การพัฒนาความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์โดยการจัดการเรียนรู้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง วัสดุและสสาร ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนบ้านหนองปรือ จังหวัดนครราชสีมา

นางสาวจุฑารัตน์ ปัจจัยโค

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต
แขนงวิชาบริหารการศึกษา สาขาวิชาศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช
พ.ศ. 2564

The Developing Scientific Explanations and Science Learning Achievement by Using Model-Based Instruction in the Topic of Materials and Matter of Prathom Suksa 4 students at Nongprue School in Nakhonratchasima Province

Miss Jutharat Patjaikho

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for
the Degree of Master of Education in Educational Administration
School of Educational Studies
Sukhothai Thammathirat Open University
2021

หัวข้อวิทยานิพนธ์ การพัฒนาความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์โดยการจัดการเรียนรู้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง วัสดุและสสาร ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนบ้านหนองปรือ จังหวัดนครราชสีมา

ชื่อและนามสกุล นางสาวจุฑารัตน์ ปัจจัยโค

วิชาเอก วิทยาศาสตร์ศึกษา

สาขาวิชา ศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช

อาจารย์ที่ปรึกษา 1. รองศาสตราจารย์ ดร.จุฬารัตน์ ธรรมประทีป
2. รองศาสตราจารย์ ดร.ดวงเดือน สุวรรณจินดา

วิทยานิพนธ์นี้ ได้รับความเห็นชอบให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรระดับปริญญาโท เมื่อวันที่ 29 กันยายน 2564

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.จีระวรรณ เกษสิงห์)

..... กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.จุฬารัตน์ ธรรมประทีป)

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

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

ชื่อวิทยานิพนธ์ การพัฒนาความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์โดยการจัดการเรียนรู้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง วัสดุและสสาร ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนบ้านหนองปรือ จังหวัดนครราชสีมา

ผู้วิจัย นางสาวจุฑารัตน์ ปัจจัยโค **รหัสนักศึกษา** 2602000305 **ปริญญา** ศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต (วิทยาศาสตร์ศึกษา)
อาจารย์ที่ปรึกษา (1) รองศาสตราจารย์ ดร.จุฬารัตน์ ธรรมประทีป (2) รองศาสตราจารย์ ดร.ดวงเดือน สุวรรณจินดา **ปีการศึกษา** 2564

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) เปรียบเทียบความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง วัสดุและสสาร และ 2) เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง วัสดุและสสาร

กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนบ้านหนองปรือ จังหวัดนครราชสีมา ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2563 จำนวน 22 คน ได้มาโดยการเลือกแบบเจาะจง เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย คือ 1) แผนการจัดการเรียนรู้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง วัสดุและสสาร 2) แบบประเมินความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ และ 3) แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้ การวิเคราะห์เชิงเนื้อหา ความถี่ ร้อยละ และความก้าวหน้าทางการเรียน

ผลการวิจัยพบว่า 1) ความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนทุกคน ก่อนเรียน อยู่ในระดับปรับปรุง หลังเรียนความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์เพิ่มขึ้น อยู่ในระดับดี จำนวน 7 คน (ร้อยละ 31.82) อยู่ในระดับพอใช้ จำนวน 13 คน (ร้อยละ 59.09) และอยู่ในระดับปรับปรุง จำนวน 2 คน (ร้อยละ 9.09) และ 2) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ของนักเรียน หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน เมื่อคิดระดับความก้าวหน้าทางการเรียนของนักเรียน พบว่า มีความก้าวหน้าทางการเรียนรายชั้นอยู่ในระดับปานกลาง ($\langle g \rangle = 0.31$)

คำสำคัญ การจัดการเรียนรู้ที่ใช้แบบจำลองเป็นฐาน ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ ความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ ประถมศึกษา

Thesis title: The Developing Scientific Explanations and Science Learning Achievement by Using Model-Based Instruction in the Topic of Materials and Matter of Prathom Suksa 4 students at Nongprue School in Nakhonratchasima Province
Researcher: Miss Jutharat Patjaikho; **ID:** 2602000305;
Degree: Master of Education (Science Education);
Thesis advisors: (1) Dr. Jurarat Thammaprateep, Associate Professor;
(2) Dr. Duongdearn Suwanjinda, Associate Professor; **Academic year:** 2021

Abstract

The purposes of this research were 1) to compare the level of scientific explanation ability of Prathom Suksa IV students at Nongprue School, Nakhonratchasima province before and after learning through model-based instruction in the topic of materials and matter; and 2) to compare science learning achievement of Prathom Suksa IV students at Nongprue School, Nakhonratchasima province before and after learning through model-based instruction in the topic of materials and matter.

The research sample consisted of 22 Prathom Suksa IV students studying in the second semester of the academic year 2020 at Nongprue School, Nakhonratchasima province, obtained by purposive sampling. The employed research instruments were 1) model-based instruction lesson plans in the topic of materials and matter, 2) a scientific explanation ability assessment form, and 3) a science learning achievement test. The data were analyzed by using the content analysis, frequency, percentage and class normalized gain.

The results of the research were as follows: 1) the ability to create scientific explanations of all students before learning was at the improvement needed level. While after-learning, their scientific explanations abilities increased, 7 students (31.82%) were at a good level, 13 students (59.09%) were at a fair level, and 2 students (9.09%) were at an improvement needed level, and 2) After learning, the students' science learning achievement was higher than their before-learning counterpart achievement, and the class normalized gain was at a medium level ($\langle g \rangle = 0.31$).

Keywords: Model-Based Learning, Science Learning Achievement, Scientific Explanation Ability, Prathom Suksa

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความเมตตากรุณาและความช่วยเหลืออย่างดียิ่งจาก รองศาสตราจารย์ ดร. จุฬารัตน์ ธรรมประทีป อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก และรองศาสตราจารย์ ดร. ดวงเดือน สุวรรณจินดา อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ซึ่งทั้งสองท่านได้ให้คำแนะนำและติดตามการทำวิทยานิพนธ์ครั้งนี้อย่างใกล้ชิดตลอดมา นับตั้งแต่เริ่มต้นจนกระทั่งสำเร็จเรียบร้อยสมบูรณ์ ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งในความเมตตากรุณาที่ได้รับจากท่าน จึงขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอกราบขอบพระคุณ คุณครูสุพิณ จันทร์ลอย คุณครูสดใส สุขสุทธิ์ และคุณครูยุทัยทิพย์ ชาครนิธิพงศ์ ที่ได้ให้ความกรุณาเป็นผู้เชี่ยวชาญพิจารณาตรวจสอบเครื่องมือวิจัยและได้ให้คำแนะนำในการปรับปรุงแก้ไขเครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย

ขอขอบพระคุณ ผู้อำนวยการและคณะคุณครู โรงเรียนบ้านหนองปรือที่ได้ให้ความช่วยเหลือและอำนวยความสะดวกในทุกด้าน และขอบคุณนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 ปี ที่ได้ให้ความร่วมมือในการเก็บข้อมูลในการทำวิทยานิพนธ์เป็นอย่างดี

ขอขอบพระคุณอาจารย์ในสาขาวิทยาศาสตร์ศึกษาทุกท่านที่คอยอบรมให้ความรู้และให้คำแนะนำที่ดีเสมอมา รวมทั้งเพื่อนนักศึกษาปริญญาโท สาขาวิทยาศาสตร์ศึกษาทุกคนที่ได้ให้กำลังใจกันมาโดยตลอด และขอขอบคุณครอบครัวที่เป็นแรงสนับสนุนที่ดีเสมอมา

จุฑารัตน์ ปัจจัยโค

กันยายน 2564

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ
กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ
สารบัญตาราง ..... ฌ
สารบัญภาพ ..... ฎ
บทที่ 1 บทนำ 1
ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1
วัตถุประสงค์การวิจัย 5
กรอบแนวคิดการวิจัย 5
ขอบเขตวิจัย 6
นิยามศัพท์เฉพาะ 6
ประโยชน์ที่ได้รับ 8
บทที่ 2 วรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง 9
การจัดการเรียนรู้ที่ใช้แบบจำลองเป็นฐาน 10
ความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ 18
ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ 31
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 38
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย 43
รูปแบบการวิจัย 43
กลุ่มตัวอย่าง 44
ระยะเวลาที่ศึกษา 44
เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย 44
การวิเคราะห์ข้อมูล 53
บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล 56
ตอนที่ 1 ความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ด้วยการจัดการเรียนรู้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง วัสดุและสสาร ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนบ้านหนองปรือ จังหวัดนครราชสีมา 56

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

ตอนที่ 2 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ด้วยการจัดการเรียนรู้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง วัสดุและสสาร ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาที่ 4 โรงเรียนบ้านหนองปรือ จังหวัดนครราชสีมา 63
บทที่ 5 สรุปการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ 65
สรุปการวิจัย 65
อภิปรายผล 66
ข้อเสนอแนะ 71
บรรณานุกรม 72
ภาคผนวก 80
ก รายนามผู้เชี่ยวชาญในการตรวจคุณภาพเครื่องมือวิจัย 81
ข เครื่องมือที่ใช้เก็บรวบรวมข้อมูล 83
ค เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง 97
ง คุณภาพของเครื่องมือที่ใช้ในการรวบรวมข้อมูล 107
จ ระดับความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 รายบุคคล 122
ฉ ระดับความก้าวหน้าทางการเรียนของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 รายบุคคล 124
ช ภาพแสดงการจัดการเรียนรู้ 126
ประวัติผู้วิจัย 129

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 2.1 เปรียบเทียบขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ที่ใช้บบจำลองเป็นฐาน 14
ตารางที่ 2.2 องค์ประกอบของคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่ปรับรูปแบบมาจากการโต้แย้งของ Toulmin 23
ตารางที่ 2.3 เกณฑ์การประเมินคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ระดับความสามารถ 28
ตารางที่ 2.4 เกณฑ์การประเมินคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์แบบทั่วไป 29
ตารางที่ 2.5 ลักษณะทางกายภาพได้แก่ มวล การละลายน้ำ จุดหลอมเหลว และสีของแข็งทั้ง 4 ชนิด 30
ตารางที่ 2.6 ปริมาตร ความหนาแน่น จุดหลอมเหลวและสีของของเหลว 4 ชนิด 30
ตารางที่ 3.1 หัวข้อและเนื้อหาและจำนวนคาบที่ใช้ในการเขียนแผนการจัดการเรียนรู้ โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานวิชาวิทยาศาสตร์เรื่องวัสดุและสสาร 45
ตารางที่ 3.2 เนื้อหาในการสร้างแบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบาย ทางวิทยาศาสตร์ นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 50
ตารางที่ 3.3 นิยามเชิงปฏิบัติการและพฤติกรรมบ่งชี้ความสามารถในการสร้างคำอธิบาย ทางวิทยาศาสตร์ตามองค์ตามองค์ประกอบของคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ 51
ตารางที่ 3.4 เกณฑ์การแปลผลคะแนนความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ 54
ตารางที่ 4.1 ระดับความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน ชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้ที่ใช้แบบจำลองเป็นฐาน 57
ตารางที่ 4.2 การจัดกลุ่มคำตอบของนักเรียนในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ก่อน และหลังการจัดการเรียนรู้เรื่องสมบัติด้านความแข็งของวัสดุจากระดับ ปรับปรุงไประดับดี 58
ตารางที่ 4.3 การจัดกลุ่มคำตอบของนักเรียนในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ก่อน และหลังการจัดการเรียนรู้เรื่องสมบัติด้านความแข็งของวัสดุจาก ระดับปรับปรุงไประดับพอใช้ 59
ตารางที่ 4.4 การจัดกลุ่มคำตอบของนักเรียนในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ก่อน และหลังการจัดการเรียนรู้เรื่องสมบัติด้านความแข็งของวัสดุจาก ระดับปรับปรุงไประดับปรับปรุง 60

สารบัญตาราง (ต่อ)

หน้า

ตารางที่ 4.5 ความสามารถในการอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 แยกรายองค์ประกอบ ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเ ป็นฐาน 61
ตารางที่ 4.6 ความถี่และร้อยละความก้าวหน้าทางการเรียนด้วยวิธี Normalized gain 63
ตารางที่ 4.7 ค่าเฉลี่ย ร้อยละ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของนักเรียนที่ตอบถูกก่อน และหลังเรียน และค่า Class normalized gain 64

สารบัญภาพ

หน้า

ภาพที่ 1.1 กรอบแนวคิดในการวิจัย 5
ภาพที่ 2.1 การอธิบายเชิงนิรนัย (Deductive Nomologiczl Explanation) 21
ภาพที่ 4.1 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนหลังการจัดการเรียนรู้แบบจำลองเป็นฐาน 63

บทที่ 1
บทนำ

1. ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

คำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ (Scientific explanation) มีลักษณะเฉพาะที่สะท้อนความเป็นวิทยาศาสตร์ ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ (Nature of Science) ที่แตกต่างไปจากคำอธิบายโดยทั่วไป คำอธิบายทางวิทยาศาสตร์เป็นข้อความ ความหมาย นิยาม หรือการบรรยายลักษณะของปรากฏการณ์ สิ่งต่างๆ ที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติหรือเหตุการณ์รอบตัว คำอธิบายเหล่านั้นสร้างมาจากการสำรวจตรวจสอบของนักวิทยาศาสตร์ ผ่านกระบวนการให้เหตุผลเชิงตรรกะที่สอดคล้องกับหลักฐานที่ได้จากการสำรวจตรวจสอบ คำอธิบายทางวิทยาศาสตร์จึงเป็นการอธิบายที่สะท้อนผลการสังเกตและการทดลองในเชิงประจักษ์ นอกจากนี้ ลักษณะเฉพาะของการอธิบายปรากฏการณ์หรือเหตุการณ์จะมีความเป็นสาธารณะ เป็นสากลและสามารถเปลี่ยนแปลงได้โดยใช้กระบวนการพินิจพิเคราะห์ การรับรอง และการปรับเปลี่ยนจากสังคมวิทยาศาสตร์ (National Research Council (NRC), 1996) ซึ่งลักษณะของคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์นี้จึงเป็นไปตามลักษณะธรรมชาติของวิทยาศาสตร์นั่นเอง

เป้าหมายของการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่มีการสอนและเน้นพัฒนาความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับ ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ก็เพื่อการพัฒนานักเรียนให้เป็นผู้ที่มีความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ (science literate person) หรือผู้ที่จะสามารถใช้ความรู้วิทยาศาสตร์เพื่อการดำรงชีวิตในโลกอนาคตได้อย่างรู้เท่าทันตามแนวคิดของ Pisa นั้น อาจจำเป็นต้องมีคุณลักษณะ 3 ประการ ได้แก่ 1) มีความเข้าใจแนวคิด หลักการ ทฤษฎี และ 2) กระบวนการวิทยาศาสตร์ (process of science) รวมทั้ง 3) เห็นคุณค่าของ ความสัมพันธ์ระหว่างวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสังคม (สิรินภา กิจเกื้อกูล, 2556) ความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ (Scientific literacy) เป็นความรู้และความเข้าใจมโนทัศน์เชิงวิทยาศาสตร์และกระบวนการที่จำเป็นต่อการตัดสินใจส่วนบุคคล การมีส่วนร่วมในกิจกรรมทางสังคม วัฒนธรรม และเศรษฐกิจ สำหรับบุคคลที่มีการรู้วิทยาศาสตร์จะสามารถถามค้นหา หรือ ระบุคำตอบที่ได้มาจากความอยากรู้อยากเห็นในชีวิตประจำวันได้ ทำให้บุคคลนั้นมีความสามารถในการบรรยาย อธิบาย คาดคะเนปรากฏการณ์ทางธรรมชาติ และสามารถอ่าน

บทความทางวิทยาศาสตร์ด้วยความเข้าใจ รวมถึงการมีส่วนร่วมในการสนทนาที่เป็นประเด็นทางวิทยาศาสตร์โดยอ้างอิงจากหลักฐานที่เกี่ยวข้องเพื่อนำไปสู่ความชัดเจนของข้อสรุปทางวิทยาศาสตร์ที่เหมาะสม (National Research Council (NRC), 1996) ผู้ที่สามารถสื่อสารหรือโต้แย้งในประเด็นปัญหาที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอย่างเป็นเหตุเป็นผลจึงเรียกได้ว่าเป็นบุคคลที่มีความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ (scientific literacy)

PISA จัดการประเมินความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนในระดับนานาชาติ กำหนดกรอบแนวคิดของความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ ประกอบด้วย ความสามารถในการอธิบายปรากฏการณ์เชิงวิทยาศาสตร์ การประเมินและออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ และการแปลความหมายข้อมูลและใช้จักษ์พยานเชิงวิทยาศาสตร์ จะเห็นว่า ตัวบ่งชี้ย่อยทั้งสามส่วนมีความสัมพันธ์กัน ความสามารถในการอธิบายปรากฏการณ์เชิงวิทยาศาสตร์ คือ การสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่นักเรียนจะต้องมีความสามารถในการออกแบบการสืบเสาะเพื่อให้ได้มาซึ่งหลักฐาน ต้องอาศัยการตีความ แปลความหมายข้อมูลเพื่อมาสร้างเป็นคำอธิบายที่สมเหตุสมผล การประเมินความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ก็สามารถนำมาใช้เป็นข้อมูลสะท้อนไปยังคุณภาพของการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ของแต่ละประเทศได้ สำหรับประเทศไทย พบว่าแนวโน้มผลการประเมินวิทยาศาสตร์ของนักเรียนไทยตั้งแต่ PISA 2000 ถึง PISA 2018 พบว่า ผลการประเมินไม่เปลี่ยนแปลง และข้อมูลยังบ่งชี้อีกว่าในปี 2018 นักเรียนไทยเกือบครึ่ง (ร้อยละ 44) มีความสามารถทางวิทยาศาสตร์ไม่ถึงระดับ 2 หรือระดับพื้นฐาน โดยถือว่านักเรียนเป็นผู้มีความสามารถทางวิทยาศาสตร์ต่ำ (ศูนย์ดำเนินงาน PISA แห่งชาติ สถาบันวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2564) แสดงให้เห็นว่าการจัดการเรียนการสอนในปัจจุบัน ไม่ได้สนับสนุนและส่งเสริมให้นักเรียนมีความสามารถในการอธิบายปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์เท่าที่ควร จึงมีความจำเป็นที่จะต้องมีการจัดการเรียนการสอนเพื่อส่งเสริมให้นักเรียนมีความสามารถในการใช้เหตุผลเพื่อนำมาสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ได้

