่ไม่มีรูปทรงเรขาคณิตให้หาปริมาตรด้วยการให้แทนที่น้ำแล้วนำน้ำที่ล้นมาใส่กระบอกตวงเพื่อบอกปริมาตร สารที่ของเหลวบรรจุอยู่ในภาชนะรูปทรงต่าง ๆ นำมาตวงเพื่อบอกปริมาตร ครูให้นักเรียนนำตัวเลขมาหาอัตราส่วน มวล:ปริมาตร แล้วสังเกตตัวเลขผลลัพธ์ของสารแต่ละอย่าง เปรียบเทียบกัน แล้วลองนำชิ้นส่วนของสารแต่ละอย่างนั้นมาลอยในน้ำ สังเกตการจมและลอย จากนั้นครูให้นักเรียนบอกข้อสังเกตที่ได้จากการเปรียบเทียบทั้ง 2 กรณี เพื่อนำไปสร้างเป็นความหมายของคำว่า มวล ปริมาตร และความหนาแน่น **ขั้นที่ 3 ขั้นการดัดแปลงแก้ไขแบบจำลอง (Modifying model)** ครูให้นักเรียนพิจารณาแก้ไขข้อมูลที่เสนอไว้ในขั้นที่ 1 และนำเสนอว่าแก้ไขอะไร เพราะอะไร **ขั้นที่ 4 ขั้นขยายแบบจำลอง (Elaborating model)** ครูให้นักเรียนขยายแบบจำลอง โดยนำไปเชื่อมโยงกับการใช้สูตร D = M/V แล้วให้นักเรียนฝึกคำนวณโจทย์ที่ครูกำหนดให้

7. สื่อ-อุปกรณ์/แหล่งเรียนรู้

1. แบบบันทึกการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานเพื่อพัฒนาความสามารถในการสร้างแบบจำลอง เรื่อง สมบัติของสารบริสุทธิ์
2. เอกสารแหล่งข้อมูล เรื่อง ความหมายและประเภทของสารบริสุทธิ์
3. อินเตอร์เน็ต
4. แบบจำลองแสดงจำนวนอนุภาคของวัสดุแต่ละชนิดที่บรรจุอยู่ในภาชนะที่มีปริมาตรเท่ากันเพื่อแสดงความเข้าใจความหมายของความหนาแน่น
5. Power Point เรื่อง สมบัติของสารบริสุทธิ์

8. การวัดและประเมินผล

จุดประสงค์	วิธีวัดและประเมินผล	เครื่องมือที่ใช้วัดและประเมิน	เกณฑ์การประเมิน
1. บอกสมบัติของสารบริสุทธิ์ได้ 2. บอกความหมายและหน่วยของความหนาแน่นของสารได้ 3. คำนวณหาความหนาแน่นของสารได้ 4. บอกความหมายของจุดเดือดของสารบริสุทธิ์ได้ 5. บอกความหมายของจุดหลอมเหลวของสารบริสุทธิ์ได้ 6. เปรียบเทียบความแตกต่างของจุดเดือดและจุดหลอมเหลวของสารบริสุทธิ์ และสารผสมได้	การนำเสนอผลงาน	แบบประเมินการนำเสนอผลงาน	ผ่านเกณฑ์การประเมินร้อยละ 70
7. สร้างแบบจำลองการหาปริมาตรของของแข็งที่มีรูปทรงไม่เป็นรูปทรงเรขาคณิต	การนำเสนอแบบจำลองทางความคิด	แบบประเมินความสามารถในการสร้างแบบจำลอง	ผ่านเกณฑ์การประเมินร้อยละ 70

จุดประสงค์	วิธีวัดและประเมินผล	เครื่องมือที่ใช้วัดและประเมิน	เกณฑ์การประเมิน
8. บอกความสัมพันธ์ของสารบริสุทธิ์และความหนาแน่น จุดเดือด และจุดหลอมเหลวได้	การนำเสนอผลงาน	แบบประเมินการนำเสนอผลงาน	ผ่านเกณฑ์การประเมิน ร้อยละ 70

มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช

ตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้แบบปกติ
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2
เรื่อง สมบัติความหนาแน่นของวัตถุ

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี	ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1
วิชา วิทยาศาสตร์ 1	รหัสวิชา ว21101
เรื่อง สมบัติความหนาแน่นของวัตถุ	หน่วยที่ 1 เรื่อง สารบริสุทธิ์
เวลาทั้งหมด 20 ชั่วโมง เวลาเรียน 4 ชั่วโมง	ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2566

ชื่อเรื่อง สมบัติความหนาแน่นของวัตถุ

เป้าหมายการเรียนรู้

มาตรฐานการเรียนรู้

มาตรฐาน ว 2.1 เข้าใจสมบัติของสสาร องค์ประกอบของสสาร ความสัมพันธ์ระหว่างสมบัติของสสารกับโครงสร้างและแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาค หลักและธรรมชาติของการเปลี่ยนแปลงสถานะของสสาร การเกิดสารละลาย และการเกิดปฏิกิริยาเคมี

ตัวชี้วัด

ม.1/5 อธิบายและเปรียบเทียบความหนาแน่นของสารบริสุทธิ์และสารผสม

ม.1/6 ใช้เครื่องมือเพื่อวัดมวลและปริมาตรของสารบริสุทธิ์และสารผสม

สาระสำคัญ

สารบริสุทธิ์แต่ละชนิดมีความหนาแน่น หรือมวลต่อหนึ่งหน่วยปริมาตรคงที่ เป็นค่าเฉพาะของสารนั้น ณ สถานะ และอุณหภูมิหนึ่ง แต่สารผสมมีความหนาแน่นไม่คงที่ ขึ้นอยู่กับชนิดและสัดส่วนของสารที่ผสมอยู่ด้วยกัน ซึ่งความหนาแน่นหมายถึง เป็นสมบัติของสาร ซึ่งคำนวณได้จากอัตราส่วนระหว่างมวลต่อปริมาตร ของสาร สารบริสุทธิ์แต่ละชนิดมีความหนาแน่นหรือมีมวลต่อปริมาณคงที่เป็นค่าเฉพาะของสารนั้น ณ สถานะ อุณหภูมิ และความดันหนึ่ง

นักเรียนควรจะอธิบายและเปรียบเทียบความหนาแน่นของสารบริสุทธิ์และสารผสมได้และนักเรียนควรใช้เครื่องมือทางวิทยาศาสตร์ เช่น เครื่องชั่งน้ำหนักและกระบอกตวงได้

นักเรียนสามารถนำความรู้ด้านความหนาแน่นมาอภิปรายเกี่ยวกับในการใช้ชีวิตประจำวันได้อย่างเหมาะสมและถูกต้อง

จุดประสงค์การเรียนรู้

1. นักเรียนอธิบายและเปรียบเทียบความหนาแน่นของสารบริสุทธิ์และสารผสมได้ (K)
2. นักเรียนสามารถคำนวณหาค่าความหนาแน่นได้ (P)
3. นักเรียนสามารถใช้เครื่องมือเพื่อวัดมวลและปริมาตรของสารบริสุทธิ์และสารผสมได้ (P)
4. นักเรียนมีความกระตือรือร้นในการทำกิจกรรมและมีความรับผิดชอบต่อหน้าที่ที่ได้รับมอบหมาย (A)

สาระการเรียนรู้

ด้านความรู้ (Knowledge)

- ความหนาแน่น (Density)
- มวล (Mass)
- ปริมาตร (Volume)

ด้านทักษะ/กระบวนการ (Process)

- การคำนวณหาค่าความหนาแน่น
- การใช้เครื่องมือทางวิทยาศาสตร์ เพื่อวัดมวลและปริมาณ ของสารบริสุทธ์และสารผสม

ด้านคุณลักษณะอันพึงประสงค์ (Attitude)

☐ รักชาติ ศาสน์ กษัตริย์ ☐ อยู่อย่างพอเพียง ☑ ซื่อสัตย์สุจริต

☑ มุ่งมั่นในการทำงาน ☑ มีวินัย ☐ รักความเป็นไทย

☑ ใฝ่เรียนรู้ ☑ มีจิตสาธารณะ

ด้านสมรรถนะสำคัญของผู้เรียน

☑ ความสามารถในการสื่อสาร : การสนทนาพูดคุยแลกเปลี่ยนความคิดเห็น การสื่อสาร

☑ ความสามารถในการคิด : การใช้กระบวนคิดในการเรียนรู้และการทำงาน

☑ ความสามารถในการแก้ปัญหา : การแก้ปัญหาจากสถานการณ์ที่ครูกำหนด และการแก้ปัญหาเฉพาะหน้า

มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช

☑ ความสามารถในการใช้ทักษะชีวิต : การใช้ความรู้ไปใช้ในชีวิตอย่างเป็นประโยชน์เพื่อความปลอดภัย

☑ ความสามารถในการใช้เทคโนโลยี : สืบค้นข้อมูลจากแหล่งเรียนรู้โดยใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ

ด้านคุณลักษณะของผู้เรียนตามหลักสูตรมาตรฐานสากล

☑ เป็นเลิศวิชาการ ☐ สื่อสารสองภาษา ☑ ล้ำหน้าทางความคิด

☑ ผลิตงานอย่างสร้างสรรค์ ☑ ร่วมกันรับผิดชอบต่อสังคมโลก

บูรณาการตามหลักปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียง

ความพอประมาณ ในเรื่องนี้นักเรียนจะได้เรียนรู้เกี่ยวกับความหนาแน่น และ การคำนวณหาค่า ความหนาแน่นของสิ่งของที่เป็นสารบริสุทธิ์และสารผสมโดยคุณครูจะสอดแทรกหลักความพอประมาณในการหาสิ่งของที่อยู่รอบ ๆ ตัวเราที่เป็นสารบริสุทธิ์และสารผสม เช่น ดินน้ำมัน เหล็ก ก้อนหิน หรือสิ่งของที่นักเรียนสนใจอยากจะหาความหนาแน่นนั้น ๆ โดยสิ่งของที่นักเรียนจะนำมาหาค่าความหนาแน่นนั้น จะต้องเป็นสิ่งของที่หาได้ง่าย อยู่รอบตัวเรา ราคาไม่แพง หรือ เป็นสิ่งของที่เหลือใช้

คุณธรรม เมื่อนักเรียนเรียนรู้ในเรื่องนี้แล้วนั้นนักเรียนจะได้รับการปลูกฝังคุณธรรมจริยธรรมให้เกิดกับตัวนักเรียนเองโดยคุณครูจะบ่มเพาะคุณธรรมในเรื่อง การไม่ลักขโมยสิ่งของต่าง ๆ มาทำการทดลอง หรือนำสิ่งของนั้นมาโดยมิชอบต่าง ๆ

ด้านการอ่าน เขียน คิดวิเคราะห์

☑ การอ่าน : การอ่านใบความรู้ ใบงาน การสืบค้นความรู้เพิ่มเติม

☑ การคิดวิเคราะห์ : การคิดแก้ปัญหา คิดสร้างสรรค์ คิดอย่างมมีวิจารณญาณ คิดคล่อง คิดยืดหยุ่น การวิเคราะห์นำความรู้ไปใช้ในชีวิตประจำวัน

☑ การเขียน : การทำแบบฝึกหัด ใบงาน สรุปความรู้ที่ได้

การบูรณาการ

☐ บูรณาการภายในกลุ่มสาระการเรียนรู้ กับ รายวิชา คณิตศาสตร์

☑ บูรณาการข้ามกลุ่มสาระการเรียนรู้ สังคมศึกษาศาสนาและวัฒนธรรม ในเรื่อง เศรษฐกิจและสังคม

☑ บูรณาการกับหลักปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียง ด้าน

3 ห่วงทางสายกลาง คือ ☑ พอประมาณ ☑ มีเหตุผล ☑ มีภูมิคุ้มกันที่ดีในตนเอง

2 เงื่อนไข ☑ มีคุณธรรม ☑ มีความรู้

☐ บูรณาการกับประชาคมอาเซียน ในสาระสำคัญ (Theme) ต่อไปนี้

☐ การรู้จักอาเซียน

☐ การตระหนักถึงคุณค่าของอัตลักษณ์และความหลากหลาย

☐ การเชื่อมโยงโลกและท้องถิ่น

☐ การส่งเสริมความเสมอภาคและความยุติธรรม

☐ การทำงานร่วมกันเพื่ออนาคตที่ยั่งยืน

ชิ้นงาน/ภาระงาน

- ใบกิจกรรมที่ 2.3 ความหนาแน่นของสารบริสุทธิ์และสารผสมเป็นอย่างไร
- ใบงานที่ 2.3 เรื่อง ความหนาแน่น

กิจกรรมการเรียนการสอน

กระบวนการเรียนรู้ วิธีสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ (Inquiry Method : 5E)

<u>ชั่วโมงที่ 1</u>

ขั้นที่ 1 ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement)

1. ครูทบทวนความรู้เดิมเรื่องความหนาแน่นจากชั่วโมงที่แล้ว นำเข้าสู่กิจกรรม โดยใช้คำถามกับนักเรียนว่า นักเรียนคิดว่าความหนาแน่นคืออะไร
   (แนวคำตอบ ตอบตามความรู้เดิมของนักเรียน)
2. คุณครูให้นักเรียนดูภาพเรือดำน้ำ เพื่อสื่อให้นักเรียนเห็นถึงความรู้เกี่ยวกับความหนาแน่นมาใช้ให้เกิดประโยชน์ในการบังคับเรือดำน้ำให้จมสู่ใต้ทะเล

3. คุณครูให้คำถามแก่นักเรียนว่า "ความหนาแน่นมีความเกี่ยวข้องกับเรือดำน้ำอย่างไร"
   (แนวคำตอบ การที่เรือดำน้ำจะดำลงสู่ใต้น้ำนั้นจะต้องทำให้เรือดำน้ำมีความหนาแน่นมากกว่าน้ำ แต่ถ้าให้เรือดำน้ำลอยอยู่เหนือน้ำจะต้องทำให้เรือดำน้ำมีความหนาแน่นน้อยกว่าน้ำ)

ขั้นที่ 2 ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration)

1. คุณครูให้นักเรียนเรียนรู้เกี่ยวกับคำว่า มวลคืออะไร
   (แนวคำตอบ มวล คือ ปริมาตรของเนื้อสารทั้งหมดทั้งของแข็งของเหลวและแก๊สต่างก็มีมวล หน่วยของมวลมีทั้ง กรัม และ กิโลกรัม)
2. คุณครูให้นักเรียนเรียนรู้เกี่ยวกับคำว่า ปริมาตร คืออะไร
   (แนวคำตอบ ปริมาตร คือ ความจุของรูปทรง 3 มิติ ซึ่งวัตถุทุกชนิดมีปริมาตรทั้งสิ้น หน่วยของปริมาตรมีหลากหลาย เช่น ลูกบาศก์เซนติเมตร และ ลูกบาศก์เมตร)
3. คุณครูให้นักเรียนรู้จักกับทะเลสาบเดดซี (Dead Sea) และให้ความรู้เกี่ยวกับทะเลสาบเดดซี ว่ามีความหนาแน่นมาก
4. คุณครูให้ความรู้เกี่ยวกับการหาค่าความหนาแน่น ว่า การหาความหนาแน่นหาโดยจาก สูตร อัตราส่วนระหว่าง มวลต่อปริมาตร ซึ่งมีหน่วย เป็น g/cm3 และ kg/m3
5. คุณครูร่วมกับนักเรียนได้ร่วมกับอภิปรายในความหมายของคำว่า ความหนาแน่น
6. คุณครูสุ่มถามนักเรียนประมาณ 3-5 คน ในเรื่องความหนาแน่น หรือสุ่มถามนักเรียนจนครบ 9 กลุ่ม

ขั้นที่ 3 ขั้นอภิปรายและลงข้อสรุป (Explain)

1. คุณครูอภิปรายเพิ่มเติมเมื่อนักเรียนตอบคำถามที่คุณครูให้นั้นยังไม่ชัดเจน
2. คุณครูแสดงวิธีคิดการคำนวณในเรื่องความหนาแน่นให้นักเรียนดูเป็นตัวอย่าง
3. คุณครูให้นักเรียนทำโจทย์ คำถามชวนคิด ในการหาค่าความหนาแน่น ตามหนังสือเรียนวิทยาศาสตร์ ม.1 สสวท. หน้า 25
4. คุณครูสุ่มถามนักเรียน 3-5 คน เกี่ยวกับการคำนวณหาค่าความหนาแน่น

<u>ชั่วโมงที่ 2 -3</u>

ขั้นที่ 1 ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement)

1. คุณครูทบทวนความรู้เดิมของนักเรียนในเรื่อง การหาค่าความหนาแน่น

2. คุณครูสุ่มถามนักเรียนเกี่ยวกับสูตรความหนาแน่น “สูตรการคำนวณหาค่าความหนาแน่นมีสูตรอย่างไร”
(แนวคำตอบ นักเรียนต้องตอบได้ว่า สูตรการหาค่าความหนาแน่น หาโดยอัตราส่วนระหว่างมวลต่อปริมาตร)

ขั้นที่ 2 ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration)

1. คุณครูให้นักเรียนทำกิจกรรมที่ 2.3 ความหนาแน่นของสารบริสุทธิ์และสารผสมเป็นอย่างไร โดยทำเป็นกลุ่มลงในใบกิจกรรมที่ 2.3 ความหนาแน่นของสารบริสุทธิ์และสารผสมเป็นอย่างไร
2. คุณครูถามนักเรียนว่า สารที่ใช้ในการหาค่าความหนาแน่นเป็นสารใด
(แนวคำตอบ ก้อนเหล็กและก้อนทองแดง)
3. คุณครูให้นักเรียนสรุปวิธีการดำเนินกิจกรรมในตอนที่ 1 และ ตอนที่ 2 เป็นอย่างไร
(แนวคำตอบ นักเรียนชั่งมวลของสารทั้ง 2 บันทึกผลการทดลอง จากนั้น นำมวลทั้ง 2 มาหย่อนลงในถ้วยยูเรกา จากนั้นบันทึกผลการทดลอง ตอนที่ 2 ชั่งมวลของสารละลายโซเดียมคลอไรด์และสารละลายน้ำตาล จากนั้นบันทึกผลการทดลอง)
4. คุณครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายผลการทดลองใน ตอนที่ 1 และ ตอนที่ 2 เกี่ยวกับการหาความหนาแน่นของสารบริสุทธิ์และสารผสมได้ว่า
5. “ความหนาแน่นของสารบริสุทธิ์แต่ละชนิดนั้น หรือ มวลต่อหนึ่งหน่วยปริมาตรนั้นคงที่เป็นค่าเฉพาะของสารนั้น ในสถานะ ความดัน และ อุณหภูมิ หนึ่ง แต่สารผสมนั้นมีความหนาแน่นไม่คงที่ขึ้นอยู่กับชนิดและอัตราส่วนของสารผสมที่ผสมอยู่ด้วยกัน”
6. คุณครูให้นักเรียนทำคำถามท้ายกิจกรรมในตอนที่ 1 และ ตอนที่ 2