นอกจากการประเมินในระดับชาติที่สะท้อนการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ของประเทศในด้านความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์แล้ว การประเมินคุณภาพของการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในระดับชาติก็ยังไม่เป็นที่น่าพึงพอใจ จะเห็นได้จากการพิจารณาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ของโรงเรียนที่ผู้วิจัยได้ทำการสอนอยู่ จากผลการทดสอบทางการศึกษาระดับชาติขั้นพื้นฐาน (Ordinary National Education Test : O-NET) ซึ่งเป็นการจัดทดสอบความรู้และความคิดของนักเรียนตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน ในปีการศึกษา 2560-2562 มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 43.65,55.75,44.29 ตามลำดับ ซึ่งมีค่าเฉลี่ยต่ำกว่าร้อย 50 ในปีการศึกษา 2560 และปีการศึกษา 2562 และในปีการศึกษา

2561 มีคะแนนเฉลี่ยสูงกว่าร้อยละ 50 มาเพียงเล็กน้อย แสดงให้เห็นว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในรายวิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนยังอยู่ในระดับต่ำ สอดคล้องกับการสังเกตลักษณะการตอบคำถามและการอธิบายคำตอบของนักเรียนในห้องเรียน แสดงถึงความรู้ความเข้าใจวิทยาศาสตร์ของนักเรียนยังอยู่ในระดับต่ำเช่นกัน ดังนั้นการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ควรส่งเสริมให้นักเรียนมีความรู้ความเข้าใจในวิทยาศาสตร์โดยการพัฒนาความสามารถในการอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน เพื่อนำไปใช้อธิบายปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์ทั้งในห้องเรียนและในชีวิตประจำวัน และเพื่อนำไปพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ต่อไป

จากผลการประเมินระดับนานชาติ และระดับชาติที่สะท้อนคุณภาพการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ในระดับประเทศที่ยังไม่เป็นที่น่าพึงพอใจสอดคล้องกับผลการประเมินคุณภาพการจัดการเรียนรู้และประสบการณ์ที่ผู้วิจัยได้สอนในระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 ในรายวิชาวิทยาศาสตร์ โดยจะเน้นการสอนแบบสืบเสาะ ลักษณะที่ครูมีบทบาทในการตั้งคำถาม กำหนดวิธีการสำรวจตรวจสอบ นำเสนอผลการสำรวจตรวจสอบ สรุปผลร่วมกัน โดยช่วงท้ายผู้วิจัยจะต้องบรรยายเนื้อหา เพื่อสรุปในช่วงท้ายของการจัดกิจกรรม เป็นส่วนใหญ่ เนื่องจากหลังจากขั้นสำรวจและค้นหา นักเรียนสามารถนำข้อมูลมาวิเคราะห์และแปลผลได้ แต่ไม่สามารถบรรยายหรืออธิบายเหตุผลเชื่อมโยงได้อย่างชัดเจนว่าเหตุใดถึงเกิดปรากฏการณ์เช่นนั้นขึ้น หรือในกรณีที่นักเรียนได้บันทึกผลการทดลองและสรุปและอภิปรายผลการทดลองของนักเรียนที่ได้จากการสำรวจหาข้อมูลและหลักฐานจากการทดลอง นักเรียนไม่สามารถแสดงเหตุผลเชื่อมโยงระหว่างหลักฐานจากการทดลองที่เกิดขึ้นกับกับคำตอบหรือข้อกล่าวอ้างที่นักเรียนแสดงได้ นักเรียนมักจะตอบคำถามเป็นคำๆ และมีเหตุผลไม่ชัดเจน โดยอาจนำเนื้อหาหรือความรู้ที่เคยได้รับ หรือนำหลักการที่มีความใกล้เคียงกันที่จำได้นำมาตอบคำถาม แสดงถึงการขาดทักษะการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน

ผู้วิจัยจึงเห็นว่าการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์มีความสำคัญที่ควรส่งเสริมและพัฒนาให้กับนักเรียนและส่งเสริมผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนร่วมด้วย จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องพบว่าการพัฒนาความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์สามารถพัฒนาโดยวิธีการสอนได้หลากหลายรูปแบบ ได้แก่ การจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์แบบ 5 ขั้น (เขมรัฐ จุฑานะฤปกิจ, เอกภูมิ จันทรขันดี และ สุรศักดิ์ เชียงกา, 2561) การจัดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐาน (ตีรณา ชุมแสง, ดร.เอกภูมิ จันทรขันติ และ ดร.สุรศักดิ์ เชียงกา, 2560) รูปแบบการจัดการเรียนการสอนแบบสืบสอบร่วมกับกลวิธีโต้แย้ง (สันติชัย อนุวรชัย, 2553) และหนึ่งในนั้น คือ การจัดการเรียนรู้แบบจำลองเป็นฐาน (ราตรี ยะคำ, 2560; จงกล บุญรอด, 2557; สุทธิชาติ เปรมกมล, 2558)

การจัดการเรียนการสอนแบบจำลองเป็นฐาน เป็นวิธีการจัดการเรียนรู้ที่สามารถส่งเสริมให้นักเรียนได้อธิบายปรากฏการณ์ต่างๆ โดยใช้แบบจำลองที่ตนเองสร้างจากความเข้าใจในเรื่องที่เรียนรู้ การสร้างแบบจำลองในลักษณะต่างๆของนักเรียนที่เรียนรู้ในแต่ละแนวคิดทางวิทยาศตร์จึงช่วยสร้างมโนทัศน์ให้นักเรียนได้เข้าใจในเนื้อหาที่เรียนได้มากขึ้น และสามารถอธิบายปรากฏการณ์จากแบบจำลองที่นักเรียนได้สร้างขึ้นเอง ได้ออกแบบเอง เกิดความเข้าใจและทำให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ด้วยตนเองจากการปฏิบัติและการทดลอง เพราะการที่นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติการทดลองด้วยตนเอง จะทำให้นักเรียนสามารถเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างหลักฐานจากการทดลองและการให้เหตุผลไปสู่การลงข้อสรุปที่เป็นคำตอบของคำถามได้ (Neilson, Campbell, & Allred, 2010)

การจัดการเรียนรู้ที่ใช้แบบจำลองเป็นฐานมีแนวคิดมาจากทฤษฎีการสร้างความรู้ด้วยตนเอง (Constructivism) ซึ่งเป็นทฤษฎีที่เน้นให้นักเรียนได้พัฒนาโครงสร้างทางสติปัญญาโดยการสร้าง องค์ความรู้ขึ้นมา จากนั้นจึงถ่ายทอดความรู้ออกมาผ่านการสร้างแบบจำลองภายนอก (External Modeling) โดยกระบวนการสร้างแบบจำลองภายนอกนี้มีหลายวิธี เช่น การแสดงออก การพูด เขียน วาด สร้าง แบบจำลองทางกายภาพ แผนภาพ หรือสัญลักษณ์อื่น ๆ (สุทธิดา จำรัส, 2555) แบบจำลองมีบทบาทสำคัญในการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ ช่วยในการบันทึกความคิดและสร้างรูปแบบความคิด รวมถึงนักเรียนสามารถใช้แบบจำลองในการนำทางในการสำรวจตรวจสอบและพัฒนาความเข้าใจสิ่งที่เป็นตัวแทน (Windschitl and Thompson, 2006) ดังนั้นจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องนำแบบจำลองมาเป็นส่วนหนึ่งในการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ จากการศึกษาสามารถสรุปขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบจำลองเป็นฐาน (สสวท, 2562) ได้ดังนี้ คือ ขั้นการสร้างแบบจำลองทางความคิด เป็นขั้นที่กระตุ้นให้นักเรียนแสดงแบบจำลองทางความคิดของตนเองเพื่อตรวจสอบความรู้เดิมของตนเอง ขั้นการทดสอบแบบจำลองเป็นขั้นที่นักเรียนจะจำลองปรากฏการณ์ที่ศึกษาโดยผ่านกระบวนการทดลองหรือทดสอบ เพื่อเป็นการสำรวจตรวจสอบเพื่อค้นหาหลักฐานเชิงประจักษ์ ขั้นการดัดแปลงแก้ไขแบบจำลอง ขั้นนี้นักเรียนจะร่วมกันอภิปรายเกี่ยวเกี่ยวแบบจำลองที่แต่จะกลุ่มสร้างขึ้น เพื่อหาข้อสรุปจนกระทั่งสามารถนำมาอธิบายปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นได้ ขั้นการขยายแบบจำลอง ในขั้นนี้นักเรียนจะใช้แบบจำลองที่ผ่านการแก้ไขแล้วนำมาอธิบายปรากฏการณ์อื่นๆ ที่มีลักษณะเหมือนกันได้

จากการศึกษาแนวคิด สภาพปัญหา และการศึกษางานวิจัยดังกล่าว ทำให้ผู้วิจัยมีความสนใจเกี่ยวกับการนำการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์แบบจำลองเป็นฐานมาใช้เพื่อพัฒนาความสามารถในการอธิบายทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ เรื่องวัสดุและสสาร ของนักเรียน เพื่อนำไปใช้ปรับปรุงการจัดการเรียนการสอนให้มีคุณภาพยิ่งขึ้นต่อไป

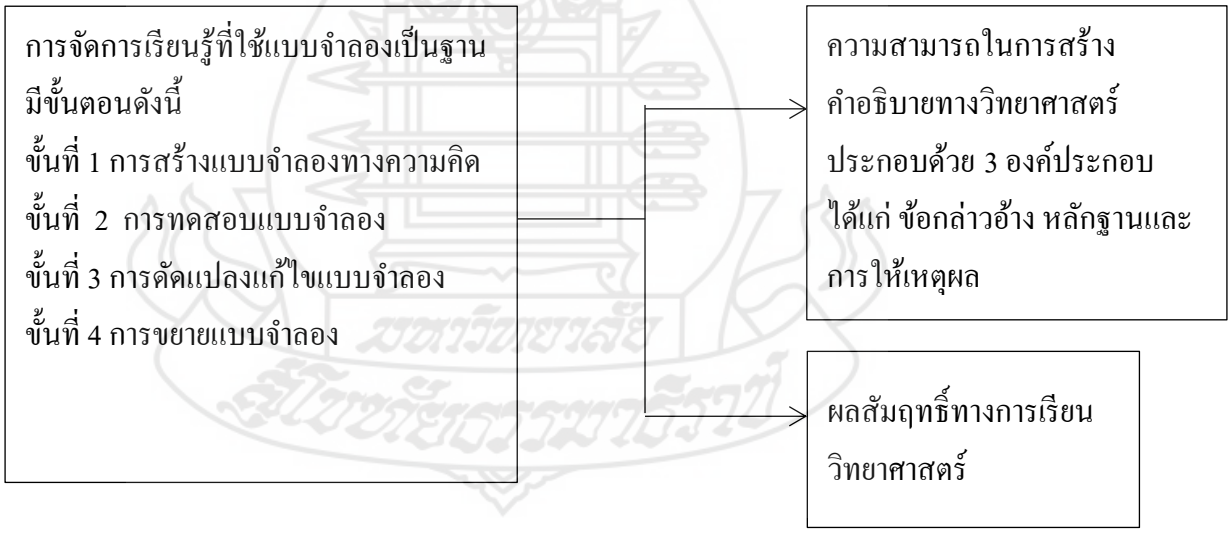
2. วัตถุประสงค์การวิจัย

2.1 เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 ก่อนและหลังการได้รับการจัดการเรียนรู้ที่ใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง วัสดุและสสาร

2.2 เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 ก่อนและหลังการได้รับการจัดการเรียนรู้ที่ใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง วัสดุและสสาร

3. กรอบแนวคิดการวิจัย

การพัฒนาความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์โดยการจัดการเรียนรู้ที่ใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง วัสดุและสสาร ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนบ้านหนองปรือ จังหวัดนครราชสีมา สามารถแสดงกรอบแนวคิดในการวิจัยได้ดังนี้



ภาพที่ 1.1 กรอบแนวคิดในการวิจัย

4. ขอบเขตวิจัย

4.1 ขอบเขตด้านประชากร

นักเรียนชั้นแระถมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนบ้านหนองปรือ จังหวัดนครราชสีมา จำนวนนนักเรียน 22 คน ได้มาโดยการเลือกแบบเจาะจง

ตัวแปรที่ใช้ในการวิจัยนี้ ได้แก่

1) การจัดการเรียนรู้ที่ใช้แบบจำลองเป็นฐาน

2) ความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์

ขอบเขตด้านเนื้อหา

เนื้อหาที่ใช้ในงานวิจัยนี้ คือ เนื้อหาในกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนบ้านหนองปรือ จังหวัดนครราชสีมา ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2563 สาระการเรียนรู้ที่ 2 วิทยาศาสตร์กายภาพ เรื่อง วัสดุและสสาร มี 5 เรื่อง ประกอบด้วยเนื้อหา ดังนี้

1) สมบัติด้านความแข็งของวัสดุ

2) สมบัติด้านสภาพความยืดหยุ่นของวัสดุ

3) สมบัติการนำความร้อนของวัสดุ

4) สมบัติการนำไฟฟ้าของวัสดุ

5) สถานะของของแข็ง ของเหลว และแก๊ส

ขอบเขตด้านเวลา

ดำเนินการวิจัยในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2563 ใช้เวลาในการวิจัย จำนวน 6 สัปดาห์ สัปดาห์ละ 3 ชั่วโมง รวมเวลาทั้งสิ้น 18 ชั่วโมง

5. นิยามศัพท์เฉพาะ

5.1 การจัดการเรียนรู้ที่ใช้แบบจำลองเป็นฐาน หมายถึง การจัดการเรียนรู้ที่ที่เน้นการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองผ่านกระบวนการสร้างแบบจำลอง โดยให้นักเรียนสร้างแบบจำลองทางความคิดเกี่ยวกับปรากฏการณ์ที่จะศึกษา โดยใช้ความรู้เดิมหรือประสบการณ์เดิมของนักเรียน เพื่อให้นักเรียนได้สร้างและปรับปรุงแบบจำลองเกี่ยวกับปรากกฏการณ์ที่ศึกษา เพื่อนำไปใช้ในการ

อธิบายปรากฏการณ์ที่ศึกษา ผู้วิจัยได้สรุปเป็นขั้นตอนของการเรียนรู้โดยที่ใช้แบบจำลองเป็นฐาน โดยนำแนวคิดของ Gobert and Buckley และสสวท.(2562) มาปรับขั้นตอนเพื่อให้เหมาะสมกับเนื้อหาที่ใช้ในการวิจัยซึ่งในเนื้อหาเรื่อง วัสดุและสสาร นักเรียนจะทำการค้นหาหลักฐานเชิงประจักษ์ที่ได้จากการลงมือทำการทดอง ซึ่งการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานประกอบด้วย 4 ขั้นตอน ดังต่อไปนี้

ขั้นที่ 1 การสร้างแบบจำลองทางความคิด เป็นขั้นที่กระตุ้นให้นักเรียนแสดงแบบจำลองทางความคิดของตนเองเพื่อตรวจสอบความรู้เดิม/ความรู้พื้นฐานของนักเรียน โดยครูจะให้นักเรียนสังเกตปรากฏการณ์ที่เกี่ยวข้องกับเรื่องที่ต้องการตรวจสอบ

ขั้นที่ 2 การทดสอบแบบจำลอง เป็นขั้นตอนที่ให้นักเรียนจำลองปรากฏการณ์ที่จะศึกษาผ่านกระบวนการทดลอง/ทดสอบที่สังเกตหรือวัดได้ ผลที่ได้จากการทดลองจะเป็นข้อมูล/หลักฐานเชิงประจักษ์ นักเรียนจะต้องสร้างแบบจำลอง สัญลักษณ์ให้มีความสอดคล้องกับการทดลอง

ขั้นที่ 3 การดัดแปลงแก้ไขแบบจำลอง เป็นขั้นที่นักเรียนนำเสนอแบบจำลองที่ตนเองสร้างขึ้น ขั้นนี้ครูและเพื่อนสามารถซักถาม อภิปรายร่วมกัน นักเรียนจะได้เห็นความแตกต่างของแบบจำลอง ซึ่งจะเกิดกระบวนการโน้มน้าวจนมีการดัดแปลงแปลงแก้ไขแบบจำลองจนกระทั่งสามารถอธิบายปรากฏการณ์ได้

ขั้นที่ 4 การขยายแบบจำลอง ในขั้นนี้นักเรียนจะใช้แบบจำลองที่ผ่านการแก้ไขแล้ว มาอธิบายทำนายปรากฏการณ์อื่นๆ ซึ่งจะทำให้นักเรียนมั่นใจว่าแบบจำลองที่สร้างขึ้นสามารถอธิบายปรากฏการณ์อื่นได้

5.2 ความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความสามารถของนักเรียนในการกล่าวถึงปรากฏการณ์ทางธรรมชาติต่างๆ การระบุคำตอบที่ทำการสำรวจตรวจสอบโดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ พร้อมทั้งแสดงหลักฐานเชิงประจักษ์ และตรวจสอบความสอดคล้องและความสมเหตุสมผลเชื่อมโยงระหว่างคำตอบกับหลักฐานที่สนับสนุน ซึ่งวัดได้โดยใช้แบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น องค์ประกอบของคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ มี 3 ส่วน ดังนี้

1. ข้อกล่าวอ้าง (Claim) คือ การยืนยันหรือข้อสรุปของคำถาม

2. หลักฐาน (Evidence) คือ ข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ที่สนับสนุนข้อกล่าวอ้าง

3. การให้เหตุผล (Reasoning) คือ การแสดงเหตุผลเชื่อมโยงระหว่างข้อกล่าวอ้างและหลักฐานสนับสนุนโดยใช้หลักการทางวิทยาศาสตร์ที่เหมาะสม

5.3 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ ความสามารถของผู้เรียนโดยวัดจากพฤติกรรมการเรียนรู้ทั้งหมด 6 ด้าน คือ จำ (Remember) เข้าใจ (Understand) ประยุกต์ใช้ (Apply) วิเคราะห์ (Analyze) ประเมินค่า (Evaluate) สร้างสรรค์ (Create) ตามแนวคิดของ Bloom และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งวัดได้จากการทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ เรื่อง วัสดุและสสาร ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น

6. ประโยชน์ที่ได้รับ

6.1 เพื่อเป็นแนวทางสำหรับผู้สอนในการนำการจัดการเรียนรู้ที่ใช้แบบจำลองเป็นฐานไปพัฒนาความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของโรงเรียนที่ประสบปัญหาในการจัดการเรียนการสอนในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของผู้เรียน

6.2 เพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนโดยการจัดการเรียนรู้ที่ใช้แบบจำลองเป็นฐานในเนื้อหาอื่นๆ ในรายวิชาวิทยาศาสตร์

6.3 เพื่อเป็นแนวทางการพัฒนาความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์โดยการจัดการเรียนรู้ที่ใช้แบบจำลองเป็นฐานในเนื้อหาอื่นๆ ในรายวิชาวิทยาศาสตร์

บทที่ 2
วรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

ในการศึกษาเรื่อง การพัฒนาความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์โดยการจัดการเรียนรู้แบบจำลองเป็นฐาน ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 ผู้วิจัยได้ศึกษาแนวคิด ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเพื่อใช้เป็นแนวทางในการศึกษา ในหัวข้อดังต่อไปนี้

1. การจัดการเรียนรู้ที่ใช้แบบจำลองเป็นฐาน
   1.1 ทฤษฎีการเรียนรู้ที่สนับสนุนการจัดการเรียนการสอนแบบจำลองเป็นฐาน
   1.2 หลักการและลักษณะสำคัญของการจัดการเรียนรู้ที่ใช้แบบจำลองเป็นฐาน
   1.3 ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ที่ใช้แบบจำลองเป็นฐาน
   1.4 บทบาทของครูและนักเรียนในการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์แบบจำลองเป็นฐาน
2. ความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์
   2.1 ความหมายและความสำคัญของการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์
   2.2 ประเภทของคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์
   2.3 องค์ประกอบของคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์
   2.4 พฤติกรรมที่บ่งชี้ของความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์
   2.5 แนวทางการวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์
   2.6 ลักษณะของแบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์
3. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์
   3.1 ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์
   3.2 แนวทางการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์
   3.3 หลักการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์
   3.4 แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์
4. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
   4.1 งานวิจัยในประเทศ
   4.2 งานวิจัยต่างประเทศ

1. การจัดการเรียนรู้ที่ใช้แบบจำลองเป็นฐาน

1.1 ทฤษฎีการเรียนรู้ที่สนับสนุนการจัดการเรียนการสอนแบบจำลองเป็นฐาน

ทฤษฎีการสร้างความรู้ด้วยตนเอง (Constructivism) เป็นทฤษฎีที่มีแนวคิดหลักว่า บุคคลสามารถเรียนรู้ได้โดยการมีปฏิสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อมด้วยวิธีการที่ต่างกัน โดยอาศัยประสบการณ์เดิมหรือโครงสร้างทางปัญญาที่มีอยู่ในการสร้างความรู้ (ไพจิตร สะดวกการ, 2538) ทฤษฎีการสร้างความรู้ด้วยตนเอง (Constructivism) ซึ่งมีคุณลักษณะสำคัญ(สุนีย์ คล้ายนิล, 2543) ดังนี้

1) ผู้เรียนเป็นผู้แสวงหา ค้นพบ และสร้างความรู้ด้วยตนเอง

2) การเรียนรู้สิ่งใหม่จะเกิดขึ้นได้ย่อมขึ้นอยู่กับความเข้าใจในบทเรียน ผู้เรียนอาจมีความรู้และประสบการณ์เดิมที่ช่วยส่งเสริม สนับสนุน หรืออาจเป็นอุปสรรคต่อการเรียนรู้ใหม่ ครูจึงต้องจัดกิจกรรมให้ผู้เรียนเกิดประสบการณ์และความเข้าใจในบทเรียนให้นักเรียน

3) การเรียนรู้จะเกิดขึ้นได้สะดวกเมื่อมีปฏิสัมพันธ์ทางสังคม

4) การเรียนอย่างมีความหมายจต้องดำเนินการภายใต้การปฏิบัติในสภาพจริงหรือใกล้เคียงกับสภาพจริงมากที่สุด

วัฒนาพร ระงับทุกข์ (2542) ได้เสนอบทบาทของครูในการจัดการเรียนการสอนตามแนวคิดการสร้างความรู้ด้วยตนเอง (Constructivism) ไว้ดังนี้

1) เปิดโอกาสให้ผู้เรียนสังเกต สำรวจเพื่อให้เห็นปัญหา

2) มีปฏิสัมพันธ์กับผู้เรียน เช่น แนะนำให้ถาม ให้คิด เพื่อให้ผู้เรียนค้นพบหรือสร้างความรู้ด้วยตนเอง

3) ช่วยพัฒนาผู้เรียนให้เกิดการคิดค้นต่อๆไปให้มีการทำงานเป็นกลุ่ม

จากการศึกษาทฤษฎีการสร้างความรู้ด้วยตนเอง (Constructivism) พบว่า แงค์ประกอบที่สำคัญในการสร้างตวามรู้ มีด้วยกัน 3 องค์ประกอบ คือ 1) โครงสร้างทางปัญญา (schema) หรือความรู้เดิม 2) กระบวนการทางปัญญา (Cognitive process) 3) ข้อมูลใหม่หรือประสบการณ์ใหม่ ซึ่ง ชนาธิป พรกุล (2554) ได้ให้รายละเอียดไว้ดังนี้

องค์ประกอบที่ 1 โครงสร้างทางปัญญา (schema) หรือความรู้เดิม โครงสร้างทางปัญญาเป็นที่เก็บข้อมูลที่มีความเชื่อมโยงกัน เกิดจากการนำข้อมูลมาจัดใหม่ให้เป็นระบบที่มีความหมาย หรืออาจจะหมายถึงลำดับขั้นตอนที่ถูกจัดระเบียบมาเป็นอย่างดี ของมโนมติ ทักษะ หรือเหตุการณ์ ในการเรียนรู้เราจะใช้โครงสร้างทางปัญญาในขณะที่เรา มีปฏิสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อม โครงสร้างทางปัญญาจะช่วยให้เราเข้าใจข้อมูลหรือบอกได้ว่าอะไรจะเกิดขึ้นใน

สถานการณ์นั้น นอกจากนี้ยังช่วยในการเรียนรู้เรื่องใหม่ เมื่อนักเรียนได้รับข้อมูลเขาจะพยายามนาข้อมูลใหม่ให้เข้าไปในโครงสร้างทางปัญญาที่มีอยู่ก่อน

องค์ประกอบที่ 2 กระบวนการทางปัญญา (Cognitive process)

เพียเจต์ ได้อธิบายว่า กระบวนการทางปัญญา เป็นกระบวนการจัดกระทากับข้อมูลในสมอง ของนักเรียนเมื่อข้อมูลจากสิ่งแวดล้อมเข้าสู่สมองแล้วจะเกิดการเปลี่ยนแปลงระบบภายในเพื่อทำความเข้าใจหรือทำให้เข้ากับสิ่งแวดล้อมการเปลี่ยนแปลงนี้เรียกว่า การปรับตัว (Adaptation) ซึ่งประกอบด้วย 2 กระบวนการ คือ

1) กระบวนการดูดซึม (Assimilation) เป็นการคัดกรองข้อมูลใหม่หรือความรู้ใหม่เข้าไป เก็บรวมกับความรู้เดิมที่มีอยู่ในโครงสร้างทางปัญญา นักเรียนจะใช้กระบวนการนี้เมื่อความรู้ใหม่ไม่แตกต่างจากความรู้เดิมมากนัก

2) กระบวนการปรับสภาวะ (Accommodation) เป็นการปรับหรือเปลี่ยนแปลงความเข้าใจที่เคยมีอยู่แล้วให้เข้ากับข้อมูลใหม่ นักเรียนจะใช้กระบวนการนี้เมื่อไม่สามารถใช้กระบวนการดูดซึม เนื่องจากข้อมูลใหม่ไม่มีความใกล้เคียงหรือสัมพันธ์กับความรู้เดิม จึงจำเป็นต้องปรับความรู้ความเข้าใจเรื่องเดิมให้เข้ากับความรู้ใหม่ แล้วจัดเก็บในโครงสร้างทางปัญญา การปรับตัวเป็นการสร้างความสมดุลระหว่างกระบวนการดูดซึม และกระบวนการปรับ สภาวะในการเรียนรู้นักเรียนใช้กระบวนการทั้งสองในลักษณะที่ต่างกัน เมื่อนักเรียน พบสิ่งที่เคยรู้จัก หรือมีความรู้จะใช้กระบวนการดูดซึม คือ นำโครงสร้างทางปัญญาที่มีมาใช้ทำความเข้าใจสิ่งที่พบ แล้วนำสิ่งที่พบนั้นเข้าไปเพิ่มในโครงสร้างทางปัญญา ทำให้โครงสร้างทางปัญญาขยายใหญ่ขึ้น แต่ถ้านักเรียนพบสิ่งที่ไม่เคยรู้จักจะเกิดความสงสัยเรียกว่า เกิดสภาวะไม่สมดุล (Disequilibrium) นักเรียนจะใช้กระบวนการปรับสภาวะปรับโครงสร้างทางปัญญา ที่มีให้เข้ากับสิ่งที่พบใหม่ ทำให้เกิดสภาวะสมดุล (equilibrium) เมื่อนักเรียนเข้าใจสิ่งที่พบใหม่ นำสิ่งที่พบไปเก็บไว้ในโครงสร้างทางปัญญาที่ถูกปรับแล้ว กระบวนการที่มีความต่อเนื่องเหล่านี้ทำให้สติปัญญามีการเติบโตสู่ระดับที่สูงขึ้น

องค์ประกอบที่ 3 ข้อมูลใหม่หรือประสบการณ์ใหม่ ข้อมูลใหม่หรือประสบการณ์ใหม่ เป็นข้อมูลที่อยู่ในสิ่งแวดล้อมรอบตัวในทางการศึกษาหมายถึง หลักสูตรหรือเนื้อหาที่ครูนำมาสอน เพื่อให้ผู้เรียนมีการพัฒนาการด้านร่างกาย สติปัญญา อารมณ์ และสังคม

การนำทฤษฎีการสร้างความรู้ด้วยตนเองไปใช้ในการจัดการเรียนการสอนสามารถทำได้ดังนี้

1) การสร้างความรู้ ผลการเรียนรู้จะเน้นไปที่กระบวนการสร้างความรู้ เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้เลือกตามความสนใจ ซึ่งจะทำให้ผู้เรียนมีแรงจูงใจในการเรียนรู้ เน้นความสำคัญของ

กระบวนการเรียนรู้ของผู้เรียน และความสำคัญของความรู้เดิม ผลของการเรียนรู้มุ่งเน้นไปที่กระบวนการสร้างความรู้ เป้าหมายของการเรียนรู้จะต้องมาจากการปฏิบัติงานจริง

2) เป้าหมายของการสอน จะเน้นไปที่การสาธิตกระบวนการและการสร้างความหมายที่หลากหลาย ผู้เรียนจะต้องเรียนรู้ทักษะต่างๆ โดยสามารถนำไปปฏิบัติและสามารถแก้ปัญหาได้จริง

3) การจัดการเรียนการสอน ครูจะต้องจัดสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกัน เพื่อประโยชน์ในการเรียนรู้ เช่น วัย ความถนัดและประสบการณ์ การประเมินผลการเรียนรู้ต้องประเมินทั้งผลงานและกระบวนการ ผู้เรียนมีบทบาทในการเรียนรู้อย่างเต็มที่ ผู้เรียนจต้องเป็นผู้จัดกระทำกับข้อมูลหรือประสบการณ์ต่างๆ และจะต้องสร้างความหมายให้กับสิ่งนั้นด้วยตนเอง ครูอาจต้องจัดกิจกรรมที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนมีปฏิสัมพันธ์กับสื่อ สิ่งของหรือข้อมูลต่างๆ ที่เป็นของจริงและมีความสอดคล้องกับความสนใจของผู้เรียน โดยผู้เรียนสามารถลงมือปฏิบัติ ศึกษา สำรวจ วิเคราะห์และทดลอง กับสิ่งนั้นๆ จนเกิดความเข้าใจขึ้น ความเข้าใจจึงเกิดจากการลงมือปฏิบัติจริง ไม่ใช่เป็นการรับข้อมูลเข้ามาเพียงเท่านั้น

ดังนั้นทฤษฎีการสร้างความรู้ด้วยตนเอง (Constructivism) จึงมีความสัมพันธ์กับการจัดการเรียนรู้แบบจำลองเป็นฐาน โดยจะเห็นได้ว่าการจัดการเรียนรู้แบบจำลองเป็นฐานเป็นการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติจริง จากการสำรวจตรวจสอบ ทดลอง และวิเคราะห์สรุปข้อมูล และครูมีส่วนช่วยในการจัดสภาพแวดล้อมทางสังคม ตามวัย ตามความถนัดและประสบการณ์ เพื่อให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ด้วยตนเอง ตั้งแต่การนำความรู้เดิมมาปรับเข้ากับความรู้ใหม่ และได้ลงมือปฏิบัติจริง เพื่อเป็นการทดสอบสมมติฐานเพื่อหาคำตอบของคำถามที่นักเรียนตั้งขึ้นเพื่อให้ได้มาซึ่งการสรุป อภิปราย และสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ต่อไป ซึ่งสอดคล้องกับขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบจำลองเป็นฐานที่จะกล่าวดังต่อไปนี้

1.2 หลักการและลักษณะสำคัญของการจัดการเรียนรู้ที่ใช้แบบจำลองเป็นฐาน

หลักการในการจัดการเรียนรู้แบบจำลองเป็นฐานนั้นเริ่มจากการตรวจสอบความรู้เดิมของนักเรียนเพื่อสร้างแบบจำลองทางความคิด (Product mental model) เกี่ยวกับปรากฏการณ์ที่นักเรียนจะศึกษา จากนั้นจึงแสดงออกออกแบบจำลองทางความคิด (Express model) ที่สร้างขึ้นในรูปแบบต่างๆ กันไป เช่น สิ่งที่เป็นรูปธรรม คำพูด สัญลักษณ์ รูปภาพ เป็นต้น ต่อมาจึงทำการทดสอบ (Test) และประเมิน (Evaluate) แบบจำลอง โดยการนำแบบจำลองไปทดลองใช้เพื่อที่จะนำไปสู่การปรับปรุงและแก้ไขแบบจำลอง (Revision) เพื่อที่จะนำมาอธิบายปรากฏการณ์ที่ศึกษาได้ดีขึ้น และการขยายแบบจำลอง (Elaboration) เพื่อขยายแนวคิดให้กว้างขึ้นได้ (Buckley et al., 2004, p. 24; Gobert & Buckley, 2002, p. 892)

ลักษณะการจัดการเรียนรู้แบบจำลองเป็นฐาน การจัดการเรียนรู้แบบจำลองเป็นฐานเป็นการจัดการเรียนการสอนที่มีแนวคิดหลักว่า “ความเข้าใจเกิดเกิดจากการสร้างแบบจำลองจากความคิดจากปรากฏการณ์ที่ศึกษากลังจากที่นักเรียนได้มีการแก้ปัญหา (Problem-solving) ลงข้อสรุป (Inferencing) การให้เหตุผล (Reasoning)” (Johnson-Laird, 1983 cited in Buckley et al., 2004, p. 23) นักเรียนจะเกิดการเรียนรู้เมื่อนักเรียนได้ใช้ความรู้เดิมและบูรณาการกับความรู้และสารสนเทศใหม่ทำให้นักเรียนขยายความรู้ได้ต่อไป (Gobert & Buckley, 2002, p. 892)

(Gobert & Buckley, 2002, p. 892) ได้เสนอแนวทางการจัดการเรียนรู้แบบจำลองเป็นฐานไว้ดังนี้

1. นักเรียนสร้างแบบจำลองทางความคิดเกี่ยวกับปรากฏการณ์ที่ศึกษา

2. ครูประเมินและทบทวนแนวคิดที่นักเรียนต้องใช้ในการสร้างแบบจำลอง เพื่อสรุปอ้างอิงแบบจำลองทางความคิดของนักเรียนจากเหตุผลที่นักเรียนใช้อธิบายปรากฏการณ์ที่ศึกษา

3. นักเรียนสร้างแบบจำลองโดยการรวบรวมข้อมูลต่างๆ เข้าด้วยกันทั้งข้อมูลเกี่ยวกับโครงสร้าง หน้าที่การงาน พฤติกรรม สาเหตุของการเกิดปรากฏการณ์นั้น แล้วเขียนเป็นแผนผังความคิด (Concept mapping) โดยเปรียบเทียบจากปรากฏการณ์ที่คล้ายกัน (Analogous system) เมื่อตรวจสอบข้อมูลเรียบร้อยแล้วจึงลงมือสร้างแบบจำลอง

4. นำแบบจำลองไปใช้และประเมินแบบจำลอง นักเรียนอาจจะพบว่าแบบจำลองที่สร้างขึ้นถูกปฏิเสธ เนื่องจากอธิบายปรากฏการณ์ที่ศึกษาได้ไม่ดีพอ จึงต้องนำแบบจำลองไปปรับปรุง (Revision) และแก้ไขเพื่อที่จะสามารถนำมาอธิบายปรากฏการณ์ที่ศึษาได้ดีขึ้น

5. การขยายแบบจำลอง (Elaboration) นักเรียนอาจนำแบบจำลองเดิมไปสร้างเพิ่มเติมหรือนำไปรวมกับแบบจำลองอื่นเพื่อขยายแนวคิดให้กว้างขึ้น