ขั้นที่ 3 ขั้นอภิปรายและลงข้อสรุป (Explain)

1. คุณครูกับนักเรียนร่วมกันอภิปรายว่า ความหนาแน่น (Density) คืออะไร มีสูตรคำนวณอย่างไร เพื่อทบทวนความรู้และสรุปความรู้รวบยอดให้นักเรียน
2. คุณครูอธิบายความหนาแน่นเกี่ยวกับความดันใน 1 บรรยากาศ หรือ 1 atm
3. คุณครูอธิบายในหลักการเรือว่ามีการลอยน้ำได้อย่างไร (ต้องให้เรือนั้นมีความหนาแน่นน้อยกว่าน้ำโดยต้องเปลี่ยนรูปร่างของเหล็กให้มีรูปร่างลักษณะโค้งงอเพื่อให้มีพื้นที่ว่างภายในเพื่อให้มีปริมาตรมากขึ้นเรือจึงลอยน้ำได้)

4. คุณครูสุ่มถามนักเรียนเกี่ยวกับความหนาแน่น และ หลักการเรือดำน้ำของนักเรียน (ความหนาแน่นคือ อัตราส่วนระหว่าง มวลต่อปริมาตร และเรือดำน้ำที่จมได้ต้องทำให้มีความหนาแน่นมากกว่าน้ำและลอยได้ต้องมีความหนาแน่นที่น้อยกว่าน้ำ)

ขั้นที่ 4 ขั้นขยายความรู้ (Elaborate)

1. คุณครูให้นักเรียนอ่านทำความเข้าใจเกี่ยวกับเรื่อง ทะเลสาปเดดซี (Dead Sea) และร่วมกันอภิปรายถึงความหมายของความหนาแน่นของสารบริสุทธิ์และสารผสม ศึกษาหน่วยความหนาแน่น วิธีการคำนวณความหนาแน่นของสาร จากเรื่องดังกล่าว
2. คุณครูให้นักเรียนอภิปรายตัวอย่างโจทย์เกี่ยวกับการคำนวณความหนาแน่นของสาร
3. คุณครูให้นักเรียนศึกษาใบความรู้ที่ 2 เรื่อง ความหนาแน่น

ขั้นที่ 5 ขั้นประเมิน (Evaluation)

1. คุณครูตรวจใบกิจกรรมที่ 2.3 ความหนาแน่นของสารบริสุทธิ์และสารผสมเป็นอย่างไร
2. คุณครูตรวจใบงานที่ 2.3 เรื่อง ความหนาแน่น

สื่อ/วัสดุอุปกรณ์/แหล่งเรียนรู้

สื่อ 1. Power Point เรื่อง ความหนาแน่น

2. หนังสือวิทยาศาสตร์ ม.1 สสวท.

แหล่งเรียนรู้ 1. เครือข่าย Internet โรงเรียนจ่านกร้อง Smart Phone สืบค้นข้อมูล

การวัดผลและประเมินผลการเรียนรู้

จุดประสงค์การเรียนรู้	วิธีวัด	เครื่องมือ	เกณฑ์การประเมิน
1. นักเรียนอธิบายและเปรียบเทียบความหนาแน่นของสารบริสุทธิ์และสารผสมได้ (K)	การทำกิจกรรมที่ 2.3 เรื่อง ความหนาแน่นของสารบริสุทธิ์และสารผสมเป็นอย่างไร	ใบกิจกรรมที่ 2.3 ความหนาแน่นของสารบริสุทธิ์และสารผสมเป็นอย่างไร	นักเรียนผ่านเกณฑ์การประเมิน ร้อยละ 60
2. นักเรียนสามารถคำนวณหาค่าความหนาแน่นได้ (P)	การทำใบงานที่ 2.3 เรื่อง ความหนาแน่น	ใบงานที่ 2.3 เรื่อง ความหนาแน่น	นักเรียนผ่านเกณฑ์การประเมิน ร้อยละ 60
3. นักเรียนสามารถใช้เครื่องมือเพื่อวัดมวลและปริมาตรของสารบริสุทธิ์และสารผสมได้ (P)	การสังเกตพฤติกรรมในการใช้เครื่องมือทางวิทยาศาสตร์ในการทดลอง	แบบประเมินการปฏิบัติการทดลองทางวิทยาศาสตร์	นักเรียนผ่านเกณฑ์การประเมินผ่าน ร้อยละ 70
4. นักเรียนมีความกระตือรือร้นในการทำกิจกรรมและมีความรับผิดชอบต่อหน้าที่ที่ได้รับมอบหมาย (A)	สังเกตพฤติกรรมการทำกิจกรรมของผู้เรียน	แบบสังเกตพฤติกรรมการทำกิจกรรมของผู้เรียน	ผ่านเกณฑ์การประเมินในระ ดับพอใช้ขึ้นไปร้อยละ 60

ความคิดเห็น (รองผู้อำนวยการกลุ่มบริหารวิชาการ / ผู้บริหาร / ผู้ที่ได้รับมอบหมาย)

....

....

....

ลงชื่อ..

(..)

ตำแหน่ง..

มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช

ผลการจัดการเรียนรู้

....

....

....

ปัญหา/อุปสรรค

....

....

....

แนวทางการแก้ไข

....

....

....

ลงชื่อ...

(...)

ครูผู้สอน

วันที่..

This is Mendeley biography

มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช

แบบประเมินการปฏิบัติการทดลองทางวิทยาศาสตร์

วิชา...**เรื่อง**...**ชั้น**............................

ภาคเรียนที่......**ปีการศึกษา**.............**ผู้สอน**..**วันที่ประเมิน**.....................

คำชี้แจง 4 หมายถึง ผลการปฏิบัติอยู่ในระดับดีมาก

3 หมายถึง ผลการปฏิบัติอยู่ในระดับดี

2 หมายถึง ผลการปฏิบัติอยู่ในระดับปานกลาง

1 หมายถึง ผลการปฏิบัติอยู่ในระดับที่ต้องปรับปรุง

กลุ่มที่	รายการประเมิน					คะแนน 20
	มีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์	การออกแบบตารางบันทึกผลการทดลอง	การปฏิบัติการทดลอง	การอภิปรายและลงข้อสรุป	ความครบถ้วนและความถูกต้อง	
	4	4	4	4	4	
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						

เกณฑ์การให้คะแนน

เกณฑ์การประเมินและระดับคุณภาพ

คะแนน 18 –20 คะแนน หมายถึง ดีมาก

คะแนน 15 –17 คะแนน หมายถึง ดี

คะแนน 9 –14 คะแนน หมายถึง พอใช้

คะแนน 1 –8 คะแนน หมายถึง ปรับปรุง

เกณฑ์การประเมิน

ผ่านเกณฑ์การประเมินผ่านร้อยละ 70

มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช

หน่วยการเรียนที่ 2 สารบริสุทธิ์

ใบกิจกรรมที่ 2.3 ความหนาแน่นของสารบริสุทธิ์และสารผสมเป็นอย่างไร

วันที่ทำการทดลอง...............................เดือน.............................พ.ศ. ....เวลา................นาฬิกา

ชื่อ-นามสกุล..เลขที่................ชั้น..............

ชื่อ-นามสกุล..เลขที่................ชั้น..............

ชื่อ-นามสกุล..เลขที่................ชั้น..............

ชื่อ-นามสกุล..เลขที่................ชั้น..............

ชื่อ-นามสกุล..เลขที่................ชั้น..............

ชื่อ-นามสกุล..เลขที่................ชั้น..............

ตอนที่ 1 ความหนาแน่นของสารบริสุทธิ์

จุดประสงค์การทดลอง

....

....

วัสดุอุปกรณ์

....

....

ตอนที่ 1 ตารางบันทึกผลการทดลอง

วัตถุ	มวล (กรัม)	ปริมาตร (ลูกบาศก์เซนติเมตร)	ความหนาแน่น (กรัม / ลูกบาศก์เซนติเมตร)

สรุปผลการทดลอง

....

....

<u>ตอนที่ 2 ความหนาแน่นของสารผสม</u>

จุดประสงค์การทดลอง

....

....

....

วัสดุอุปกรณ์

....

....

....

ตอนที่ 2 ตารางบันทึกผลการทดลอง

สารละลาย	มวลของบีกเกอร์ (กรัม)	มวลของสารละลายในบีกเกอร์ (กรัม)	ผลต่างระหว่างมวลของบีกเกอร์และมวลของสารละลายในบีกเกอร์ (กรัม)	ปริมาตรของสารละลาย (ลูกบาศก์เซนติเมตร)	ความหนาแน่น (Density) (กรัม / ลูกบาศก์เซนติเมตร)

สรุปผลการทดลอง

....

....

....

หน่วยการเรียนที่ 2 สารบริสุทธิ์

ใบงาน การคำนวณหาความหนาแน่น (Density)

ชื่อ ....ชั้น ม.1/........... เลขที่ ....