1.3 ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ที่ใช้แบบจำลองเป็นฐาน

นักการศึกษาหลายท่านที่กล่าวถึงกรอบแนวคิดและขั้นตอนในการจัดการเรียนการรู้แบบจำลองเป็นฐาน ดังรายละเอียดในตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 เปรียบเทียบขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ที่ใช้บบจำลองเป็นฐาน

นักวิจัย	ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้
Gobert and Buckley (2002)	1) นักเรียนสร้างแบบจำลองทางความคิดเกี่ยวกับปรากฏการณ์ที่ศึกษา 2) ครูประเมินและทบทวนแนวคิดหรือเนื้อหาที่นักเรียนจำเป็นจะต้องใช้ในการสร้างแบบจำลอง 3) นักเรียนลงมือสร้างแบบจำลอง โดยการรวบรวมข้อมูลต่างๆ เข้าด้วยกันทั้งข้อมูล เกี่ยวกับโครงสร้าง หน้าที่การทำงาน พฤติกรรม และสาเหตุการเกิดขึ้นของปรากฏการณ์นั้น ๆ แล้วจึงลงมือสร้างแบบจำลอง 4) นำแบบจำลองไปใช้และประเมิน หากแบบจำลองใช้อธิบายปรากฏการณ์ที่ศึกษาได้ไม่ดีพอ นักเรียนต้องนำกลับไปปรับปรุง 5) การปรับปรุง (revision) และแก้ไขแบบจำลอง เพื่อให้สามารถอธิบายปรากฏการณ์ที่ศึกษาได้ดียิ่งขึ้น 6) ขั้นขยายแบบจำลอง (elaboration) ในขั้นตอนนี้นักเรียนอาจจะนำแบบจำลองเดิมไปสร้างเพิ่มเติม หรือนำไปรวมกับแบบจำลองอื่น เพื่อขยายแนวคิดให้กว้างขึ้น
กฤษณา โภคพันธ์ (2554)	1) ขั้นสำรวจแนวคิด การสำรวจแนวคิดของนักเรียนโดยให้นักเรียนสร้างแบบจำลองทาง ความคิดเกี่ยวกับปรากฏการณ์ที่สนใจ 2) ขั้นประเมินและทบทวนแนวคิด โดยครูและนักเรียน ประเมินและทบทวนเนื้อหาที่ต้อง ใช้ในการสร้างแบบจำลอง 3) ขั้นรวบรวมข้อมูลต่าง ๆ เพื่อสร้างแผนผังแนวคิดและสร้างแบบจำลอง โดยการที่นักเรียนรวบรวมข้อมูลปรากฏการณ์เพื่อสร้างแผนผังแนวคิดและสร้างแบบจำลอง 4) ขั้นนำแบบจำลองไปใช้เพื่ออธิบายปรากฏการณ์และประเมินผลแบบจำลอง โดยการที่นักเรียนนำแผนผังแนวคิด แบบจำลองไปใช้อธิบายปรากฏการณ์ต่าง ๆ 5) ขั้นปรับปรุงแก้ไขแบบจำลอง โดยการที่นักเรียนปรับปรุงและแก้ไขแผนผังแนวคิดและ แบบจาลองเพื่อให้อธิบายปรากฏการณ์นั้น ๆ ให้ดีขึ้น
สสวท. (2562)	ขั้นที่ 1 การสร้างแบบจำลองทางความคิด เป็นขั้นที่กระตุ้นให้นักเรียนแสดงแบบจำลองความคิดของตนเองเพื่อตรวจสอบความรู้เดิม/ความรู้พื้นฐานของนักเรียน โดยครูจะให้นักเรียนสังเกตปรากฏการณ์ทางเคมีที่เกี่ยวข้องกับเรื่องที่ต้องการตรวจสอบ

ตารางที่ 2.1 (ต่อ)

นักวิจัย	ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้
	ขั้นที่ 2 การทดสอบแบบจำลอง เป็นขั้นตอนที่ให้นักเรียนจำลองปรากฏการณ์ที่จะศึกษา ผ่านกระบวนการทดลอง/ทดสอบที่สังเกตหรือวัดได้ ผลที่ได้จากการทดลองจะเป็นข้อมูล/หลักฐานเชิงประจักษ์ นักเรียนจะต้องสร้างแบบจำลองให้มีความสอดคล้องกับผลการทดลอง ขั้นที่ 3 การดัดแปลงแก้ไขแบบจำลอง เป็นขั้นที่แต่ละกลุ่มนำเสนอแบบจำลองที่กลุ่มตนเองสร้างขึ้น ขั้นนี้ครู และเพื่อนกลุ่มอื่นสามารถซักถาม อภิปรายร่วมกัน นักเรียนจะได้เห็นความแตกต่างของแบบจำลอง ซึ่งจะเกิดกระบวนการ โน้มน้าวจนมีการดัดแปลงแก้ไขแบบจำลองจนกระทั่งสามารถใช้อธิบายปรากฏการณ์ได้ และนำมาสู่แบบจำลองมติกลุ่ม (Consensus model) ขั้นที่ 4 การขยายแบบจำลอง ในขั้นนี้นักเรียนจะใช้แบบจำลองที่ผ่านการแก้ไขแล้ว มาอธิบายและทำนายปรากฏการณ์ อื่นๆ ซึ่งจะทำให้นักเรียนมั่นใจว่าแบบจำลองที่ตนสร้างขึ้นสามารถอธิบายปรากฏการณ์อื่นได้
ฮามีด๊ะ มูสอ (2555)	ขั้นที่ 1 ตอบสนองต่องานที่ได้รับ โดยครูจะต้องกระตุ้นให้นักเรียนได้แสดงความรู้เดิมเกี่ยวกับ แนวคิดเรื่องที่ศึกษาออกมา ซึ่งครูอาจจะใช้คำถามหรือใช้สถานการณ์ ในการกระตุ้น ขั้นที่ 2 การสร้างแบบจำลองเริ่มต้น ครูสนับสนุนให้ผู้เรียนรวบรวมข้อมูลต่าง ๆ ที่เป็นความรู้เดิมและข้อมูลใหม่ที่ได้รับเขาด้วยกัน จากนั้นตรวจสอบข้อมูลหรือจัดกระทำข้อมูล แล้วลงมือสร้างแบบจำลองที่เป็นตัวแทนของปรากฏการณ์ขึ้นมา ขั้นที่ 3 นำไปใช้และประเมิน ครูเปิดโอกาสให้นักเรียนได้นำแบบจำลองที่สร้างขึ้นไปใช้และอธิบายปรากฏการณ์ที่ศึกษา จากนั้นให้นักเรียนประเมินว่าแบบจำลองที่สร้างขึ้นสามารถอธิบาย แนวคิดที่เป็นปรากฏการณ์ ที่ศึกษานั้นได้หรือไม่ ขั้นที่ 4 การปรับปรุงแก้ไขแบบจำลอง หลังจากประเมินแบบจำลองแล้วหากพบว่า แบบจำลองที่สร้างขึ้นดังกล่าวไม่สามารถอธิบายปรากฏการณ์ที่ศึกษาได้ดีพอ แบบจำลองนั้นจะถูกปฏิเสธ ดังนั้นนักเรียนจะต้องกลับไปสร้างแบบจำลองใหม่ในขั้นที่ 2 โดยต้องทำการตรวจสอบข้อมูลใหม่ ขั้นที่ 5 ขยายแบบจำลอง ผู้เรียนนำแบบจาลองไปสร้างเพิ่มเติม หรือนำไปรวมกับ แบบจำลองอื่น เพื่อขยายแนวคิดให้กว้างขึ้น เพราะแนวคิดบางอย่างอาจจะใช้แบบจำลองเดียวอธิบายได้ไม่ดีพอ

จากตารางการเปรียบเทียบขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ที่ใช้แบบจำลองเป็นฐานของนักวิจัยที่กล่าวมาในข้างต้นนั้นสรุปได้ว่าการจัดการเรียนรู้ที่ใช้แบบจำลองเป็นฐาน มีความสำคัญในการสร้างความเข้าใจ ในความรู้ทางวิทยาศาสตร์และช่วยส่งเสริมการสำรวจตรวจสอบและสื่อสารความรู้ และอธิบายปรากฏการณ์ต่าง ๆ สรุปเป็นขั้นตอนของการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลอง และนำแนวคิดของ Gobert and Buckley (2002) และสสวท.(2562) มาปรับขั้นตอนเพื่อให้เหมาะสมกับเนื้อหาที่ใช้ในการวิจัย ซึ่งมีความสอดคล้องกับการพัฒนาความสามารถในการอธิบายทางวิทยาศาสตร์ โดยในแต่ละขั้นจะสามารถพัฒนาองค์ประกอบในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ได้ เช่น ข้อกลาวอ้าง หลักฐาน และการให้เหตุผล ซึ่งการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ประกอบด้วย 4 ขั้นตอน ดังต่อไปนี้

ขั้นที่ 1 การสร้างแบบจำลองทางความคิด เป็นขั้นที่กระตุ้นให้นักเรียนแสดงแบบจำลองความคิดของตนเองเพื่อตรวจสอบความรู้เดิม/ความรู้พื้นฐานของนักเรียน โดยครูจะให้นักเรียนสังเกตปรากฏการณ์ที่เกี่ยวข้องกับเรื่องที่ต้องการตรวจสอบ ในขั้นนี้จะเป็นการกระตุ้นให้นักเรียนจะตั้งคำถาม เพื่อที่จะหาคำตอบไปตอบข้อกล่าวอ้างต่อไป

ขั้นที่ 2 การทดสอบแบบจำลอง เป็นขั้นตอนที่ให้นักเรียนจำลองปรากฏการณ์ที่จะศึกษา ผ่านกระบวนการทดลอง/ทดสอบที่สังเกตหรือวัดได้ ผลที่ได้จากการทดลองจะเป็นข้อมูล/หลักฐานเชิงประจักษ์ นักเรียน จะต้องสร้างแบบจำลองในระดับอนุภาค/สัญลักษณ์ให้มีความสอดคล้องกับผลการทดลอง ในขั้นนี้จะเป็นขั้นที่นักเรียนสำรวจตรวจสอบเพื่อหาหลักฐานเชิงประจักษ์และนำมาสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง

ขั้นที่ 3 การดัดแปลงแก้ไขแบบจำลอง เป็นขั้นที่แต่ละกลุ่มนำเสนอแบบจำลองที่กลุ่มตนเองสร้างขึ้น ขั้นนี้ครู และเพื่อนกลุ่มอื่นสามารถซักถาม อภิปรายร่วมกัน นักเรียนจะได้เห็นความแตกต่างของแบบจำลอง ซึ่งจะเกิดกระบวนการโน้มน้าวจนมีการดัดแปลงแก้ไขแบบจำลองจนกระทั่งสามารถใช้อธิบายปรากฏการณ์ได้ ในขั้นนี้นักเรียนจะได้ข้อสรุปจากการที่ได้อภิปรายร่วมกันจนสามารถให้เหตุผลได้ว่าเหตุใดจึงเกิดปรากฏการณ์เช่นนั้นขึ้น

ขั้นที่ 4 การขยายแบบจำลอง ในขั้นนี้นักเรียนจะใช้แบบจำลองที่ผ่านการแก้ไขแล้ว มาอธิบายและทำนายปรากฏการณ์อื่นๆ ซึ่งจะทำให้นักเรียนมั่นใจว่าแบบจำลองที่ตนสร้างขึ้นสามารถอธิบายปรากฏการณ์อื่นได้ ในขั้นนี้นักเรียนสามารถนำแบบจำลองที่สร้างขึ้นจนสามารถนำมาอธิบายปรากฏการณ์ที่ศึกษาได้แล้ว ยังสามารถนำมาอธิบายปรากฏการณ์อื่นๆ ที่มีลักษณะเหมือนกันได้

1.4 บทบาทของครูและนักเรียนในการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ที่ใช้แบบจำลองเป็นฐาน

การจัดการเรียนรู้แบบจำลองเป็นฐาน ครูมีบทบาทสำคัญในการวางแผนการจัดการเรียนการสอนให้สอดคล้องกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน และมีบทบาทขณะจัดการเรียนการสอนดังต่อไปนี้ (ชาตรี ฝ่ายคำตา และภรทิพย์ สุภัทรชัยวงศ์, 2557, น. 93)

1) เริ่มต้นบทเรียนด้วยแนวคิดที่ง่าย ไม่ซับซ้อน สร้างประเด็นปัญหาที่กระตุ้นให้นักเรียนเกิดความสนใจเพื่อเปิดโอกาสให้นักเรียนได้คิดและสะท้อนความคิดเห็นของตนเองออกมาโดยสื่อสารได้หลายช่องทาง เช่น คำพูด ภาพวาด เป็นต้น

2) ล้วงแบบจำลองทางความคิดเดิมของนักเรียนเพื่อนำข้อมูลไปเชื่อมต่อในกระบวนการจัดการเรียนการสอนขั้นต่อไป อาจทำโดยการสัมภาษณ์สั้นๆ หรือมีการสาธิตเหตุการณ์ที่นักเรียนคุ้นเคยแล้วอภิปรายเกี่ยวกับเหตุการณ์ดังกล่าว

3) ส่งเสริมกระบวรการเรียนรู้เพื่อให้นักเรียนพัฒนาแบบจำลองแนวคิดโดยการถามนักเรียนเพื่อหาความสัมพันธ์แนวคิดในส่วนต่างๆ หรือมีการวาดภาพเพื่อแสดงการเปรียบเทียบ

4) ส่งเสริมให้นักเรียนปรับแบบจำลองแนวคิดให้เป็นรูปธรรมมากขึ้น

5) ระหว่างการจัดการเรียนรู้ครูควรแสดงความคิดเห็นและสาธิตการเรียนรู้การแก้ปัญหาให้นักเรียนได้เห็นและมีการสนับสนุนให้นักเรียนแสดงปัญหาในหลายๆ รูปแบบ เช่น การเขียน วาดรูป แสดงความสัมพันธ์บางสิ่งทางคณิตศาสตร์

6) ให้นักเรียนแสดงบทบาทเป็นครู โดยแสดงการสอนหรือถ่ายทอดแนวคิดให้เพื่อนร่วมชั้นได้เข้าใจแบบจำลองแนวคิดของตน

7) ถามนักเรียนด้วยคำถามที่ว่าใคร ทำอะไร เมื่อไร ที่ไหน ทำไม และอย่างไร เพื่อให้นักเรียนแสดงความคิดเห็นออกมาไม่ว่าจะเป็นคำตอบที่ถูกหรือผิด พร้อมทั้งถามต่อไปว่าทำไมถึงคิดเช่นนั้น ให้นักเรียนได้อธิบายแบบจำลองแนวคิดรวมถึงปัญหาที่เกิดขึ้นและคำตอบด้วยภาษาของนักเรียนเอง

8) กระตุ้นให้นักเรียนได้ตั้งคำถามเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ด้วยตัวนักเรียนเอง ฝึกสร้างสมมติฐาน ค้นหาคำตอบ และนำความรู้ไปใช้ในชีวิตจริง ให้นักเรียนสามารถเชื่อมโยงบทเรียนเข้าสู่ชีวิตประจำวันได้

9) ใช้คำถามเพื่อกระตุ้นให้นักเรียนประเมินแบบจำลอง เช่น ลักษณะสำคัญของแบบจำลองนี้คืออะไร จงอธิบายว่าทำไมนักเรียนถึงใช้แบบจำลองนี้ แบบจำลองนี้มีประโยชน์อย่างไร นักเรียนคิดว่าควรมีอะไรหรือไม่ที่จะเพิ่มเข้าไปในแบบจำลองนี้ แม้กระทั่งนักเรียนอาจตอบคำถามนี้ได้ เช่น ฉันเปลี่ยนแบบจำลองเดิมตรง.....เพราะว่ามันไม่สามารถอธิบาย.....ได้

พรรณวิไล ชมชิด (2552) ได้กล่าวถึง การจัดการเรียนการสอนให้นักเรียนสามารถคิดได้อย่างนักวิทยาศาสตร์และเข้าใจแนวคิดได้อย่างนักวิทยาศาสตร์อย่างถึงแท้ จำเป็นอย่างยิ่งที่ครูจะต้องสอนให้นักเรียนรู้จักการสร้างแบบจำลองและทำความเข้าใจ เกี่ยวกับแบบจำลองนั้นๆ เพื่อให้นักเรียนได้พัฒนาองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ จากแบบจำลอง ครูมีบทบาทสำคัญในฐานะห้องอำนวยความสะดวกต่างๆ ดังนี้

1) สร้างบรรยากาศให้เกิดการคิด เพื่อสร้างแบบจำลองทางความคิดของนักเรียนและแลกเปลี่ยนความคิด เพื่อให้เกิดแบบจำลองทางความคิดของกลุ่ม

2) แนะนำเกี่ยวกับทักษะการใช้แบบจำลองต่างๆ (Modeling Skills) เพื่อให้นักเรียนรู้จักแบบจำลองที่หลากหลาย และเลือกใช้แบบจำลองที่หลากหลาย และเลือกใช้แบบจำลองที่สามารถอธิบายความคิดได้ชัดเจนที่สุด รวมทั้งชี้แนะให้นักเรียนได้นำเสนอ อภิปราย เปรียบเทียบ และวิพากษ์แบบจำลองนั้นๆ

3) ชี้แนะให้นักเรียนได้เห็นถึงธรรมชาติของแบบจำลองว่ามีข้อจำกัด เนื่องจากแบบจำลองไม่ใช่ของจริง และไม่สามารถอธิบายปรากฏการณ์ที่ศึกษาได้ทั้งหมด ดังนั้นครูจึงควรให้นักเรียนหาข้อสนับสนุน การอภิปรายปรากฏการณ์ทางธรรมชาติของแบบจำลองที่นักเรียนสร้างขึ้น และให้นักเรียนหาข้อจำกัดที่แบบจำลองนั้นๆ ไม่สามารถอธิบายได้

2. ความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์

2.1 ความหมายและความสำคัญของการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์

Gagnon, M. J., & Abell, S. K. (2008) คำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง ข้อความที่อธิบายถึงสาเหตุของปรากฏการณ์ โดยมีการระบุหลักฐานทางวิทยาศาสตร์มาสนับสนุนการอธิบาย

Krajcik (2011) การอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ เป็นการอภิปรายหรือการโต้แย้งของปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้น ว่าเกิดขึ้นได้อย่างไร เกิดขึ้นทำไม รวมทั้งเงื่อนไขและผลของเหตุการณ์ที่ทำการสังเกต

Reiser, B. J., Berland, L. K., & L. Z (2012) คำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ หมายถึง ข้อความที่แสดงให้เห็นถึงความสมพันธ์ระหว่างทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์กับการสังเกตปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์

Chin (2000, 111) คำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ หมายถึงความเข้าใจถึงปรากฏการณ์ทางธรรมชาติว่าเกิดขึ้นได้อย่างไร และมีสาเหตุใดบ้างที่ทำให้เกิดปรากฏการณ์นั้นขึ้น

Chaimala (2009) ได้ระบุความหมายของการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ ว่าเป็นการอธิบายบริบททางวิทยาศาสตร์ โดยแสดงเหตุผลสนับสนุนความเชื่อและการกระทำ ซึ่งเหตุผลนั้นอาจจะเป็นสาเหตุการเกิดปรากฏการณ์ต่างๆ หรือเป็นการกล่าวอ้างจากกฎที่เป็นนิรนัยก็ได้

Reiser, Berland, and Kenyon (2012) ให้ความหมายของการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ว่าเป็นการเชื่อมโยงระหว่างทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์และการสังเกตปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์

Thagard (2012) กล่าวว่า การสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ เป็นการหาคำตอบของปัญหาต่างๆ อย่างเป็นวิทยาศาสตร์

จากความหมายของการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ดังกล่าว แสดงให้เห็นว่าการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ เป็นการกล่าวถึงปรากฏการณ์ทางธรรมชาติต่างๆ โดยมีการแสดงเหตุผล หรือสาเหตุของการเกิดกระบวนการ พร้อมกับมีการระบุหลักฐานเพื่อสนับสนุนการอธิบายหรือกล่าวถึงปรากฏการณ์ทางธรรมชาตินั้นๆ

จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยพบว่า การสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์มีความสำคัญในการส่งเสริมกระบวนการเรียนรู้ของนักเรียน ซึ่งช่วยพัฒนานักเรียนทั้งความรู้ทางวิทยาศาสตร์ และจิตวิทยาศาสตร์ โดยมีนักการศึกษาได้กล่าวถึงความสำคัญของการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ไว้ดังนี้

McNeil, Lizotte, Krajcik and Marx (2006) กล่าวว่า การสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์เป็นกิจกรรมหลักในห้องเรียนที่มีการสืบสอบทางวิทยาศาสตร์ นักเรียนให้ความสำคัญกับหลักฐานทางวิทยาศาสตร์เพื่อนำไปสู่การพัฒนาและประเมินคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ อาจจะมีการสร้างคำอธิบายทางเลือกเพื่อตรวจสอบความเข้าใจ นำเสนอและตัดสินคุณค่าของคำอธิบายที่นักเรียนสร้างขึ้น

McNeil and Krajcik (2008) ได้กล่าวถึงความจำเป็นที่จะต้องเกิดกระบวนการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ในห้องเรียนที่มีการสืบสอบทางวิทยาศาสตร์ คือ (1) เป็นหัวใจสำคัญของกระบวนการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ เพื่ออธิบายปรากฏการณ์ต่างๆที่เกิดขึ้น (2) เป็นกุญแจสำคัญของการศึกษาวิทยาศาสตร์ในระดับพื้นฐาน รวมทั้งเป็นกิจกรรมที่กำหนดในกรอบโครงสร้างของการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ (3) เป็นการส่งเสริมให้นักเรียนมองเห็นภาพของวิทยาศาสตร์

(4) ส่งเสริมให้นักเรียนเข้าใจในธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ และ (5) ส่งเสริมความเข้าใจที่ลึกซึ้งเกี่ยวกับความสำคัญของมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์

Wittwer and Renkl (2008) อธิบายว่า การสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ช่วยให้นักเรียนเข้าใจปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์ โดยเปิดโอกาสให้นักเรียนสร้างข้อสรุป โดยใช้หลักฐานที่ได้จากการสำรวจตรวจสอบเชิงประจักษ์ และการนำข้อสรุปไปใช้ในสถานการณ์ใหม่ เป็นการส่งเสริมให้นักเรียนเข้าใจปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์เพิ่มมากขึ้น

Primo and al (2010, 584) อธิบายว่า การเขียนคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์จะช่วยให้นักเรียนเข้าใจเนื้อหาและมีกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ โดยการที่นักเรียนนำเสนอข้อกล่าวอ้างนั้นเป็นการนำเสนอตัวแทนความคิด กลวิธี หรือการดำเนินการของปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้น โดยการที่นักเรียนนำเสนอข้อกล่าวอ้างนั้นเป็นการนำเสนอตัวแทนความคิด กลวิธี หรือการดำเนินการของปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้น นอกจากนี้ยังส่งผลให้นักเรียนเกิดความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์

จากการศึกษาและวิเคราะห์งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความหมายและความสำคัญของการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ สรุปได้ว่าความสามารถในการอธิบายทางวิทยาศาสตร์เป็นความสามาถในการเขียนข้อความที่อธิบายปรากฏการณ์ โดยใช้ข้อกล่าวอ้างที่มีหลักฐานสนับสนุนและใช้การเขียนเหตุผลมาแสดงความสัมพันธ์ของหลักฐานที่สนับสนุนข้อกล่าวอ้างได้ มีความสำคัญกับนักเรียนในยุคปัจจุบัน ซึ่งชี้ให้เห็นถึงเหตุผลของการเกิดปรากฏการณ์นั้นๆ โดยมีหลักฐานสนับสนุนคำตอบ รวมทั้งการจัดกิจกรรมเปิดโอกาสให้ได้ลงมือปฏิบัติจริง ทำให้นักเรียนเป็นผู้ค้นพบองค์ความรู้ด้วยตนเอง ช่วยให้นักเรียนเข้าใจปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์ โดยเปิดโอกาสให้นักเรียนสร้างข้อสรุป โดยใช้หลักฐานที่ได้จากการสำรวจตรวจสอบเชิงประจักษ์ และนำหลักฐานที่ได้มาสนับสนุนข้อกล่าวอ้างและสามารถให้เหตุผลเชื่อมโยงระหว่างหลักฐานและข้อกล่าวอ้างได้

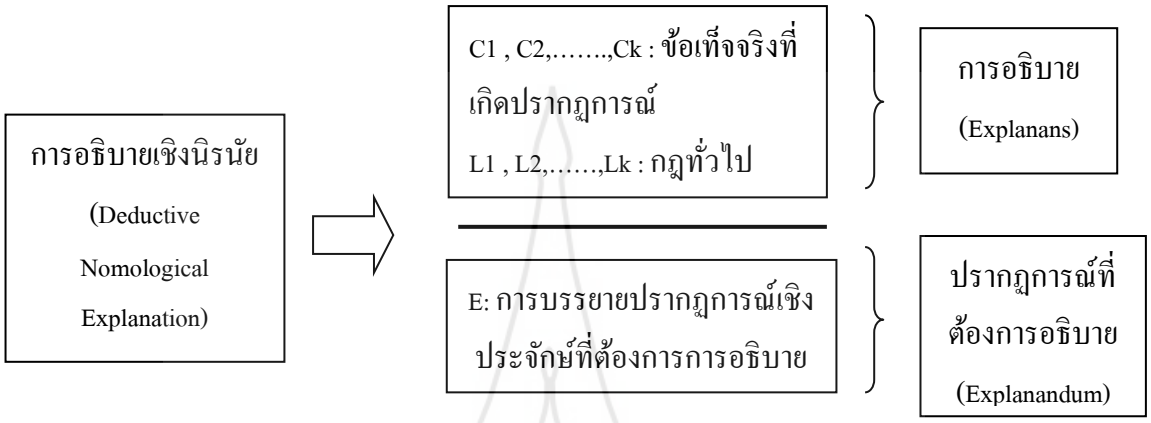
2.2 ประเภทของคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์

จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องพบว่า นักการศึกษาได้แบ่งประเภทของการอธิบายทางวิทยาศาสตร์ไว้ ดังนี้

Hempel and Oppenheim(1967, 80-84) ได้จำแนกประเภทของคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ออกเป็น 2 ประเภท ได้แก่

1. การอธิบายเชิงนิรนัย (Deductive Nomological Explanation) เป็นการอธิบายเพื่อสนับสนุนการโต้แย้งผลของปรากฏการณ์ที่ต้องการอธิบาย (Explanandum) โดยการอธิบายนั้นประกอบด้วยข้อเท็จจริงที่เกิดขึ้นในปรากฏการณ์ และกฎทางวิทยาศาสตร์ หรืออาจกล่าวว่า การอธิบายเชิงนิรนัย เป็นการอธิบายปรากฏการณ์ที่ศึกษา โดยใช้ข้อเท็จจริงของปรากฏการณ์เชื่อมโยง

กับกฎทางวิทยาศาสตร์ที่ได้รับการยอมรับ เพื่อเป็นการตอบคำถามที่ว่า “ปรากฏการณ์เกิดขึ้นได้อย่างไร” “เพราะเหตุใดปรากฏการณ์จึงเกิดขึ้นเป็นเช่นนั้น” เป็นต้น สามารถอธิบายได้ดังแผนภาพที่ 2.1 การอธิบายเชิงนิรนัย (Deductive Nomologiczl Explanation)



ภาพที่ 2.1 การอธิบายเชิงนิรนัย (Deductive Nomologiczl Explanation)

จากแผนภาพที่ 2.1 อธิบายได้ว่า ข้อเท็จจริงที่เกิดขึ้นในปรากฏการณ์ (C) เป็นเหตุให้เกิดปรากฏการณ์ที่ต้องการอธิบาย (E) โดยการอธิบายนั้นต้องอาศัยกฎทั่วไป (L) เพื่อแสดงให้เห็นว่า ข้อเท็จจริงที่เกิดขึ้นสอดคล้องกับกฎ เช่น มีผู้ชายคนหนึ่งถามว่า “ทำไมแผ่นทองแดงยาวขึ้น” แผ่นทองแดงยาวขึ้นเป็นปรากฏการณ์ที่ต้องการการอธิบาย โดยอธิบายว่า การเพิ่มความร้อนให้กับแผ่นทองแดงทำให้แผ่นทองแดงยาวขึ้นสอดคล้องกับกฎการขยายตัวเนื่องจากความร้อนของโลหะ เป็นต้น

2) การอธิบายโดยใช้กฎความน่าจะเป็น (Probalistic Explanation) เป็นการอธิบายด้วยกฎความน่าจะเป็น อาศัยค่าสถิติทางคณิตศาสตร์ของข้อเท็จจริงที่เกิดขึ้นในปรากฏการณ์อธิบาย ปรากฏการณ์ที่ต้องการอธิบาย (Explanandum) ค่าสถิติมีความเฉพาะต่อกฎและข้อเท็จจริงที่เกิดขึ้น ตัวอย่างการอธิบายโดยใช้กฎความน่าจะเป็นพบได้ในบทเรียนวิทยาศาสตร์ เช่น หลักการพื้นฐานของทฤษฎีควอนตัม ทฤษฎีการถ่ายทอดทางพันธุกรรม การแผ่รังสีของธาตุกัมมันตรังสี เป็นต้น

Hempel and Oppenheim (1967,80-84) ยังอธิบายว่าทั้งการอธิบายเชิงนิรนัยและการอธิบายโดยใช้กฎความน่าจะเป็นจะได้รับการยอมรับเมื่อการอธิบายนั้นถูกต้องและอาศัยอยู่ภายใต้ (covering laws) กล่าวคือ เป็นการอธิบายที่แสดงให้เห็นว่าสิ่งที่เกิดขึ้นหรือข้อเท็จจริงหรือปรากฏการณ์มีความสอดคล้องและเชื่อมโยงกับกฎทางวิทยาศาสตร์

Gilbert, Boulter, and Elmer (2000) เป็นนักการศึกษาวิทยาศาสตร์จำแนกประเภทของการอธิบายออกเป็น 5 ประเภทตามธรรมชาติของคำถาม

1) การอธิบายเชิงวัตถุประสงค์ (Intentional Explanatiom) เป็นการนำเสนอวัตถุประสงค์และแนวคิดสำคัญของปรากฏการณ์ พร้อมกับระบุขอบเขตของปรากฏการณ์

2) การอธิบายเชิงบรรยาย (Descriptive Explanation) เป็นการบรรยายลักษณะของปรากฏการณ์ เป็นการนำเสนอจุดเริ่มต้นของการสำรวจตรวจสอบ และวิธีการศึกษาปรากฏการณ์

3) การอธิบายเชิงตีความ (Interpretative Explanation) เป็นการอธิบายปรากฏการณ์ที่ไม่สามารถสังเกตได้โดยตรง หรือปรากฏการณ์ที่เป็นนามธรรม การอธิบายลักษณะนี้ต้องบรรยายองค์ประกอบของปรากฏการณ์ และความสัมพันธ์ระหว่างธรรมชาติของปรากฏการณ์กับเวลาในการเกิดปรากฏการณ์

4) การอธิบายเชิงเหตุผล (Causal Explanation) เป็นการระบุสาเหตุของการเกิดปรากฏการณ์ นำเสนอผลผลิตของการเกิดปรากฏการณ์จากการสังเกตพฤติกรรมผ่านกระบวนการทำงานที่แสดงสาเหตุและผลกระทบของปรากฏการณ์

5) การอธิบายเชิงทำนาย (Predictive Explanation) เป็นการประเมินค่าการอธิบายภายใต้เงื่อนไขหรือข้อกำหนดอื่นและสอดคล้องต่อทฤษฎีและแบบจำลอง บางครั้งการอธิบายลักษณะที่เป็นการอธิบายที่เกิดขึ้นในการอธิบายเชิงบรรยาย และจะเกิดการอธิบายเชิงทำนายเมื่อผ่านการอธิบายเชิงตีความและการอธิบายเชิงสาเหตุ

จากการศึกษาประเภทของคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์พบว่า มีอยู่ 2 ประเภท คือ การอธิบายเชิงนิรนัยและการอธิบายโดยการใช้กฎความน่าจะเป็น ซึ่งการอธิบาย 2 ประเภทนี้อยู่ภายใต้กฎของการยอมรับเป็นการอธิบายในรูปของเหตุผล โดยแบ่งการอธิบายออกเป็น 5 ประเภท ได้แก่ การอธิบายเชิงวัตถุประสงค์ การอธิบายเชิงบรรยาย การอธิบายเชิงตีความ การอธิบายเชิงเหตุผล และการอธิบายเชิงทำนาย ซึ่งในงานวิจัยนี้จะเป็นลักษณะของคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ประเภทการอธิบายเชิงนิรนัย (Deductive Nomologiczl Explanation) ซึ่งเป็นการอธิบายปรากฏการณ์ที่ศึกษา โดยใช้ข้อเท็จจริงของปรากฏการณ์เชื่อมโยงกับกฎทางวิทยาศาสตร์ที่ได้รับการยอมรับ เพื่อเป็นการตอบคำถามที่ว่าปรากฏการณ์เกิดขึ้นได้ เพราะเหตุใดปรากฏการณ์จึงเกิดขึ้นเป็นเช่นนั้น และยังเป็นการอธิบายเชิงเหตุผล (Causal Explanation) ซึ่งการระบุสาเหตุของการเกิดปรากฏการณ์ นำเสนอผลของการเกิดปรากฏการณ์จากการสังเกตพฤติกรรมผ่านกระบวนการทำงานหรือกระบวนการทดลองที่แสดงสาเหตุและผลกระทบของปรากฏการณ์นั้น

2.3 องค์ประกอบของคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์

McNeill and Krajcik (2006) ได้สรุปองค์ประกอบของคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์โดยปรับมาจากรูปแบบการโต้แย้งของ Toulmin (Toulmin's Model) ซึ่งรูปแบบการโต้แย้งของ Toulmin ดังตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 องค์ประกอบของคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่ปรับรูปแบบมาจากการโต้แย้งของ Toulmin

องค์ประกอบของรูปแบบการโต้แย้งของ Toulmin	องค์ประกอบของคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์
1. ข้อกล่าวอ้าง (Claim)	1. ข้อกล่าวอ้าง (Claim)
2. ข้อมูล (Data)	2. หลักฐาน (Evidence)
3. ข้อรองรับ (Warrant)	3. การให้เหตุผล (Reasoning)
4. ข้อสนับสนุน (Backing)	

องค์ประกอบของคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์สรุปได้ดังนี้

1. ข้อกล่าวอ้าง (Claim) คือการยืนยันหรือข้อสรุปของคำถาม

2. หลักฐาน (Evidence) คือ ข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ที่สนับสนุนข้อกล่าวอ้าง ซึ่งเป็นข้อมูลจากการสำรวจตรวจสอบจากหลานแห่ง เช่น การสังเกตสิ่งต่างๆ รอบตัว การอ่านวัสดุอุปกรณ์ต่างๆ การอ่านเอกสารสำคัญ การได้รับข้อมูลเพิ่มเติม เป็นต้น ซึ่งหลักฐานจะต้องเพียงพอและสนับสนุนข้อกล่าว

3. การให้เหตุผล (Reasoning) คือ การแสดงเหตุผลเชื่อมโยงระหว่างข้อกล่าวอ้างและหลักฐานสนับสนุนโดยใช้หลักการทางวิทยาศาสตร์ที่เหมาะสม

McNeill and Krajcik (2008) ได้เสนอองค์ประกอบของคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ไว้ 3 องค์ประกอบเช่นเดียวกัน คือ

1. ข้อกล่าวอ้าง (Claim) คือ คำตอบของคำถาม

2. หลักฐาน (Evidence) คือ ข้อมูลที่สนับสนุนข้อสรุป

3. การให้เหตุผล (Reasoning) คือการตัดสินใจที่แสดงว่าทำไมข้อมูลหรือหลักฐานจึงสนับสนุนข้อสรุป

ซึ่งสอดคล้องกับ Moji (2004, น.223-224) จำแนกองค์ประกอบของคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ออกเป็น 3 องค์ประกอบ ดังนี้