ตอนที่ 1

คำชี้แจง ให้นักเรียนเลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุด

1. ข้อใดเป็นความหมายของความหนาแน่น
   - ก. อัตราส่วนของน้ำหนักกับปริมาตร
   - ข. อัตราส่วนของมวลกับปริมาตร
   - ค. อัตราส่วนปริมาตรกับมวล
   - ง. ผลคูณระหว่างมวลกับปริมาตร
2. นักสำรวจเดินทางด้วยบอลลูนบรรจุแก๊ส ก่อนออกเดินทางเขาบรรจุแก๊สฮีเลียมที่มีปริมาตร 400 ลูกบาศก์เมตร และมวล 65 กิโลกรัม ขณะนั้นแก๊สฮีเลียมในบอลลูนมีความหนาแน่นเท่าใด
   - ก. 16.25 kg/m3
   - ข. 0.70 kg/m3
   - ค. 0.10 kg/m3
   - ง. 1.60 kg/m3

ตอนที่ 2

คำชี้แจง ให้นักเรียนแสดงการคิดคำนวณหาค่าความหนาแน่นดังต่อไปนี้โดยละเอียด

1. ชั่งก้อนหินหนึ่งหนักได้ 35.5 กรัม นำหินไปหย่อนลงในกระบอกตวงที่มีน้ำพบว่าระดับน้ำสูงขึ้นจากเดิม 5 ลูกบาศก์เซนติเมตร จงหาความหนาแน่นของหิน

....

....

....

....

2. ความหนาแน่นของทองคำเท่ากับ 19.3 กรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร จงหามวลของทองคำที่มีปริมาตร 25 ลูกบาศก์เซนติเมตร

....

....

....

....

3. จงหาปริมาตรของเอทานอลจำนวน 100 กรัม เอทานอลมีความหนาแน่นอยู่ที่ 0.789 กรัม / ลูกบาศก์เซนติเมตร ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส

....

....

....

....

4. มวลของภาชนะเปล่าหนัก 88.25 กรัม มวลของภาชนะเมื่อบรรจุของเหลวเต็มหนัก 150.50 กรัม ความหนาแน่น 1.25 กรัม / ลูกบาศก์เซนติเมตร จงหาปริมาตรของภาชนะใบนี้

....

....

....

....

5. เงินมีปริมาตร 150 cm^3 หนักเท่ากับทองแดง ปริมาตร 180 cm^3 ถ้าเงินหนัก เป็น 9 เท่าของน้ำที่มีปริมาตรเท่ากัน ทองแดงมีความหนาแน่นเท่าใด

....

....

....

....

หน่วยการเรียนที่ 2 สารบริสุทธิ์

เฉลยใบงาน

ใบงาน การคำนวณหาความหนาแน่น (Density)

ชื่อ ....ชั้น ม.1/.......... เลขที่ ....

ตอนที่ 1

คำชี้แจง ให้นักเรียนเลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุด

1. ข้อใดเป็นความหมายของความหนาแน่น

   ก. อัตราส่วนของน้ำหนักกับปริมาตร

   ข. อัตราส่วนของมวลกับปริมาตร

   ค. อัตราส่วนปริมาตรกับมวล

   ง. ผลคูณระหว่างมวลกับปริมาตร

2. นักสำรวจเดินทางด้วยบอลลูนบรรจุแก๊ส ก่อนออกเดินทางเขาบรรจุแก๊สฮีเลียมที่มีปริมาตร 400 ลูกบาศก์เมตร และมวล 65 กิโลกรัม ขณะนั้นแก๊สฮีเลียมในบอลลูนมีความหนาแน่นเท่าใด

   ก. 16.25 kg/m3

   ข. 0.70 kg/m3

   ค. 0.10 kg/m3

   ง. 1.60 kg/m3

ตอนที่ 2 **คำชี้แจง** ให้นักเรียนแสดงการคิดคำนวณหาค่าความหนาแน่นดังต่อไปนี้โดยละเอียด

1. ชั่งก้อนหินหนึ่งหนักได้ 35.5 กรัม นำหินไปหย่อนลงในกระบอกตวงที่มีน้ำพบว่าระดับน้ำสูงขึ้นจากเดิม 5 ลูกบาศก์เซนติเมตร จงหาความหนาแน่นของหิน

จากสูตร ความหนาแน่น = มวล/ปริมาตร

= 35/5

= 7 g/cm^3

2. ความหนาแน่นของทองคำเท่ากับ 19.3 กรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร จงหามวลของทองคำที่มีปริมาตร 25 ลูกบาศก์เซนติเมตร

สูตร ความหนาแน่น = มวล/ปริมาตร

มวล = ความหนาแน่น x ปริมาตร

= 19.93 x 25 = 482 g

3. จงหาปริมาตรของเอทานอลจำนวน 100 กรัม เอทานอลมีความหนาแน่นอยู่ที่ 0.789 กรัม / ลูกบาศก์เซนติเมตร ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส

จากสูตร ความหนาแน่น = มวล/ปริมาตร

ปริมาตร = มวล / ความหนาแน่น

= 100 / 0.789

= 127 cm^3

4. มวลของภาชนะเปล่าหนัก 88.25 กรัม มวลของภาชนะเมื่อบรรจุของเหลวเต็มหนัก 150.50 กรัม ความหนาแน่น 1.25 กรัม / ลูกบาศก์เซนติเมตร จงหาปริมาตรของภาชนะใบนี้

มวลของของเหลว = 150.50 g – 88.25 g

= 62.25 g

จากสูตร ความหนาแน่น = มวล/ปริมาตร

ปริมาตร = มวล / ความหนาแน่น

= 62.25 g / 1.25

= 49.8 cm^3

5. เงินมีปริมาตร 150 cm^3 หนักเท่ากับทองแดง ปริมาตร 180 cm^3 ถ้าเงินหนัก เป็น 9 เท่าของน้ำที่มีปริมาตรเท่ากัน ทองแดงมีความหนาแน่นเท่าใด

ถ้าเงินหนักเป็น 9 เท่าของน้ำที่มีปริมาตรเท่ากัน แสดงว่าเงินมี ความหนาแน่นที่ 9 g/cm^3

เงินมีปริมาตร = 9 g x 150 cm^3

= 1350 g

ดังนั้น มวลของทองแดง จะหนักเท่ากับ 1350 g

ความหนาแน่น = มวล/ปริมาตร

= 1350 g / 180 cm^3

= 7.5 g/cm^3

แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง สารบริสุทธิ์
กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1

<u>คำสั่ง</u> จงเลือกข้อที่ถูกต้องที่สุดเพียงข้อเดียว

1. สารบริสุทธิ์คืออะไร (ความจำ)

ก. สารเนื้อเดียวที่ประกอบด้วยสารสองชนิดขึ้นไป

ข. มีจุดเดือด จุดหลอมเหลว และความหนาแน่นไม่คงที่

ค. สารเนื้อเดียวที่ประกอบด้วยสารเพียงชนิดเดียว มีจุดเดือด และจุดหลอมเหลวคงที่

ง. ถ้าความดันบรรยากาศเปลี่ยนไป จุดเดือดและจุดเยือกแข็งของสารบริสุทธิ์จะไม่เปลี่ยนแปลง

2. สารบริสุทธิ์จำแนกได้กี่ประเภท อะไรบ้าง (ความจำ)

ก. 2 ประเภท คือธาตุและสารประกอบ

ข. 3 ประเภท คือโลหะ อโลหะ และกึ่งโลหะ

ค. 2 ประเภท คือสารเนื้อเดียว และสารเนื้อผสม

ง. 3 ประเภท คือของแข็ง ของเหลว และแก๊ส

3. ธาตุคืออะไร (ความจำ)

ก. ธาตุ คือ สารเนื้อเดียวที่ประกอบด้วยธาตุหรือสารประกอบตั้งแต่ 2 ชนิดขึ้นไปมารวมตัวกัน

ข. ธาตุ คือ สารที่มีองค์ประกอบมากกว่าหนึ่งส่วน ไม่กลมกลืนเป็นเนื้อเดียวกัน สมบัติของสารจึงไม่เหมือนกันหมดทั่วทุกส่วน

ค. ธาตุจำแนกออกเป็น 2 ชนิด คือ โลหะและอโลหะ

ง. ธาตุ คือสารบริสุทธิ์ที่ประกอบด้วยธาตุหรือสารชนิดเดียว

4. สารประกอบคืออะไร (ความจำ)

ก. สารประกอบ คือสารบริสุทธิ์ที่ประกอบด้วยธาตุหรือสารชนิดเดียว

ข. สารประกอบ คือสารเนื้อเดียวที่มีองค์ประกอบเพียงชนิดเดียว และมีสมบัติเหมือนกัน

ค. สารประกอบ คือสารที่ประกอบด้วยธาตุตั้งแต่ 2 ชนิดขึ้นไป มาทำปฏิกิริยาเคมีกัน กลายเป็นสารชนิดใหม่ มีสมบัติแตกต่างไปจากธาตุที่เป็นองค์ประกอบเดิม

ง. สารประกอบ คือสารที่มีลักษณะของเนื้อสาร ผสมกลมกลืนกันเป็นเนื้อเดียว และมีสมบัติของสารเหมือนกันตลอดทุกส่วน

5. ข้อใดจัดเป็นธาตุทั้งหมด (การวิเคราะห์)

ก. ออกซิเจน น้ำ ปรอท

ข. เหล็ก ไฮโดรเจน เกลือแกง

ค. ทองแดง เหล็ก คาร์บอน

ง. ซูโครส ไอโอดีน ไฮโดรเจน

6. แก๊สชนิดใดจัดเป็นสารประกอบ (การวิเคราะห์)

ก. แก๊สออกซิเจน

ข. แก๊สอาร์กอน

ค. แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์

ง. แก๊สไฮโดรเจน

7. ข้อใดเขียนสูตรเคมีของสารประกอบถูกต้อง (การวิเคราะห์)

ก. น้ำ (H_2O_2)

ข. โซเดียมคลอไรด์ (NaCl)

ค. โพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_3$)

ง. แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ (CO)

8. ข้อใดกล่าวไม่ถูกต้องเกี่ยวกับประโยชน์และโทษของธาตุและสารประกอบ (การวิเคราะห์)

ก. ทองแดง เป็นโลหะที่ใช้ทำสายไฟฟ้า เพราะนำไฟฟ้าได้ดี

ข. ซิลิคอน เป็นโลหะที่ใช้ในอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ เพราะมีสมบัติเป็นสารกึ่งตัวนำ

ค. โทษของกัมมันตรังสี ทำให้เกิดการมิวเทชัน ทำให้โมเลกุลของสารพันธุกรรมเปลี่ยนแปลงไปจากเดิม สามารถทำงานได้ดีกว่าปกติ

ง. ไนโตรเจน เป็นอโลหะที่ใช้ในปุ๋ยเร่งผลผลิตทางการเกษตร เพราะเป็นส่วนประกอบที่สำคัญของพืช

9. จุดเดือดและจุดหลอมเหลวของสารบริสุทธิ์มีคุณสมบัติอย่างไร ตามลำดับ (ความเข้าใจ)

ก. จุดเดือดคงที่ จุดหลอมเหลวไม่คงที่

ข. จุดเดือดไม่คงที่ จุดหลอมเหลวคงที่

ค. จุดเดือดไม่คงที่ จุดหลอมเหลวไม่คงที่

ง. จุดเดือดคงที่ จุดหลอมเหลวคงที่

10. ข้อใดกล่าวไม่ถูกต้องเกี่ยวกับความหมาย และหน่วยของความหนาแน่นของสาร (การนำไปใช้)

ก. มีหน่วยความหนาแน่น คือกรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร หรือกิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร

ข. วัตถุที่มีมวลในหนึ่งหน่วยพื้นที่ที่กำหนดมากเท่าไหร่ ยิ่งแสดงให้เห็นว่าวัตถุดังกล่าวมีความหนาแน่นมากเท่านั้น

ค. ความหนาแน่น คืออัตราส่วนของมวลต่อหนึ่งหน่วยปริมาตร

ง. ผลคูณระหว่างมวลกับปริมาตร

11. คำนวณหาความหนาแน่นของสาร ได้จากข้อใด (การนำไปใช้)

ก. $\frac{\text{มวล } (g)}{\text{ปริมาตร } (m^3)}$ ข. $\frac{\text{มวล } (kg)}{\text{ปริมาตร } (cm^3)}$

ค. $\frac{\text{มวล } (g)}{\text{ปริมาตร } (mm^3)}$ ง. $\frac{\text{มวล } (g)}{\text{ปริมาตร } (cm^3)}$

12. วัตถุชนิดหนึ่งมีมวล 150 กรัม ปริมาตร 300 ลูกบาศก์เซนติเมตร วัตถุชิ้นนี้มีความหนาแน่นเท่าใด (การนำไปใช้)

ก. 0.5 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ข. 1.0 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร

ค. 1.5 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ง. 2.0 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร

13. ข้อใดคือจุดเดือดของสารบริสุทธิ์ (ความเข้าใจ)

ก. จุดที่สารเปลี่ยนสถานะจากของเหลวเป็นแก๊ส ซึ่งเป็นจุดเดียวกับจุดควบแน่น สารบริสุทธิ์ที่เป็นของเหลวมีจุดเดือดคงที่เสมอ

ข. จุดที่สารเปลี่ยนสถานะจากของแข็งเป็นแก๊ส สารบริสุทธิ์ที่เป็นของเหลวมีจุดเดือดคงที่เสมอ

ค. จุดที่สารเปลี่ยนสถานะจากของเหลวเป็นของแข็ง สารบริสุทธิ์ที่เป็นของเหลวมีจุดเดือดคงที่เสมอ

ง. จุดที่สารเปลี่ยนสถานะจากแก๊สเป็นของแข็ง สารบริสุทธิ์ที่เป็นของเหลวมีจุดเดือดคงที่เสมอ

14. ข้อใดคือจุดหลอมเหลวของสารบริสุทธิ์ (ความเข้าใจ)

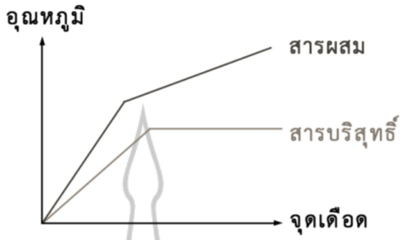
ก. จุดที่สารเปลี่ยนสถานะจากของเหลวเป็นแข็ง ซึ่งจุดหลอมเหลวของสารบริสุทธิ์เป็นของแข็งจะคงที่

ข. จุดที่สารเปลี่ยนสถานะจากของแข็งเป็นแก๊ส ซึ่งจุดหลอมเหลวของสารบริสุทธิ์เป็นของแข็งจะคงที่

ค. จุดที่สารเปลี่ยนสถานะจากของแข็งเป็นของเหลว ซึ่งจุดหลอมเหลวของสารบริสุทธิ์เป็นของแข็งจะคงที่

ง. จุดที่สารเปลี่ยนสถานะจากแก๊สเป็นของแข็ง ซึ่งจุดหลอมเหลวของสารบริสุทธิ์เป็นของแข็งจะคงที่

15. จากกราฟ สามารถอธิบายจุดเดือดของสารบริสุทธิ์และสารผสมได้อย่างไร (ความเข้าใจ)



ก. สารทั้งสองมีจุดเดือดคงที่

ข. สารทั้งสองมีจุดเดือดไม่คงที่

ค. สารบริสุทธิ์มีจุดเดือดคงที่ สารผสมมีจุดเดือดไม่คงที่

ง. สารบริสุทธิ์มีจุดเดือดไม่คงที่ สารผสมมีจุดเดือดคงที่

16. ในการหาอุณหภูมิขณะเดือดของของเหลว 2 ชนิด ได้แก่สาร A และ สาร B โดยให้ความร้อนกับของเหลวแล้ววัดอุณหภูมิของของเหลวเมื่อเวลาผ่านไป ได้ผลดังตารางต่อไปนี้ (การวิเคราะห์)

อุณหภูมิ (°C)	เวลา (นาที)									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
สาร A	39	58	75	80	85	90	96	100	102	110
สาร B	37	51	62	77	84	90	98	100	100	100

จากตาราง ข้อใดกล่าวถูกต้อง (วิเคราะห์)

ก. สาร A เป็น สารบริสุทธิ์ เพราะสาร A มีจุดเดือดคงที่ ที่ 98 องศาเซลเซียส

ข. สาร A เป็น สารผสม เพราะสาร A มีจุดเดือด 100 องศาเซลเซียส

ค. สาร B เป็น สารบริสุทธิ์ เพราะสาร B มีจุดเดือดคงที่ ที่ 100 องศาเซลเซียส

ง. สาร B เป็น สารผสม เพราะสาร B ไม่มีจุดเดือด

สาร	อุณหภูมิเมื่อเริ่มหลอมเหลวถึงอุณหภูมิที่หลอมเหลวหมด (องศาเซลเซียส)
A	64.5 – 76.5
B	78.0 – 78.5
C	130.0 – 135.0
D	132.5 – 133.0

จงพิจารณา ตารางช่วงอุณหภูมิที่หลอมเหลวของสารแต่ละชนิด แล้วตอบคำถาม ข้อ 17-18

17. จากตารางช่วงอุณหภูมิที่หลอมเหลว สารใดจัดเป็นสารบริสุทธิ์ (การวิเคราะห์)

ก. สาร A และ สาร B
ข. สาร A และ สาร C
ค. สาร B และ สาร C
ง. สาร B และ สาร D

18. จากตารางช่วงอุณหภูมิที่หลอมเหลว ข้อใดกล่าวถูกต้องที่สุด (ความเข้าใจ)

ก. สาร A เป็นสารบริสุทธิ์ เพราะมีอุณหภูมิเมื่อเริ่มหลอมเหลวน้อยกว่าสารชนิดอื่น
ข. สาร B เป็นสารบริสุทธิ์ เพราะมีช่วงอุณหภูมิที่หลอมเหลวแคบเท่ากับ 0.5 ℃
ค. สาร C เป็นสารผสม เพราะ มีอุณหภูมิที่หลอมเหลวหมดสูงกว่าสารชนิดอื่น
ง. สาร D เป็นสารผสม เพราะมีช่วงอุณหภูมิที่หลอมเหลวกว้างเท่ากับ 0.5 ℃

19. ข้อใดอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างช่วงอุณหภูมิของการหลอมเหลวกับอัตราส่วนของสารผสมได้ถูกต้อง (การวิเคราะห์)

1. อัตราส่วนระหว่างสารต่างกัน ช่วงอุณหภูมิการหลอมเหลวของสารผสมจะไม่เท่ากัน
2. อัตราส่วนของสารผสมต่างกันมาก ช่วงอุณหภูมิการหลอมเหลวของสารแคบ
3. อัตราส่วนของสารผสมต่างกันมาก ช่วงอุณหภูมิการหลอมเหลวจะกว้าง

ก. 1 และ 2 ถูก
ข. 1 และ 3 ถูก
ค. 2 และ 3 ถูก
ง. ถูกทุกข้อ

20. ข้อใดกล่าวไม่ถูกต้องเกี่ยวกับความหนาแน่นของสารบริสุทธิ์และสารผสม (การวิเคราะห์)