1) ข้อกล่าวอ้าง (claim) เป็นการลงข้อสรุปเบื้องต้นของปรากฏการณ์ที่ศึกษา โดยข้อกล่าวอ้างมีความเชื่อมโยงกับสมมติฐาน คำถามวิจัย และแสดงสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรที่ศึกษา เพื่อนำไปสู่การสำรวจตรวจสอบ

2) หลักฐาน (Evidence) เป็นข้อมูลที่ได้รับจากการสังเกต การทดลอง หรือแหล่งข้อมูลอื่นๆ เช่น การค้นคว้าจากงานวิจัย เพื่อใช้สนับสนุนข้อกล่าวอ้าง โดยข้อมูลที่ได้จากการเก็บรวบรวมต้องมีความเชื่อมโยงกับสมมติฐาน สามารถตรวจสอบสมมติฐานได้

3) การให้เหตุผล (Reasoning) เป็นการแสดงความเชื่อมโยงระหว่างหลักฐานที่ได้รับจากการสำรวจตรวจสอบ หรือจาการเก็บรวมรวมข้อมูลกับข้อกล่าวอ้าง โดยอธิบายว่า “ทำไมหลักฐานนั้นจึงสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง” หรือตอบคำถามที่ว่า “เพราะเหตุใดจึงคิดเช่นนั้น” ตัวอย่างประโยค เช่น ฉันคิดเช่นนั้น เพราะ.....เป็นต้น

Berland and Reiser (2008 อ้างอิงใน กฤตกร สภาสันติกุล,2559) อธิบายองค์ประกอบของคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ มี 3 องค์ประกอบ ดังนี้

1) ข้อกล่าวอ้าง (Claim) เป็นคำตอบของคำถามก่อนการสำรวจตรวจสอบปรากฏการณ์ที่ศึกษา โดยบรรยายหรืออธิบายเกี่ยวกับสิ่งที่เกิดขึ้น ปัจจัยที่ส่งผลต่อสิ่งที่เกิดขึ้น เป็นต้น

2) หลักฐาน (Evidence) เป็นข้อมูลที่ได้รับจากการสำรวจตรวจสอบปรากฏการณ์ที่ศึกษา เพื่อนำมาในการสนับสนุนหรือแก้ต่างข้อกล่าวอ้าง

3) การให้เหตุผล (Reasoning) เป็นการเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างหลักฐานและข้อกล่าวอ้างโดยใช้เหตุผลร่วมกัน

Primo (2010) นำเสนอองค์ประกอบของคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ออกเป็น 3 องค์ประกอบ ได้แก่

1) ข้อกล่าวอ้าง (Claim) คือการยืนยันหรือข้อสรุปของคำถาม เป็นข้อสรุปหรือคำตอบของคำถามทางวิทยาศาสตร์ ข้อกล่าวอ้างทางวิทยาศาสตร์ มุ่มเน้นไปที่การตอบคำถามที่เกี่ยวข้องกับปรากฏการณ์ที่ศึกษาว่าเกิดอะไรขึ้น เกิดขึ้นได้อย่างไร หรือเหตุใดจึงเกิดขึ้น

2) หลักฐาน (Evidence) เป็นการสำรวจตรวจสอบข้อมูลที่จะช่วยสร้าง สนับสนุนและการอ้างอิงถึงข้อกล่าวอ้าง

3) การให้เหตุผล (Reasoning) เป็นข้อความที่ตัดสินข้อกล่าวอ้าง โดยแสดงความเชื่อมโยงมโนทัศน์หรือทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์กับข้อมูลที่เป็นหลักฐานในการสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง

จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยเกี่ยวกับองค์ประกอบของคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ พบว่า องค์ประกอบโดยทั่วไปของคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ประกอบด้วย 3 ส่วนคือ ข้อกล่าวอ้าง หลักฐาน และการให้เหตุผล จึงสรุปได้ว่าองค์ประกอบของคำอธิบายทางวิทยาศาตร์มีด้วยกัย 3 องค์ประกอบ ดังต่อไปนี้

1) ข้อกล่าวอ้าง (Claim) เป็นข้อสรุปหรือคำตอบของคำถามทางวิทยาศาสตร์ ข้อกล่าวอ้างทางวิทยาศาสตร์ มุ่งเน้นไปที่การตอบคำถามที่เกี่ยวข้องกับปรากฏการณ์ที่ศึกษาว่าเกิดอะไรขึ้น เหตุใดจึงเป็นเช่นนั้น มีความเชื่อมโยงกับสมมติฐาน คำถามวิจัย และแสดงสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรที่ศึกษา

2) หลักฐาน (Evidence) เป็นการสำรวจตรวจสอบข้อมูลที่จะช่วยสร้าง สนับสนุนและการอ้างอิงถึงข้อกล่าวอ้าง ซึ่งเป็นข้อมูลจากการสำรวจตรวจสอบจากหลายแห่ง เช่น การสังเกตสิ่งต่างๆ รอบตัว การอ่านวัสดุอุปกรณ์ต่างๆ การอ่านเอกสารสำคัญ การได้รับข้อมูลเพิ่มเติม

3) การให้เหตุผล (Reasoning) เป็นข้อความที่ตัดสินข้อกล่าวอ้าง โดยแสดงความเชื่อมโยงระหว่างข้อกล่าวอ้างและหลักฐานสนับสนุนโดยใช้หลักการทางวิทยาศาสตร์ที่เหมาะสมเป็นหลักฐานในการสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง

2.4 พฤติกรรมที่บ่งชี้ของความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์

นักการศึกษาได้ระบุพฤติกรรมที่บ่งชี้ความสามารถของนักเรียนในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ไว้ดังนี้

Ruiz-Primo, Li, Tsai, and Schneider (2010) กล่าวว่า ความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ เป็นความสามารถและความเข้าใจพื้นฐานของการสืบสอบทางวิทยาศาสตร์ โดยการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ นักเรียนต้องแสดงพฤติกรรม ดังต่อไปนี้

1. ให้ความสำคัญกับหลักฐาน และสร้างประเมินคำอธิบายอย่างเป็นวิทยาศาสตร์
2. สร้างคำอธิบายจากหลักฐานที่สอดคล้องกับคำถาม
3. สร้างและปรับปรุงคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์โดยใช้ตรรกะและหลักฐาน
4. สามารถโต้แย้งโดยใช้หลักการทางวิทยาศาสตร์ รูปแบบหรือทฤษฎี

Woody (2015) กล่าวถึงลักษณะของกิจกรรมในห้องเรียนที่ส่งเสริมกระบวนการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน และระบุพฤติกรรมที่นักเรียนต้องแสดงในห้องเรียนดังนี้

1. มีการพูดคุยกันอย่างเปิดเผย แลกเปลี่ยนความคิดเห็นของตนเองในกลุ่มย่อย
2. ภายในกลุ่มควรมีสมาชิกที่มีความสามารถและทักษะความรู้ที่แตกต่างกัน เพื่อร่วมกันสร้างและตรวจสอบคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่สร้าง
3. มีกลุ่มของคำอธิบายตัวอย่างที่สร้าง เพื่อแลกเปลี่ยนความคิดเห็นกันในกลุ่มย่อย
4. การสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ให้ความสำคัญกับการอธิบายปรากฏการณ์ซ้ำไปซ้ำมามากกว่าคำอธิบายใหม่

5. กิจกรรมการสร้างและแลกเปลี่ยนคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ เป็นหัวใจสำคัญของการศึกษาวิทยาศาสตร์

จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องพบว่าพฤติกรรมบ่งชี้ของความสามารถในการอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนจะต้องให้ความสำคัญกับหลักฐาน การสร้างคำอธิบายต้องสอดคล้องกับคำถาม และสามารถปรับปรุงและสามารถโต้แย้งโดยใช้ทฤษฎีและหลักการทางวิทยาศาสตร์ได้ ต้องใช้ทักษะความรู้ที่แตกต่างกันภายในกลุ่ม และครูต้องมีกิจกรรมที่เสริมสร้างให้นักเรียนมีการแลกเปลี่ยนเรียนรู้กันเกี่ยวกับคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์

2.5 แนวทางการวัดและประเมินความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์

McNeill & Krajcik (2008, 8-13) ได้กล่าวถึงแนวทางการประเมินโดยมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. ระบุเนื้อหาที่เป็นมาตรฐานสำหรับการประเมิน

การแปลความหมายมาตรฐานการเรียนรู้จะช่วยให้สามารถ

1) แยกมาตรฐานออกมาแล้วเชื่อมโยงมโนทัศน์ต่างๆ ที่เกี่ยวข้องได้

2) สร้างมโนทัศน์ให้ชัดเจนขึ้น

3) พิจารณาถึงมโนทัศน์อื่นๆ ที่จำเป็นได้

4) เชื่อมโยงกับมาตรฐานอื่นๆ ได้

2. ระบุการปฏิบัติการสืบสอบทางวิทยาศาสตร์

การปฏิบัติการสืบสอบทางวิทยาศาสตร์ ได้แก่การออกแบบ การสร้างแบบจำลอง และการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ เป็นต้น

3. สร้างวัตถุประสงค์การเรียนรู้

การกำหนดวัตถุประสงค์นั้นเป็นตัวเชื่อมให้นักเรียนประยุกต์เนื้อหาเข้ากับการสืบสอบทางวิทยาศาสตร์ ทำให้สามารถนำความรู้ไปใช้ในการให้เหตุผลเกี่ยวกับปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์ได้

4. สร้างแบบประเมิน

แบบประเมินต้องสอดคล้องกับวัตถุประสงค์การเรียนรู้โดยให้นักเรียนนำความรู้ที่เป็นเนื้อหาและความเข้าใจคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ ทำให้สามารถนำความรู้ไปใช้ในการให้เหตุผลเกี่ยวกับปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์ได้

5. ทบทวนแบบประเมินโดยใช้คำถามดังนี้

1) ความรู้จำเป็นต้องตอบสนองต่อผลงานอย่างถูกต้องหรือไม่

2) ความรู้เพียงพอที่จะตอบสนองต่อผลงานหรือไม่ หรือการเพิ่มเติมความรู้เป็นสิ่งจำเป็นหรือไม่

3) แบบประเมินและบริบทสอดคล้องกับนักเรียนหรือไม่

การทบทวนจะช่วยให้ครูทราบว่าแบบประเมินสอดคล้องกับวัตถุประสงค์การเรียนรู้หรือไม่และแบบประเมินนั้นสามารถประเมินนักเรียนได้จริงหรือไม่

6. การพัฒนา Rubric ที่มีความจำเพาะต่อวิชา

Rubric ที่มีความจำเพาะต่อวิชาจะแตกต่างจาก Rubric พื้นฐาน คือ Rubric พื้นฐานจะบอกการประเมินอย่างคร่าวๆ แต่ Rubric ที่มีความจำเพาะต่อวิชาจะแสดงให้เห็นอย่างชัดเจนว่าเนื้อหาความรู้ที่นักเรียนควรนำมาใช้นั้นเป็นอย่างไร

2.6 ลักษณะของแบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์

National Science Teachers Association (2006) กล่าวว่า ในการวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ นักเรียนต้องสามารถนำความรู้ไปประยุกต์ใช้เพื่อแก้ปัญหาสถานการณ์ที่กำหนดให้ อธิบาย ตีความและทำนายการเปลี่ยนแปลงได้ ซึ่งจะมีตัวกระตุ้นที่ทำให้นักเรียนเกิดความสงสัย เช่น รูปภาพ ตาราง กราฟ หรือแผนภาพ รูปแบบมีทั้วแบบเลือกตอบ เติมคำตอบสั้น และเขียนอธิบาย โดยคำถามที่เขียนอธิบาย มีเกณฑ์การประเมิน คือ ตอบตรงประเด็นทั้งหมด (Full credit) ตรงบางส่วน (Partial credit) และตอบไม่ตรงประเด็น (No credit)

Songer, Kelcey, and Gotwals (2009) กล่าวว่าแบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์เป็นลักษณะข้อสอบเชิงสถานการณ์ มีข้อมูลประกอบ ได้แก่ รูปภาพ ตาราง หรือคำอธิบายประกอบ ซึ่งจะใช้เป็นหลักฐานในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ 2) ระบุหลักฐานประกอบ 3) อธิบายเหตุผลทางวิทยาศาสตร์ที่สนับสนุนคำตอบและหลักฐาน

McNeil and Krajcik (2006) สร้างและพัฒนาแบบวัดเพื่อศึกษาความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ โดยวัดความสามารถในการเขียนคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับเนื้อหาทางวิทยาศาสตร์ เช่น สารและสมบัติของสาร ปฏิกิริยาเคมี และกฎทรงมวล แบบสอบที่สร้างขึ้น แบบสอบอัตนัยประกอบด้วย ข้อมูลประกอบสถานการณ์ อาจจะเป็นรูปภาพหรือตารางแสดงผลการทดลองและข้อคำถาม ดังตัวอย่างต่อไปนี้

คาร์ลอสมีของเหลว 2 ชนิด ได้แก่ กรดบูทานิกและบูทานอล คาร์ลอสตรวจสอบปริมาณของเหลวทั้งสองชนิด แล้วนำของเหลวทั้งสองชนิดมาผสมกัน หลังจากการให้ความร้อนและคนของเหลวทั้ง 2 ชนิดเข้าด้วยกัน ทำให้เกิดสารออกเป็น 2 ชั้น คือ ชั้น A และ ชั้น B หลังจากนั้นคาร์ลอสให้หลอดหยดดูดสารตัวอย่างของแต่ละชั้น และนำไปตรวจสอบปริมาณของสาร (Number of measurement)

สาร	ปริมาตร (cm^3)	มวล (m)	ความหนาแน่น (g/cm^3)	การละลายน้ำ	จุดหลอมเหลว ($^{\circ}C$)
กรดบูทาลิก	10.18	9.78	0.96	ละลาย	- 7.9
บูทานอล	10.15	8.22	0.81	ละลาย	- 89.5
ชั้น A	2.00	1.74	0.87	ไม่ละลาย	- 91.5
ชั้น B	2.00	1.00	1.00	ละลาย	0

นักเรียนจงเขียนคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์เพื่องแสดงให้เห็นว่า เมื่อคาร์ลอสผสมกับกรดบูทานิกกับบูทานอลเกิดปฏิกิริยาเคมีหรือไม่

เกณฑ์การประเมิน (Scoring rubrics)

McNeil and Krajcik (2006) ได้สร้างเกณฑ์การประเมินคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งแบ่งเป็น 6 ประเภท ดังนี้ ดังตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.3 เกณฑ์การประเมินคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ระดับความสามารถ

ระดับความสามารถ	คำอธิบายในแต่ละระดับความสามรถ
0	ไม่ระบุองค์ประกอบหรือระบุไม่ถูกต้องในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์
1	ไม่สามารถระบุตัวอย่างที่เป็นองค์ประกอบของการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ได้
2	ระบุข้อสรุปที่มากเกินไป และไม่สามารถเชื่อมโยงตัวอย่างกับข้อสรุปได้
3	ระบุข้อสรุปที่กำกวม และไม่สามารถอธิบายตัวอย่างที่นำไปสู่ข้อสรุปได้
4	ระบุข้อสรุปได้ แต่อธิบายตัวอย่างที่นำไปสู่ข้อสรุปได้ไม่ครบ
5	ระบุองค์ประกอบของการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ได้ครบถ้วน

McNeil and Krajck (2008) ได้สร้างเกณฑ์การให้คะแนนในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ในบทเรียนเรื่องปฏิกิริยาเคมี ซึ่งแบ่งได้ 3 ระดับ คือ 0-2 และได้แบ่งประเด็นการให้คะแนนเป็น 3 ด้าน ตามองค์ประกอบของการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ ดังตารางที่ 2.4

ตารางที่ 2.4 เกณฑ์การประเมินคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์แบบทั่วไป

องค์ประกอบ	**ระดับ**		
	0	**1**	**2**
ข้อกล่าวอ้าง (ข้อความหรือข้อสรุปที่เป็นคำตอบของปัญหา)	ไม่สามารถสรุปได้หรือสรุปได้ไม่ถูกต้อง	สร้างข้อสรุปได้บางส่วน	สร้างข้อสรุปได้ถูกต้องและสมบูรณ์
หลักฐาน (ข้อมูลที่สนับสนุนข้อสรุป)	ไม่แสดงหลักฐานหรือแสดงหลักฐานที่ไม่นำไปสู่ข้อสรุป	แสดงหลักฐานที่เหมาะสมแต่ไม่เพียงพอที่จะนำไปสู่ข้อสรุป	แสดงหลักฐานที่เหมาะสมและเพียงพอที่จะนำไปสู่ข้อสรุป
การให้เหตุผล (การเชื่อมโยงระหว่างข้อสรุปกับหลักฐาน)	ไม่สามารถให้เหตุผลหรือให้เหตุผลที่ไม่เชื่อมโยงระหว่างหลักฐานกับข้อสรุป	เชื่อมโยงหลักฐานกับข้อสรุได้บางส่วนรวมถึงให้เหตุผลโดยใช้หลักการทางวิทยาศาสตร์ แต่ยังไม่เพียงพอ	เชื่อมโยงหลักฐานกับข้อสรุปได้ถูกต้องและสมบูรณ์

ตัวอย่างเครื่องมือแบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์

McNeil and Krajcik (2006) สร้างแบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ดังต่อไปนี้

1. พิจารณาข้อมูลจากตารางที่ 2.5

ตารางที่ 2.5 ลักษณะทางกายภาพได้แก่ มวล การละลายน้ำ จุดหลอมเหลว และสีของแข็งทั้ง 4 ชนิด

	มวล (g)	การละลายน้ำ	จุดหลอมเหลว (°C)	สี
ของแข็งชนิดที่ 1	65	ละลาย	136	เหลือง
ของแข็งชนิดที่ 2	38	ละลาย	175	ขาว
ของแข็งชนิดที่ 3	21	ไม่ละลาย	89	ขาว
ของแข็งชนิดที่ 4	65	ละลาย	175	ขาว

นักเรียนคิดว่าของแข็งทั้ง 4 ชนิดเป็นของแข็งชนิดเดียวกันหรือไม่ จงเขียนคำตอบในรูปคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์

1. พิจารณาข้อมูลจากตารางที่ 2.6

ตารางที่ 2.6 ปริมาตร ความหนาแน่น จุดหลอมเหลวและสีของของเหลว 4 ชนิด

	ปริมาตร (ml)	ความหนาแน่น (g/cm3)	จุดหลอมเหลว (°C)	สี
ของเหลวชนิดที่ 1	58	0.93	-98	ไม่มีสี
ของเหลวชนิดที่ 2	13	0.79	26	ไม่มีสี
ของเหลวชนิดที่ 3	38	13.6	-39	เงิน
ของเหลวชนิดที่ 4	21	0.93	-98	ไม่มีสี

นักเรียนคิดว่าของเหลวทั้ง 4 ชนิดเป็นสารชนิดเดียวกันหรือไม่ จงเขียนคำตอบในรูปคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์

จากการศึกษาเอกสารงานวิจัยเกี่ยวกับการวัดและประเมินความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ พบว่าแบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ จะเป็นข้อสอบแบบอัตนัย ประกอบด้วยสถานการณ์และข้อคำถาม โดยวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ตามเนื้อหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์

3. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์

3.1 ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์

มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช (2546) ได้ให้ความหมาย การวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนว่า เป็นการวัดความสำเร็จทางการเรียน หรือวัดประสบการณ์ทางการเรียน หรือวัดประสบการณ์ทางการเรียนที่ผู้เรียนได้รับจากการเรียนการสอน โดยวัดตามจุดมุ่งหมายของการสอน หรือวัดผลสำเร็จจากการศึกษาอบรม

กระทรวงศึกษาธิการ (2545, น.13) ได้ให้ความหมายผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนว่า หมายถึง ความสำเร็จหรือความสามารถในการกระทำใดๆ ที่ต้องอาศัยทักษะหรือความรอบรู้ในวิชาหนึ่งวิชาใดโดยเฉพาะ

ศิริชัย กาจนวาสี (2552, น.166) ให้ความหมายว่า “ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน” คือ ผลการเรียนรู้ของนักเรียนที่เกิดจากกระบวนการเรียนการสอนในช่วงเวลาหนึ่ง โดยผลการเรียนรู้อาจเป็นความรู้หรือทักษะที่บ่งบอกพฤติกรรมการเรียนรู้

เผียน ไชยศร (2531, น.321) กล่าวว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง ความสามารถของบุคคลที่ได้รับจากการเรียนรู้ ได้รับการฝึกฝน และได้รับการอบรมสั่งสอน

ล้วน สายยศ (2543, น.15) ได้ให้ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน สามารถสรุปได้ว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเป็นสิ่งที่ต้องการให้เกิดกับตัวผู้เรียนหลังจากที่กิจกรรมการจัดการเรียนรู้ที่สามารถวัดได้จากการพัฒนาการด้านสติปัญญา ความรู้สึก และทักษะกลไกของตัวผู้เรียน

นิภา เมธาวิชัย (2536, น.65) กล่าวว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหมายถึง ความรู้และทักษะที่ได้รับก่อให้เกิดการพัฒนามาจากการเรียนการสอน การฝึกฝนและการได้รับการอบรม สั่งสอน โดยครูอาศัยเครื่องมือวัดผลช่วยในการศึกษาว่านักเรียนมีความรู้และทักษะมากน้อยเพียงใด

จากการศึกษาค้นคว้างานวิจัยเกี่ยวกับความหมายขิงผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน สรุปได้ว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหมายถึง ผลการเรียนรู้ของนักเรียนที่ผู้สอนคาดหวังให้เกิดกับผู้เรียนหลังเรียน ซึ่งต้องอาศัยทักษะที่ได้รับ ก่อให้เกิดการพัฒนามาจากการเรียนการสอน การฝึกฝนและการได้รับการอบรม สั่งสอน

ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2546, น.18) ได้กล่าวถึงผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ สรุปได้ว่า คือพฤติกรรมการเรียนรู้ที่พึงประสงค์ ด้านสติปัญญา หรือความรู้ความคิดในวิชาวิทยาศาสตร์ ซึ่งสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และ

เทคโนโลยี ได้ยึดหลักแนวทางของ Klopfer (1971) ในการประเมินการเรียนรู้ด้านสติปัญญาหรือด้านความรู้ความคิด แบ่งได้ 4 ด้าน คือ

1. ความรู้ความจำ เป็นพฤติกรรมที่ผู้เรียนสามารถจดจำคำศัพท์ข้อเท็จจริง แนวความคิด กระบวนการ หลักการ ทฤษฎีต่าง ๆ

2. ความเข้าใจเป็นการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมการเรียนรู้ของผู้เรียนด้านความสามารถในการอธิบาย และให้เหตุผลเกี่ยวกับคำศัพท์ ข้อเท็จจริง แนวความคิดกระบวนการ หลักการ ทฤษฎีต่างๆ

3. กระบวนการสืบเสาะหาความรู้จากข้อมูล

4. การนำความรู้ และวิธีการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้เพื่อมุ่งหวังให้เกิดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน 3 ด้าน คือ

1) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ด้านพุทธิพิสัย

2) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ด้านจิตพิสัย

3) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ด้านทักษะพิสัย

ภพ เลาหไพบูรณ์ (2537, 295) ให้ความหมายว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์คือ ผลการเรียนรู้ที่เกิดจากกระบวนการเรียนการสอนที่ทำให้นักเรียนเกิดการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรม ผลการเรียนรู้ที่แสดงออกมาแบ่งออกเป็น 3 ด้าน ได้แก่ พุทธพิสัย ด้านจิตพิสัย และด้านทักษะพิสัย

พิมพันธ์ เดชะคุปต์ (2545, 109 - 113) กล่าวถึงความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ว่าหมายถึง ขนาดของความสำเร็จที่ได้จากกระบวนการเรียนการสอน ซึ่งสามารถจำแนกวัตถุประสงค์ทางการเรียนการสอนตามแนวคิดของ Bloom ได้ 3 ด้านคือ

1) ด้านพุทธิพิสัยคือวัตถุประสงค์ที่มุ่งพัฒนาการเรียนรู้ของผู้เรียนที่เกี่ยวกับความสามารถทางสมองและสติปัญญาด้านความรู้ ด้านความเข้าใจ ด้านการนำไปใช้ ด้านการวิเคราะห์ ด้านการสังเคราะห์และด้านการประเมินค่า

2) ด้านจิตพิสัยคือวัตถุประสงค์ที่มุ่งพัฒนาคุณลักษณะด้านจิตใจหรือความรู้สึกเกี่ยวกับความสนใจเจตคติและการปรับตัว เป็นต้น

3) ด้านทักษะพิสัยคือวัตถุประสงค์ที่มุ่งพัฒนาความสัมพันธ์ระหว่างร่างกายและสมองที่มีความสามารถในการปฏิบัติจนมีทักษะมีความชำนาญในการดาเนินงานต่าง ๆ

ในการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ด้านวิชาการตามแนวคิดของ Klopfer วัดได้จากพฤติกรรม 4 ด้าน ดังนี้

1) พฤติกรรมด้านความรู้ หมายถึง พฤติกรรมที่แสดงว่านักเรียนมีความจำเรื่องราวต่าง ๆ ที่ได้รับรู้จากการค้นคว้าด้วยกระบวนการทางวิทยาศาสตร์จากการอ่านหนังสือ และการฟังคำบรรยาย เป็นต้น

2) พฤติกรรมด้านความเข้าใจหมายถึง พฤติกรรมที่นักเรียนใช้ความคิดที่สูงกว่าความรู้ ความจำ

3) พฤติกรรมด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง พฤติกรรมที่นักเรียนแสวงหาความรู้ และแก้ปัญหาด้วยกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

4) พฤติกรรมด้านการนำความรู้และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ หมายถึง พฤติกรรมที่นักเรียนนาความรู้ มโนทัศน์ หลักการ กฎ ทฤษฎี ตลอดจนวิธีการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้แก้ปัญหาในสถานการณ์ใหม่ได้

จากการศึกษางานวิจัยและเอกสารที่เกี่ยวข้อง สรุปได้ว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ หมายถึง ผลการเรียนรู้ของนักเรียนที่เกิดจากการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ ซึ่งเกิดจากการวัดพฤติกรรมการเรียนรู้ ทั้งด้านสติปัญญา ด้านทักษะ และวิธีการ และด้านเจตคติของนักเรียน

3.2 แนวทางการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์

นักการศึกษาหลายท่านได้ศึกษาเกี่ยวกับแนวทางการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ไว้ ดังนี้

Bloom (1956, 62-200) ได้นำเสนอแนวทางในการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้านพุทธิพิสัยไว้ 6 ด้าน ได้แก่

1) ด้านความรู้ (Knowledge) เป็นพฤติกรรมที่แสดงออกถึงการรับรู้และจำปรากฏการณ์หรือสถานการณ์ต่างๆได้ ซึ่งสามารถจำแนกย่อยความรู้ ได้แก่ ความรู้เฉพาะเรื่อง ความรู้เกี่ยวกับแนวทางและวิธีการจัดการกับปัญหาเฉพาะ ความรู้เกี่ยวกับหลักการทั่วไปและความรู้ที่เป็นนามธรรมในสาขาวิชา เป็นต้น

2) ความเข้าใจ (Comprehension) เป็นความสามารถในการแปลความ การตีความ การขยายความ สรุปอ้างอิง อธิบาย บรรยายและสื่อสารเรื่องราวและเหตุการณ์ต่าง ๆ ได้

3) การนำไปใช้ (Application) เป็นความสามารถในการนำวิธีการ ทฤษฎี หลักการหรือสิ่งที่เป็นนามธรรมไปใช้ในการแก้ปัญหาหรือประยุกต์ใช้ในสถานการณ์ใหม่ได้

4) การวิเคราะห์ (Analysis) เป็นความสามารถในการแยกแยะข้อเท็จจริงต่าง ๆ จากการตั้งสมมติฐาน ซึ่งถือเป็นการหาองค์ประกอบย่อย และสามารถหาความสัมพันธ์ระหว่างความรู้ข้อมูลย่อยๆเหล่านั้น และสามารถหาหลักการของความรู้นั้นได้จากข้อสรุปและหลักฐานต่างๆ ซึ่งได้แก่ การวิเคราะห์องค์ประกอบ การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ การวิเคราะห์หลักการ เป็นต้น

5) การสังเคราะห์ (Synthesis) เป็นความสามารถในการผสมผสานส่วนย่อย เข้าเป็นเรื่องราวเดียวกัน การสังเคราะห์แบ่งออกได้เป็น การสังเคราะห์ข้อความเพื่อสื่อความหมาย การสังเคราะห์เพื่อการวางแผนโครงการ หรือแผนการดาเนินโครงการใด ๆ การสังเคราะห์ความสัมพันธ์เชิงนามธรรม เป็นต้น

6) การประเมินผล (Evaluation) เป็นความสามารถในการวินิจฉัยหรือตัดสินเกี่ยวกับคุณค่าของการกระทาสิ่งหนึ่งสิ่งใดลงไป โดยยึดถือเกณฑ์เป็นหลัก ได้แก่ การตัดสินคุณค่าโดยใช้เกณฑ์ภายใน การตัดสินคุณค่าโดยใช้เกณฑ์ภายนอก เป็นต้น

สสวท. (2546, 11) ได้นำเสนอแนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ด้านความรู้ความคิด ซึ่งสามารถประเมินได้จากพฤติกรรมการแสดงออก ของนักเรียน โดยมีองค์ประกอบ 6 ด้าน ดังนี้

1) ด้านความรู้ความจำ คือ พฤติกรรมที่แสดงออกถึงการรู้ข้อเท็จจริง จำได้หรือระลึกถึงข้อมูลหรือข้อสนเทศ

2) ด้านความเข้าใจ คือ พฤติกรรมที่แสดงออกถึงการมีความเข้าใจและสามารถอธิบายได้

3) ด้านการนำไปใช้ คือ พฤติกรรมที่แสดงออกถึงการนำความรู้ไปใช้กับสถานการณ์ที่เกิดขึ้นจริง

4) ด้านการวิเคราะห์ คือ พฤติกรรมที่แสดงออกถึงการแยกแนวคิดหลักที่ซับซ้อนออกเป็นส่วน ๆ ให้เข้าใจได้ง่าย

5) ด้านการสังเคราะห์ คือ พฤติกรรมที่แสดงออกถึงการรวบรวมความรู้และข้อเท็จจริงเพื่อสร้างองค์ความรู้ใหม่

6) ด้านการประเมินค่า คือ พฤติกรรมที่แสดงออกถึงการตัดสินใจเลือก

ภพ เลาหไพบูลย์ (2542, 39) ได้จำแนกพฤติกรรมการเรียนรู้ด้านสติปัญญาหรือความรู้ความคิดตามแนวของ Klopfer (1971) เป็น 4 ลาดับขั้นพฤติกรรม สาหรับวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ ดังนี้

1. ความรู้-ความจำ (Knowledge)

2. ความเข้าใจ (Comprehension)

3. ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ (Science Process Skills)

4. การนำความรู้และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ (Application)

ทิพย์เกสร กำปนาท และคณะ (2563) ได้เสนอพฟติกรรมการเรียนรู้ด้านพุทธิพิสัยตามแนวคิดของบลูมที่ปรับใหม่ โดยแบ่งพฤติกรรมการเรียนรู้เป็น 6 ขั้น ดังนี้

1) จำ (Remember) เป็นความสามารถการจำสาระต่ าง ๆ ของผู้เรียนที่ ได้ เรียนรู้มา พฤติกรรมการเรียนรู้ในส่วนนี้มุ่งวั ดความสามารถในการจัดเก็บความรู้(Retention) ในตัวผู้เรียน

2) เข้าใจ (Understand) เป็นความสามารถ ของบุคคลในการนำเสนอความรู้ แนวคิด ด้วยถ้อยคำ ภาษาเขียน ท่าทาง สัญลักษณ์ รูปภาพหรือวิธีการอื่นๆ ให้บุคคลอื่นทราบ โดยเน้นให้สามารถสื่อความหมาย ของสาระบทเรียนที่ได้เรียนรู้มาในรูปของการแปลความ การตี ความและการขยายความ

3) ประยุกต์ใช้ (Apply) เป็นความสามารถ ในการนำความรู้ที่ได้เรียนไปใช้แก้ปัญหาในสถานการณ์ที่ต้องเผชิญหรือเกิดขึ้นในชีวิตจริงทั้งนี้จะต้องเป็นสถานการณ์ใหม่ที่ต่างไปจากเดิม

4) วิเคราะห์ (Analyze) เป็นการพิจารณาแยกแยะเรื่องราวหรือปรากฏการณ์ใด ๆ แล้วสามารถ รู้เบื้องหลังความเป็นมาเป็นไปหรือส่วนประกอบที่เป็น รายละเอียดของสิ่งนั้น การคิดหาเหตุผลหรือคำตอบด้วยตนเองโดยใช้ข้อมูลพื้นฐานที่ตนสามารถรับรู้ได้

5) ประเมิน (Evaluate) เป็นการสรุปตัดสินคุณค่าของกิจกรรมการกระทำหรือปรากฏการณ์ ใด ๆ ตามเกณฑ์และมาตรฐานที่ กำหนด ทั้งนี้การประเมินจะเกิดขึ้นต้องเป็นการตัดสินใจที่เกี่ยวข้องกับคุณค่าการประเมิน

6) สร้างสรรค์ (Create) เป็นการคิด พัฒนาประดิษฐ์ สร้าง หรือจัดกระทำสิ่งใหม่ ๆ ให้เกิดขึ้นจาก ความคิดของผู้สร้างเอง โดยมิได้ลอกเลียนงานของผู้อื่น ในลักษณะการลอกทั้งชิ้นงาน รวมทั้งการนำสิ่งต่าง ๆ ที่มีลักษณะเป็นส่วนย่อยมาพัฒนารวมกันให้เกิดขึ้นเป็นผลงานชิ้นใหม่ที่แตกต่างไปจากเดิม

จากการศึกษาเอกสารและสารวิจัยที่เกี่ยวข้องกับแนวทางวัดและประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ สามารถแยกองค์ประกอบได้ 4 ด้าน ดังนี้ 1) ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ 2) ความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ 3) กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ 4) การนำความรู้ทางวิทยาศาสตร์ไปใช้

3.3 หลักการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์

นักการศึกษาได้นำเสนอหลักการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ไว้ดังนี้

เยาวดี รางชัยกุล วิบูลย์ศรี (2556, น.19-20) อธิบายว่า “การวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่ดีและมีคุณค่า จะต้องสร้างให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ที่ทางการศึกษากำหนดไว้ เน้นการสร้างแบบสอบที่วัดความรู้ประเภทความจำให้น้อย แต่มุ่งการวัดความสามารถในระดับสูงให้มากขึ้น อันได้แก่ความเข้าใจ การวิเคราะห์ การประเมินค่า และการประยุกต์ใช้ความรู้ การสร้างแบบสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้ ควรคำนึงข้อตกลงเบื้องต้น 3 ข้อดังนี้

1) เนื้อหา หรือทักษะที่ต้องการวัดนั้นจะต้องกำหนดอยู่ในรูปของพฤติกรรมที่มีความเฉพาะเจาะจงในลักษณะที่จะสื่อสารให้บุคคลอื่นเข้าใจตรงกันได้

2) พฤติกรรมที่ต้องการวัด จะต้องเป็นพฤติกรรมเฉพาะที่เกิดขึ้นจากการเรียนการสอนตามวัตถุประสงค์ที่ต้องการเท่านั้น จะวัดพฤติกรรมอย่างอื่นไม่ได้

3) ผลสัมฤทธิ์หรือความรู้ต่างๆ ที่ต้องการวัดนั้น ผู้เรียนทุกคนจะต้องมีโอกาสได้เรียนรู้ในเรื่องนั้นอย่างเท่าเทียมกัน กล่าวคือได้เรียนเนื้อหาสาระเหมือนกันในวิชาเดียวกัน

สมนึก ภัททิยธนี (2546) ได้สรุปหลักการการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ไว้ดังนี้