ก. สารบริสุทธิ์ชนิดเดียวกัน จะมีค่าความหนาแน่นเท่ากันหรือใกล้เคียงกัน
ข. สารบริสุทธิ์ต่างชนิดกัน จะมีค่าความหนาแน่นต่างกัน
ค. สารผสมชนิดเดียวกัน แต่มีอัตราส่วนผสมต่างกัน จะมีความหนาแน่นต่างกัน
ง. สารผสมต่างชนิดกัน จะมีค่าความหนาแน่นเท่ากันหรือใกล้เคียงกัน

21. ข้อใด คือความหมายของอะตอม (ความจำ)

ก. หน่วยที่เล็กที่สุดของสิ่งมีชีวิต

ข. หน่วยย่อยที่สำคัญที่สุดของสสาร

ค. หน่วยย่อยที่ถูกแบ่งแยกออกจากสาร

ง. หน่วยย่อยที่เล็กที่สุดของสสาร

22. โครงสร้างภายในอะตอมประกอบด้วยอนุภาคใดบ้าง (ความจำ)

ก. โปรตอน นิวตรอน นิวเคลียส

ข. นิวตรอน โปรตอน อนุภาค

ค. โปรตอน นิวตรอน อิเล็กตรอน

ง. นิวเคลียส อิเล็กตรอน โปรตอน

23. ข้อใดกล่าวไม่ถูกต้องเกี่ยวกับชนิดของประจุไฟฟ้าของอนุภาค (การวิเคราะห์)

ก. โปรตอน ประจุบวก

ข. นิวเคลียส เป็นกลางทางไฟฟ้า

ค. นิวตรอน เป็นกลางทางไฟฟ้า

ง. อิเล็กตรอน ประจุลบ

24. ข้อใดบรรยายสภาพที่อยู่ของอนุภาคพื้นฐานทั้ง 3 ชนิด ที่อยู่ภายในอะตอมได้ไม่ถูกต้อง (การวิเคราะห์)

ก. โปรตอนและนิวตรอนอยู่ภายในนิวเคลียส

ข. นิวตรอนโคจรรอบนิวเคลียสเป็นชั้นๆ

ค. อิเล็กตรอนโคจรรอบนิวเคลียสเป็นชั้น ๆ

ง. โปรตอน นิวตรอน และอิเล็กตรอนอยู่ภายในนิวเคลียส

25. อะตอมหนึ่งมี 11 โปรตอน 9 นิวตรอน ส่วนอะตอมที่สองมี 11 โปรตอน 11 นิวตรอน อะตอมทั้งสองนี้เป็นอะตอมของธาตุชนิดเดียวกันหรือไม่ เพราะเหตุใด (การวิเคราะห์)

ก. เป็นอะตอมของธาตุชนิดเดียวกัน เพราะมีจำนวนโปรตอนเท่ากัน

ข. เป็นอะตอมของธาตุชนิดเดียวกัน เพราะมีจำนวนโปรตอนมากกว่า 2 โปรตอน

ค. ไม่เป็นอะตอมของธาตุชนิดเดียวกัน เพราะมีจำนวนโปรตอนเท่ากัน

ง. ไม่เป็นอะตอมของธาตุชนิดเดียวกัน เพราะมีจำนวนนิวตรอนไม่เท่ากัน

26. ข้อใดกล่าวไม่ถูกต้องเกี่ยวกับประโยชน์ของการจัดเรียงอนุภาคในสถานะของแข็ง ของเหลว และแก๊ส (การวิเคราะห์)

ก. ของแข็งอนุภาคจะอยู่ชิดกัน ทำให้มีรูปร่างและปริมาตรที่คงที่

ข. ของเหลวอนุภาคอยู่ห่างกันเล็กน้อย ทำให้รูปร่างเปลี่ยนตามภาชนะที่บรรจุ

ค. แก๊สอนุภาคจะอยู่ห่างกัน ทำให้เคลื่อนที่ได้มาก

ง. ของแข็งอนุภาคจะอยู่ชิดกัน ทำให้มีอิสระในการเคลื่อนที่

27. ข้อใดกล่าวไม่ถูกต้องเกี่ยวกับเลขอะตอมและเลขมวลของธาตุ (การวิเคราะห์)

ก. เลขมวล เป็นผลรวมของจำนวนโปรตอนและนิวตรอนในนิวเคลียส

ข. Z = n (n: neutron นิวตรอน)

ค. เลขอะตอม เป็นจำนวนโปรตอนที่มีอยู่ในนิวเคลียส

ง. A = p + n (n: neutron นิวตรอน, p: proton โปรตอน)

28. ข้อใดที่มีชื่อธาตุและสัญลักษณ์ของธาตุไม่สอดคล้อง (ความเข้าใจ)

ก. He – ฮีเลียม

ข. Na – โซเดียม

ค. O – ออกซิเจน

ง. P – โพแทสเซียม

29. สารในข้อใดไม่มี ธาตุออกซิเจนเป็นองค์ประกอบ (ความเข้าใจ)

ก. MgO

ข. NaCl

ค. KOH

ง. HNO_3

$^{12}_{6}C$, $^{13}_{6}C$ และ $^{14}_{6}C$

30. ข้อใดกล่าวไม่ถูกต้องเกี่ยวกับสัญลักษณ์นิวเคลียร์ของธาตุคาร์บอน (การวิเคราะห์)

ก. ธาตุคาร์บอนทั้ง 3 ตัว มีจำนวนโปรตอนเท่ากัน

ข. ธาตุคาร์บอนทั้ง 3 ตัว มีจำนวนนิวตรอนไม่เท่ากัน

ค. ธาตุคาร์บอนทั้ง 3 ตัว มีเลขมวลเท่ากัน

ง. ถ้าอะตอมเป็นกลาง จำนวนอิเล็กตรอนเท่ากับจำนวนโปรตอน

31. ข้อใดกล่าวไม่ถูกต้องเกี่ยวกับการจำแนกชนิดของธาตุเป็น โลหะ กึ่งโลหะ และอโลหะ (การวิเคราะห์)

ก. ซิลิคอน (ธาตุกึ่งโลหะ) ใช้ทำถนน

ข. ทองแดง (โลหะ) ใช้ทำสายไฟภายในอาคาร

ค. โพแทสเซียม (โลหะ) ทำปุ๋ยเคมี

ง. เรเดียม (ธาตุกัมมันตรังสี) ใช้รักษาโรคมะเร็งบางชนิด

32. ข้อใดเปรียบเทียบสมบัติของธาตุโลหะ กึ่งโลหะ และอโลหะได้ไม่ถูกต้อง (การนำไปใช้)

ก. โลหะเหนียว มีจุดเดือดต่ำ ปกติเป็นของแข็งที่อุณหภูมิห้อง (ยกเว้น ปรอท)

ข. โลหะเป็นกลุ่มธาตุที่มีสมบัติเป็นตัวนำไฟฟ้าได้ นำความร้อนดีกว่ากึ่งโลหะ และอโลหะ

ค. อโลหะเป็นกลุ่มธาตุที่มีสมบัติไม่นำไฟฟ้า มีจุดหลอมเหลวและจุดเดือดต่ำ เปราะบาง และมีการแปรผันทางด้านคุณสมบัติทางกายภาพมากกว่าโลหะ

ง. เป็นกลุ่มธาตุที่มีสมบัติก้ำกึ่งระหว่างโลหะ และอโลหะ มีสมบัติบางประการคล้ายโลหะ เช่น นำไฟฟ้าได้บ้างที่อุณหภูมิปกติ และนำไฟฟ้าได้มากขึ้น เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น เป็นของแข็ง เป็นมันวาวสีเงิน จุดเดือดสูง แต่เปราะ แตกง่ายคล้ายอโลหะ

33. ข้อใดต่อไปนี้เป็นธาตุโลหะ กึ่งโลหะ และอโลหะ เรียงตามลำดับได้ถูกต้อง (การวิเคราะห์)

ก. เหล็ก ซิลิคอน คาร์บอน

ข. ออกซิเจน ทองแดง ไนโตรเจน

ค. เงิน ทองคำ อะลูมิเนียม

ง. ฟอสฟอรัส คาร์บอน ซิลิคอน

34. ข้อใดกล่าวไม่ถูกต้องเกี่ยวกับสาเหตุที่ทำให้โลหะมีสมบัติผิวมันวาว และเป็นตัวนำไฟฟ้าได้ (การวิเคราะห์)

ก. โลหะนำไฟฟ้าได้น้อยลง เมื่ออุณหภูมิต่ำลง

ข. โลหะมีผิวเป็นมันวาวเพราะกลุ่มของอิเล็กตรอนที่เคลื่อนที่ได้โดยอิสระจะรับและกระจายแสงออกมา

ค. โลหะเป็นตัวนำไฟฟ้าได้ดี เพราะมีอิเล็กตรอนเคลื่อนที่ไปได้ง่ายทั่วทั้งก้อนของโลหะ

ง. โลหะทุกชนิดนำไฟฟ้า

35. ข้อใดกล่าวไม่ถูกต้องเกี่ยวกับการใช้ประโยชน์ของธาตุโลหะ อโลหะ และกึ่งโลหะ (การวิเคราะห์)

ก. โลหะใช้ทำชิ้นส่วนของเครื่องจักรกล และเครื่องอำนวยความสะดวกต่าง ๆ

ข. กึ่งโลหะมีประโยชน์มากในการพัฒนาเทคโนโลยีต่าง ๆ ทางด้านอิเล็กทรอนิกส์ สามารถนำไปใช้เป็นอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ขนาดเล็กเพื่อเก็บข้อมูลในคอมพิวเตอร์

ค. อโลหะใช้ทำผ้าทนไฟ ผ้าเบรก กระเบื้องมุงหลังคาวัสดุกันความร้อน

ง. โลหะใช้ทำปูนซีเมนต์ ปูนปลาสเตอร์ แผ่นยิปซัมบอร์ด ชอล์ก กระดาษ และปุ๋ย

36. ข้อใดกล่าวไม่ถูกต้องเกี่ยวกับประโยชน์ และข้อจำกัดของการใช้ธาตุโลหะ (การวิเคราะห์)

ก. มีโลหะบางชนิดที่เป็นอันตราย เนื่องจากเมื่อเข้าไปในสิ่งมีชีวิตจะไปรบกวนการทำงานของเซลล์ เรียกว่า โลหะหนัก

ข. นำไฟฟ้าได้ดีจึงนำมาทำฉนวน

ค. ในสภาวะปกติธาตุโลหะจะเป็นของแข็ง ยกเว้นปรอทซึ่งเป็นของเหลว และไม่มีโลหะที่เป็นแก๊ส

ง. โลหะผสม ใช้ทำเหล็กไร้สนิม

37. ข้อใดกล่าวไม่ถูกต้องเกี่ยวกับประโยชน์ และข้อจำกัดของการใช้ธาตุกึ่งโลหะ (การวิเคราะห์)

ก. นำไฟฟ้าได้ดีเมื่ออุณหภูมิต่ำลง

ข. ใช้ในแบตเตอรี่รถยนต์ สารดับเพลิง และแผงโซลาร์เซลล์

ค. ใช้ในการทำอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์คอมพิวเตอร์

ง. มีบางสมบัติคล้ายโลหะ บางสมบัติคล้ายอโลหะ

38. ข้อใดกล่าวไม่ถูกต้องเกี่ยวกับประโยชน์ และข้อจำกัดของการใช้ธาตุอโลหะ (การวิเคราะห์)

ก. ในภาวะปกติจะมีสถานะเป็นแก๊ส

ข. ไม่นำไฟฟ้าและความร้อน

ค. มันวาว

ง. เป็นส่วนประกอบที่สำคัญของสิ่งมีชีวิต และปุ๋ย

39. ข้อใดไม่ใช่การใช้ธาตุอย่างปลอดภัย และคุ้มค่า (การวิเคราะห์)

ก. การเลือกใช้ธาตุชนิดอื่นมาทดแทนธาตุที่ขาดแคลน

ข. นำกลับมาใช้ใหม่อีกครั้ง เพื่อลดปริมาณการใช้ธาตุที่มีในธรรมชาติ

ค. ศึกษาคุณสมบัติของธาตุแต่ละชนิด ก่อนนำมาใช้ เพื่อป้องกันอันตรายที่จะเกิดขึ้น

ง. เลือกใช้ธาตุได้ตามความต้องการ

40. ข้อใดต่อไปนี้เสนอแนะการใช้ประโยชน์ และข้อจำกัดของการใช้ธาตุได้ถูกต้องที่สุด (การวิเคราะห์)

ก. ต้นทุนการผลิตต้องต่ำที่สุด

ข. ศึกษาคุณสมบัติของธาตุอย่างละเอียด ก่อนนำมาใช้ประโยชน์

ค. เลือกใช้ธาตุที่มีปริมาณมากในธรรมชาติก่อน

ง. นำธาตุหลากหลายชนิดมาผสมรวมกัน เพื่อทำให้เกิดคุณภาพที่ดีที่สุด

แบบวัดความสามารถในการสร้างแบบจำลอง
สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาที่ 1

คำชี้แจง ให้นักเรียนอ่านสถานการณ์แล้วตอบคำถามให้ครบถ้วน และสมบูรณ์

สถานการณ์ที่ 1

ศึกษาข้อมูลต่อไปนี้แล้วตอบคำถาม ข้อ 1 - 3 (ของแข็ง ของเหลว และแก๊ส)

สารทุกชนิดประกอบด้วยอนุภาคที่มีขนาดเล็กมากจนไม่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า โดยสารชนิดเดียวกันในสถานะที่เป็นของแข็ง ของเหลว และแก๊ส มีการจัดเรียงอนุภาคภายในใกล้ชิดแตกต่างกัน ซึ่งทำให้แรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาคในสารแต่ละสถานะแตกต่างกันด้วย เมื่อมีการเปลี่ยนที่อยู่ทำให้เกิดการเคลื่อนที่ของอนุภาคภายในที่เชื่อมต่อกัน แสดงผลถึงสมบัติการรักษารูปร่างและปริมาตรของสารนั้นในแต่ละสถานะต่างกันด้วยดังนี้

ของแข็ง อนุภาคภายในของของแข็งเรียงชิดกันมาก มีแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาคมากที่สุด อนุภาคสั่นอยู่กับที่แต่จะไม่เคลื่อนที่ จึงทำให้รักษารูปร่างและปริมาตรให้คงที่ ไม่เปลี่ยนแปลง

ของเหลว อนุภาคภายในของของเหลวอยู่ห่างกันมากกว่าของแข็ง จึงมีแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาคน้อยกว่าของแข็ง แต่มากกว่าแก๊ส เมื่อเปลี่ยนที่อยู่อนุภาคจะสามารถเคลื่อนที่ได้ แต่ไม่เป็นอิสระ ทำให้เกิดการไหลไปยังบริเวณใกล้เคียงโดยรอบ รูปร่างจึงเปลี่ยนไปตามภาชนะที่บรรจุ แต่ยังมีปริมาตรคงที่เท่าเดิม

แก๊ส อนุภาคภายในของแก๊สอยู่ห่างกันมากกว่าของเหลว มีแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาคน้อยที่สุด อนุภาคสามารถเคลื่อนที่ได้อย่างอิสระทุกทิศทาง ทำให้มีแก๊สไม่สามารถรักษารูปร่างและปริมาตรให้คงที่อยู่ได้เนื่องจากอนุภาคของแก๊สสามารถถูกบีบอัดและเคลื่อนที่ห่างกันได้มาก

1. ให้นักเรียนวาดภาพการกระจายตัวของอนุภาคของสารในสถานะของแข็ง ของเหลว และแก๊ส ที่ส่งผลให้สารแต่ละสถานะมีสมบัติในการรักษารูปร่างและปริมาตรแตกต่างกัน

ภาพประกอบคำอธิบาย

2. กำหนดให้

แทน อนุภาคของของแข็ง ของเหลว แก๊ส

ให้นักเรียนนำสัญลักษณ์ข้างต้นมาสร้างแบบจำลองการกระจายตัวของอนุภาคในของแข็ง ของเหลว และแก๊ส เพื่ออธิบายสมบัติที่ต่างกันของการรักษารูปร่างและปริมาตรในสารทั้ง 3 สถานะนั้น

ของแข็ง	ของเหลว	แก๊ส

3. นักเรียนคิดว่ารูปภาพ และแบบจำลองที่สร้างขึ้นในข้อ 1 และ 3 มีความเหมือนหรือต่างกันอย่างไร และใช้แบบจำลองนั้นประกอบการอธิบายเหตุผลที่ทำให้สารแต่ละสถานะมีสมบัติในการรักษารูปร่างและปริมาตรต่างกันได้

สถานการณ์ที่ 2

ศึกษาข้อมูลต่อไปนี้แล้วตอบคำถาม ข้อ 1 - 3 (การแพร่)

การแพร่ของสาร คือการเคลื่อนที่ของโมเลกุลหรือการกระจายตัวของอนุภาค จากบริเวณที่มีความเข้มข้นสูงไปยังบริเวณที่มีความเข้มข้นต่ำ โดยอาศัยพลังงานจลน์ของโมเลกุลหรือไอออนของสาร ให้เกิดการกระจายตัวอย่างสม่ำเสมอ เพื่อสร้างสมดุลให้ทั้งสองบริเวณมีความเข้มข้นของสารเท่ากันหรือที่เรียกว่า “สมดุลของการแพร่”

1. ให้นักเรียนวาดภาพการกระจายตัวของอนุภาคของสาร จากบริเวณที่มีความเข้มข้นสูงไปยังบริเวณที่มีความเข้มข้นต่ำ จนกระทั่งทั้งสองบริเวณมีความเข้มข้นของสารเท่ากันหรือที่เรียกว่า “สมดุลของการแพร่”

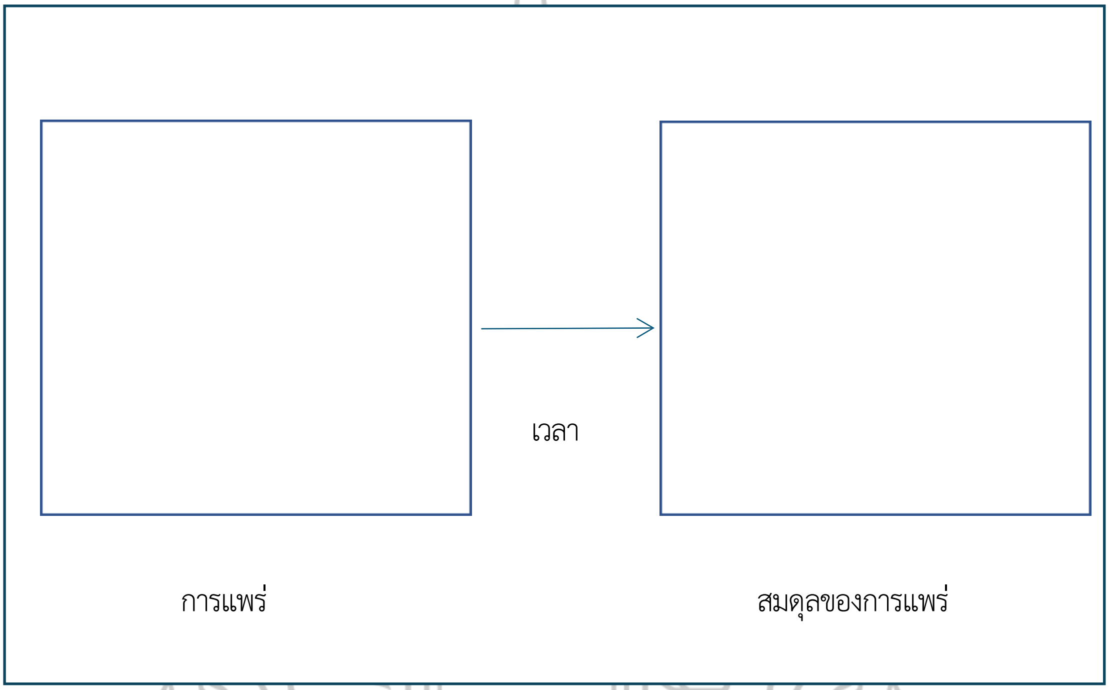
ภาพประกอบคำอธิบาย

มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช

2. กำหนดให้

แทน อนุภาคของสาร

ให้นักเรียนนำสัญลักษณ์ข้างต้นมาสร้างแบบจำลองการกระจายตัวของอนุภาคของสารภาย จากบริเวณที่มีความเข้มข้นสูงไปยังบริเวณที่มีความเข้มข้นต่ำ จนกระทั่งทั้งสองบริเวณมีความเข้มข้นของสารเท่ากันหรือที่เรียกว่า “สมดุลของการแพร่”



3. นักเรียนคิดว่ารูปภาพ และแบบจำลองที่สร้างขึ้นในข้อ 1 และ 3 มีความเหมือนหรือต่างกันอย่างไร

____

____

____

มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช

สถานการณ์ที่ 3

ศึกษาข้อมูลต่อไปนี้แล้วตอบคำถาม ข้อ 1 - 3 (การหมุนเวียนโลหิต)

การหมุนเวียนเลือดในร่างกายมนุษย์เป็นการลำเลียงสารที่สำคัญไปยังส่วนต่างๆ ทั่วร่างกาย อาศัยการทำงานร่วมกันระหว่างหัวใจ ปอด และหลอดเลือด โดยเลือดจากส่วนต่าง ๆ ของร่างกายจะถูกส่งเข้าสู่หัวใจห้องบนขวา ห้องล่างขวาและปอดตามลำดับ หลังจากที่มีการแลกเปลี่ยนแก๊สที่ปอด เลือดจะมีปริมาณแก๊สออกซิเจนสูง ปริมาณแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ต่ำ จากนั้นเลือดจะถูกลำเลียงไปยังหัวใจห้องบนซ้าย หัวใจห้องล่างซ้ายตามลำดับ และถูกสูบฉีดไปยังส่วนต่างๆ ของร่างกาย โดยระหว่างที่เลือดถูกลำเลียงไป แก๊สออกซิเจนจะแพร่เข้าสู่เซลล์ ทำให้ปริมาณแก๊สออกซิเจนในเลือดลดลง ขณะที่แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ที่อยู่ในเซลล์จะแพร่เข้าสู่หลอดเลือดทำให้ปริมาณแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ในเลือดเพิ่มขึ้น จากนั้นเลือดจะไหลกับเข้าสู่หัวใจห้องบนขวา ห้องล่างขวา และไปยังปอดเพื่อแลกเปลี่ยนแก๊สต่อไปเป็นวงจรเช่นนี้

1. ให้นักเรียนเขียนแผนภาพ หรือวาดภาพ และเขียนอธิบายทิศทางการไหลเวียนของเลือดในร่างกายมนุษย์ และการเปลี่ยนแปลงปริมาณแก๊สออกซิเจน และแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์

แผนภาพ/ภาพวาด

มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช

ข้อความอธิบาย

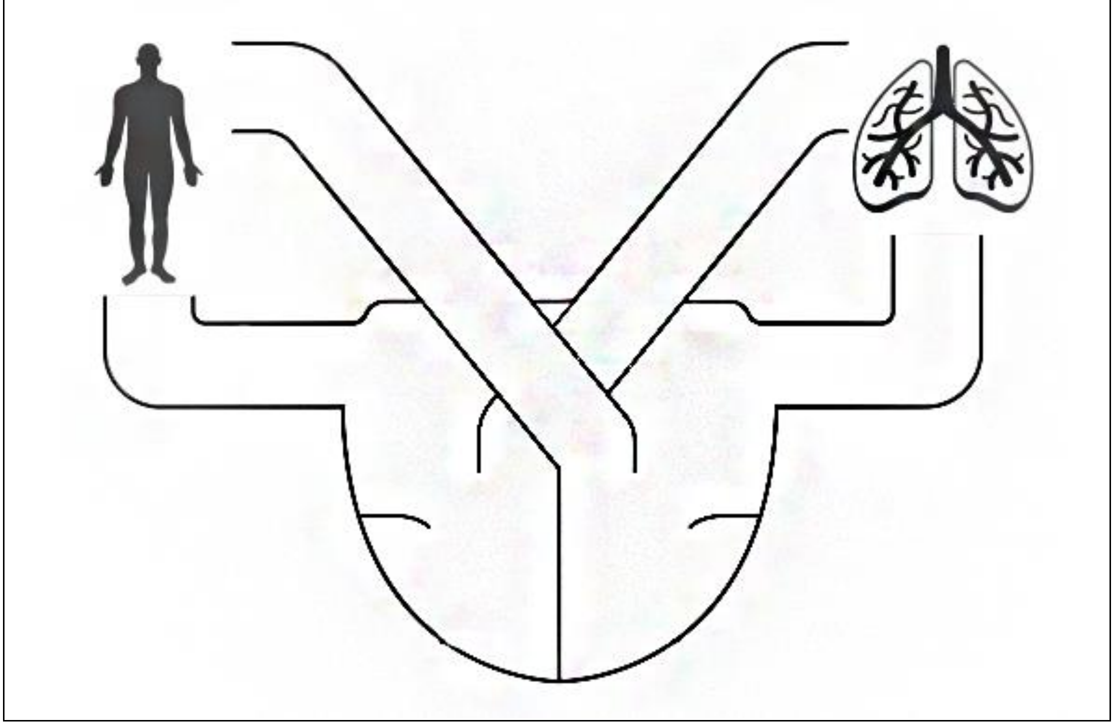
----

2. หากกำหนดให้

🔴 แทน อนุภาคของแก๊สออกซิเจน 🔵 แทน อนุภาคของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์

⟶ แทน ทิศทางการไหลของเลือด

ให้นักเรียนใช้สัญลักษณ์ที่กำหนดให้นี้ เข้ามาใช้ในแบบจำลองเพื่ออธิบายทิศทางการไหลเวียนของเลือดในร่างกายมนุษย์ และการเปลี่ยนแปลงปริมาณแก๊สออกซิเจน และแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ ให้ชัดเจนมากขึ้น



ข้อความอธิบาย

----

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

สถานการณ์ที่ 4

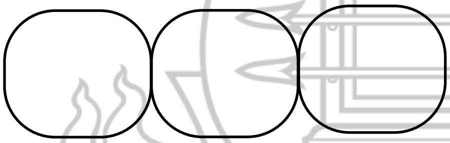
เลือดที่ลำเลียงมาจากหัวใจห้องล่างซ้ายจะถูกส่งไปยังเซลล์ต่างๆ ของร่างกาย เป็นเลือดที่มีปริมาณแก๊สออกซิเจนสูงและแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ต่ำ เมื่อเทียบกับภายในเซลล์ซึ่งมีปริมาณแก๊สออกซิเจนต่ำและแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์สูง จึงเกิดการแลกเปลี่ยนแก๊สบริเวณหลอดเลือดฝอยกับเซลล์ โดย**แก๊สออกซิเจนในเลือดจะแพร่ผ่านผนังหลอดเลือดฝอยไปยังเซลล์** และในขณะเดียวกัน**แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์จะแพร่ออกจากเซลล์ไปยังหลอดเลือดฝอย**

1. ให้นักเรียนวาดภาพเพื่ออธิบายการแลกเปลี่ยนแก๊สบริเวณหลอดเลือดฝอยกับเซลล์ ระบุปริมาณของแก๊สออกซิเจน และแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ รวมถึงทิศทางการแลกเปลี่ยนแก๊ส และเขียนข้อความอธิบายให้สอดคล้องกับแบบจำลองที่สร้างขึ้น

ภาพวาด

ข้อความอธิบาย

หากกำหนดให้



แทน กลุ่มของเซลล์ในร่างกาย

แทน หลอดเลือดฝอย

แทน อนุภาคของแก๊สออกซิเจน

แทน อนุภาคของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์

แทน ทิศทางการแพร่ของอนุภาค

ภาพวาด

2. นักเรียนจะใช้สัญลักษณ์ที่กำหนดให้นี้ มาสร้างแบบจำลองอธิบายการแลกเปลี่ยนแก๊สบริเวณหลอดเลือดฝอยกับเซลล์ ได้อย่างไร

ข้อความอธิบาย

----

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

มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ นางสาวศิรินทรา บุษราคัม

วัน เดือน ปี เกิด 26 มกราคม 2531

สถานที่เกิด อำเมือง จังหวัดขอนแก่น

ประวัติการศึกษา หลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีการอาหาร มหาวิทยาลัยขอนแก่น พ.ศ. 2553

สถานที่ทำงาน โรงเรียนนครขอนแก่น

ตำแหน่ง ครู คศ.2