1) เขียนตอนนำให้เป็นประโยคที่สมบูรณ์และชัดเจนในเนื้อหา

2) เน้นเรื่องที่จะถามให้ชัดเจน ไม่คลุมเครือ และมีความเป็นปรนัย

3) ควรถามในเรื่องที่มีค่าต่อการวัดไม่ควรถามเฉพาะความจำตามตำรา

4) หลีกเลี่ยงคำถามปฏิเสธ ถ้าจำเป็นต้องใช้ก็ควรขีดเส้นใต้คำปฏิเสธ

5) อย่าใช้คำฟุ่มเฟือย ควรถามปัญหาโดยตรง ให้รัดกุม และชัดเจน

6) เขียนตัวเลือกให้เป็นเอกพันธ์ ให้เป็นลักษณะใดลักษณะหนึ่ง

7) ควรเรียงลำดับตัวเลขในตัวเลือกต่างๆ ได้แก่ คำถามที่เป็นตัวเลขนิยมเรียงจากน้อยไปมาก

8) ใช้ตัวเลือกปลายเปิดให้เหมาะสม ตัวเลือกปลายเปิด ได้แก่ ตัวเลือกสุดท้ายใช้คำว่า ไม่มีคำตอบถูก ที่กล่าวมาผิดหมดทุกข้อ และสรุปแน่นอนไม่ได้

9) ข้อเดียวต้องมีคำตอบเดียวและต้องสร้างข้อตัวลวงให้รัดกุม

10) เขียนตัวถูกและตัวผิดให้ถูกต้องตามหลักวิชา เช่น ให้สอดคล้องกับความเชื่อของสังคม หรือ คำพังเพยทั่วๆ ไปไม่ได้ เนื่องจากการเรียนการสอนมุ่งให้นักเรียนทราบความจริงตามหลักวิชาเป็นสำคัญจะนำความเชื่อมาอ้างอิงไม่ได้

11) เขียนตัวเลือกให้อิสระจากกัน พยายามอย่าให้ตัวเลือกใดตัวเลือกหนึ่งเป็นส่วนประกอบของตัวเลือกอื่น ต้องให้แต่ละตัวเป็นอิสระจากกันอย่างแท้จริง

12) อย่าแนะนำคำตอบให้มีหลายกรณี เช่น การใช้ข้อความคำตอบที่ถูกซ้ำกับคำถาม หรือเกี่ยวข้องกันอย่างชัดเจน

จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องพบว่า การวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนต้องมีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ ระบุพฤติกรรมที่ต้องการวัดอย่างชัดเจน เหมาะสมและสอดคล้องกับเนื้อหาวิชา และสามารถวัดพฤติกรรมการที่เรียนรู้ที่เกิดขึ้นจากการเรียนการสอนได้ สามารถนำไปประเมินระดับความสามารถของนักเรียนได้

3.4 แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์

สมนึก ภัททิยธนี (2546) กล่าวว่า แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเป็น แบบทดสอบวัด สมรรถภาพทางสมองที่นักเรียนได้รับการเรียนรู้ผ่านมาแล้ว สามารถแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ แบบวัดที่ครูสร้างขึ้นกับแบบวัดมาตรฐาน ซึ่งมีรูปแบบที่นิยมใช้ด้วยกัน 6 รูปแบบ ดังนี้

1. แบบอัตนัยหรือความเรียง (Subjective or Essay test) เป็นแบบวัดที่มีเฉพาะคาถามแล้ว ให้นักเรียนเขียนตอบอย่างอิสระตามความคิดของแต่ละคนซึ่งมีข้อดี คือสามารถวัดพฤติกรรมนักเรียน ด้านการสังเคราะห์ ลดโอกาสในการตอบเดาโดยไม่มีความรู้ในเรื่องนั้น แต่มีข้อจากัดคือจำนวนข้อใน การออกคำถามทาได้น้อย เนื่องจากแต่ละข้อจะต้องใช้เวลาตอบนานจึงวัดได้ไม่ครอบคลุมหลักสูตร หรือเนื้อหาสาระที่สำคัญ การตรวจให้คะแนน มักจะมีความคลาดเคลื่อนและใช้เวลามากในการตรวจ

2. แบบถูก -ผิด (True-false Test) เป็นแบบเลือกตอบที่มี 2 ตัวเลือก แต่ตัวเลือกดังกล่าว เป็นแบบคงที่และมีความหมายตรงกันข้ามซึ่งมีข้อดีคือ สร้างได้ง่ายได้จานวนมากข้อและครอบคลุม เนื้อหาใช้เวลาในการสอบน้อย ตรวจให้คะแนนได้ง่ายและยุติธรรม แต่มีข้อจำกัดคือในบางวิชาเป็นเรื่องยากที่จะสร้างข้อความที่เป็นจริงหรือเท็จโดยสมบูรณ์
วัดพฤติกรรมด้านความรู้ความจำมากกว่า ด้านอื่น ไม่สามารถชี้จุดอ่อนของการเรียน ได้อย่างแท้จริง มีโอกาสตอบโดยการเดาได้มากกว่าข้อสอบชนิดอื่น ๆ

3. แบบเติมคำ (Completion Test) เป็นแบบวัดที่ประกอบด้วยประโยคหรือข้อความ ที่ยังไม่สมบูรณ์แล้วให้นักเรียนเติมคาหรือประโยคหรือข้อความลงในช่องว่างที่เว้นไว้นั้นเพื่อให้มีใจความสมบูรณ์และถูกต้อง ซึ่งมีข้อดีคือสร้างได้ง่ายสะดวกรวดเร็ว สามารถสร้างคำถามวัดในเรื่องหนึ่ง ๆ ได้หลายข้อโอกาสเดาคำตอบมีน้อยมาก แต่มีข้อจากัดคือวัดความรู้ความจาเพียงอย่างเดียวการเขียนข้อความหรือประโยคนำไม่ดี อาจทำให้นักเรียนเกิดความเข้าใจที่ผิดพลาด

4. แบบตอบสั้น ๆ (Short Answer Test) คล้ายกับแบบเติมคำ แต่คำตอบที่ต้องการจะสั้นและกะทัดรัดได้ใจความซึ่งมีข้อดีคือ เดาคำตอบได้ยาก เหมาะที่จะวัดพฤติกรรม ด้านความรู้ความจำที่เกี่ยวกับความรู้เกี่ยวกับ กฎ นิยาม ทฤษฎี หลักการ และสามารถวัดข้อเท็จจริงในเนื้อหาวิชาที่เสนอในรูปแผนที่ รูปภาพ รูปจาลองต่าง ๆ แต่มีข้อจำกัดคือ ในการตรวจให้คะแนนมีข้อจากัดในด้านภาษาที่ นักเรียนสื่อความออกมา การเขียนคำตอบ ให้จาเพาะเจาะจงทาได้ยากและต้องใช้เวลาสร้างมาก วัดได้เฉพาะพฤติกรรมที่เกี่ยวกับความรู้ความจำ

5. แบบจับคู่ (Matching Test) เป็นแบบเลือกตอบชนิดหนึ่ง โดยมีคำหรือข้อความแยก ออกจากกันเป็น 2 ชุด แล้วให้นักเรียนเลือกจับคู่แต่ละข้อความในชุดหนึ่งจะคู่กับคำหรือข้อความใดในอีกชุดหนึ่ง ตามความสัมพันธ์ที่กำหนดไว้ซึ่งข้อดีคือ สร้างได้ง่าย สะดวกรวดเร็วใน

การตรวจ แต่มีข้อจำกัดคือมีโอกาสเดาค่อนข้างสูง ไม่เหมาะที่สร้างข้อสอบจำนวนมาก ๆ และการวัดให้ครอบคลุมทุกเนื้อหาทำได้ยาก

6. แบบเลือกตอบ (Multiple Choice Test) โดยทั่วไปจะประกอบด้วย 2 ตอน คือ คำถามกับตัวเลือกคำตอบ ซึ่งมีทั้งตัวเลือกที่เป็นคำตอบถูกและเป็นตัวลวง ปกติจะมีคำถาม ที่กำหนดให้นักเรียนพิจารณาแล้วหาตัวเลือกที่ถูกต้องมากที่สุดเพียงตัวเลือกเดียวจากตัวเลือกอื่น ๆ ซึ่งข้อดีคือ มี ความเที่ยงตรงสูงเพราะสามารถเขียนคำถามวัดได้ครอบคลุมทุกเนื้อหา ตรวจง่าย สะดวกรวดเร็วและ ยุติธรรม สามารถนำมาวิเคราะห์และปรับปรุงให้ดียิ่งขึ้นจนเป็นมาตรฐานได้

ภพ เลาหไพบูลย์ (2542, น.375) กล่าวว่า แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการวัดผลการเรียนรู้ โดยทำการวัดเฉพาะพฤติกรรมด้านความรู้ความคิด ซึ่งได้แก่ ความรู้-ความจำ (Knowledge) ความเข้าใจ (Comprehension) ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ (Science Process Skills) และการนำความรู้และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ (Application)

จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องพบว่า แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ หมายถึง แบบทดสอบที่ใช้วัดพฤติกรรมในด้านต่าง ๆ ตามจุดประสงค์การเรียนรู้ที่ได้กำหนดไว้ในการสอนในกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์เพื่อวัดพฤติกรรมการเรียนรู้ทางวิทยาศาสตร์

4. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

4.1 งานวิจัยภายในประเทศ

ฝนทิพย์ ธนชัยสิทธิกุล (2559) ศึกษาผลของการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานเพื่อพัฒนาความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น จำนวน 30 คน โรงเรียนบ้านห้วยทราย อำเภอแม่สะเรียง จังหวัดแม่ฮ่องสอน ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2558 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วย แผนการจัดการเรียนรู้ซึ่งออกแบบโดยใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบจำลองเป็นฐานเรื่อง สารรอบตัว จำนวน 10 แผน แบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ซึ่งออกแบบโดยประยุกต์จากแนวคิดของ Bao (2009, 586) (KR-20 = 0.85) และแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ เรื่อง สารรอบตัว (KR-20 = 0.88) ความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนสามารถวิเคราะห์จากคำตอบของนักเรียนที่ทำแบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ โดยพิจารณาตามองค์ประกอบของการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งประกอบด้วย

การลงข้อสรุปจากข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ การระบุหลักฐานประกอบการลงข้อสรุป และการชี้แจงความสัมพันธ์ระหว่างข้อสรุปและหลักฐาน ผลการวิจัยพบว่า ความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานสูงขึ้น และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่อง สารรอบตัว ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน มีค่าเฉลี่ยหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน

สุรัสวดี ปะกิระเค (2561) ศึกษาการพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง ปรากฏการณ์ของโลกและเทคโนโลยีอวกาศ สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนบ้านหนองกุงโนนทัน จำนวน 20 คน เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย ได้แก่แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน จำนวน 12 แผน แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน จำนวน 30 ข้อ และแบบวัดความคิดสร้างสรรค์จำนวน 4 ข้อ สถิติที่ใช้ในงานวิจัย ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน การทดสอบสมมติฐานโดยใช้ t-test พบว่า ประสิทธิภาพของแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานมีค่าเท่ากับ 76.51 และ 78.50 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ 75/75 คะแนนเฉลี่ยของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน มีความคิดสร้างสรรค์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ราตรี ยะคำ (2560) ได้ศึกษาแนวทางการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานที่เน้นส่งเสริมสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ เรื่อง เชื้อเพลิงซากดึกดำบรรพ์และผลิตภัณฑ์ และศึกษาผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานที่พัฒนาสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์เชิงวิทยาศาสตร์ เรื่อง เชื้อเพลิงดึกดำบรรพ์และผลิตภัณฑ์โดยกลุ่มเป้าหมายที่ศึกษา ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนวิทยาศาสตร์ภูมิภาคเหนือตอนล่าง จำนวน 24 คน ผู้วิจัยได้ดำเนินการวิจัยในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2559 การวิจัยนี้ใช้รูปแบบการวิจัยปฏิบัติการในชั้นเรียนตามวงจร PAOR ซึ่งเป็นการปฏิบัติซ้ำ 3 วงรอบ จำนวน 12 ชั่วโมง เก็บข้อมูลโดยใช้แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน จำนวน 3 แผน แบบทดสอบวัดสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ ใบกิจกรรม และแบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ ทำการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยวิธีวิเคราะห์ข้อมูลเชิงเนื้อหาและสถิติพื้นฐาน ซึ่งผลการวิจัยที่แยกตามจุดมุ่งหมายของการวิจัย แสดงดังต่อไปนี้ 1) หลักจากที่ผ่านการจัดการเรียนรู้ทั้ง 3 วงจรปฏิบัติการแล้วพบว่ากิจกรรมการเรียนรู้ที่ถูกพัฒนาโดยกระบวนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานสามารถส่งเสริมให้นักเรียนสร้างแบบจำลองเพื่ออธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ที่ครูผู้สอนให้ความสำคัญกับการตั้งคำถามเพื่อกระตุ้นให้นักเรียนแสดงความคิดเห็น อภิปราย และโต้แย้งร่วมกัน ซึ่งกระบวนการจัดการเรียนรู้มีทั้งหมด 7 ขั้นตอน ไดแก่ 1) ขั้นเข้าถึงปรากฏการณ์ 2) ขั้น

สร้างแบบจำลอง 3) ขั้นสำรวจและตรวจสอบเชิงประจักษ์ 4) ขั้นประเมินแบบจำลอง 5) ขั้นประเมินแบบจำลองด้วยแนวคิดอื่นๆ 6) ขั้นปรับปรุงและแก้ไขแบบจำลอง และ 7) ขั้นใช้แบบจำลองทำนายและอธิบายปรากฏการณ์อื่นๆ ซึ่งกระบวนการจัดการเรียนรู้ถูกปรับปรุงและพัฒนามาจากแบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ที่ถูกใช้ในแต่ละวงจรปฏิบัติการ จากผลการวิจัยพบว่า การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานสามารถพัฒนาสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียน โดยนักเรียนที่ผ่านการจัดการเรียนรู้แบบจำลองเป็นฐาน มีคะแนนสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน ซึ่งสูงขึ้นจากวงจรปฏิบัติการที่ 1,2 และ 3 ตามลำดับ

จงกล บุญรอด (2557) ศึกษาผลของการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์โดยใช้แบบจำลองที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น กลุ่มตัวอย่างคือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนทุ่งใหญ่วิทยาคม จังหวัดนครศรีธรรมราช จำนวน 2 ห้องเรียน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยคือ แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ มีความเที่ยง 0.80 วิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติ ค่าเฉลี่ย ค่าเฉลี่ยร้อยละ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน พบว่า 1) นักเรียนกลุ่มเรียนด้วยการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์โดยใช้แบบจำลองมีคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดที่เตรียมไว้ คือ ร้อยละ 70 2) นักเรียนกลุ่มที่เรียนด้วยการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์โดยใช้แบบจำลองมีคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์สูงกว่านักเรียนที่เรียนด้วยวิธีสอนแบบทั่วไปอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 3) นักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์โดยใช้แบบจำลองมีคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์สูงกว่านักเรียนที่เรียนด้วยวิธีสอนแบบทั่วไปอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

สุทธิชาติ เปรมกมล (2558) ศึกษาผลของการสืบสอบแบบจำลองเป็นฐานที่มีต่อความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์และการให้เหตุผลของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น กลุ่มตัวอย่างคือนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนขนาดใหญ่พิเศษในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2559 จำนวน 72 คน คือ กลุ่มทดลองเรียนด้วยการสืบสอบแบบเน้นแบบจำลองเป็นฐาน จำนวน 36 คน และกลุ่มเปรียบเทียบด้วยวิธีการจัดการเรียนการสอนแบบทั่วไปจำนวน 36 คน มีการเก็บรวบรวมข้อมูลก่อนเรียนด้วยแบบวัดความสามารถในการให้เหตุผล และหลังเรียนด้วยแบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ วิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และทดสอบสมมติฐานด้วยสถิติทดสอบ ANCOVA พบว่า 1) นักเรียนที่เรียนด้วยการสืบสอบเน้นแบบจำลองเป็นฐานมีคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์เท่ากับ 18.55 จากคะแนนเต็ม 14 คะแนน ข้อมูลอยู่ในเกณฑ์ระดับดีมาก 2) นักเรียนที่เรียนด้วยการ

สืบสอบเน้นแบบจำลองเป็นฐานมีค่าเฉลี่ยนของคะแนนความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์สูงกว่านักเรียนที่เรียนด้วยวิธีการจัดการเรียนการสอนแบบทั่วไปอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 3) นักเรียนที่เรียนด้วยการสืบสอบเน้นแบบจำลองเป็นฐานมีค่าเฉลี่ยของคะแนนความสามรถในการให้เหตุผลหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 4) นักเรียนที่เรียนด้วยการสืบสอบเน้นแบบจำลองเป็นฐานมีค่าเฉลี่ยของคะแนนความสามารถในการให้เหตุผลสูงกว่านักเรียนที่เรียนด้วยวิธีจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์แบบทั่วไปอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

4.2 งานวิจัยจากต่างประเทศ

Mattox, Reiser, and Rickey (2006) ทำการวิจัยเพื่อศึกษาผลการเรียนปฏิบัติการทางเคมีโดยใช้แบบจำลอง MORE เรื่อง สารละลาย มีวัตถุประสงค์เพื่อส่งเสริมให้นักเรียนเกิดความเข้าใจเกี่ยวกับการละลายของสารและพฤติกรรมการละลายของสารประกอบในน้ำ จากผลการศึกษาว่า การจัดการเรียนปฏิบัติการทางเคมีโดยใช้แบบจำลอง ช่วยให้นักเรียนเกิดความเข้าใจแนวคิดทางเคมี และสามารถสร้างคำอธิบายผลการทดลองที่เกิดขึ้นทั้งในระดับมหาภาค (Macroscopic) และระดับโมเลกุล (Molecular) ได้

Peker and Wallace (2011) ศึกษาลักษณะการเขียนคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของการปฏิบัติการทดลองชีววิทยาของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาในประเทศสหรัฐอเมริกา ซึ่งเก็บรวบรวมข้อมูลจากการเขียนรายงานปฏิบัติการทดลองและการสัมภาษณ์นักเรียนรายบุคคล ผลการศึกษาว่า การเขียนอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนแสดงความรู้ขั้นพื้นฐานและการนำเสนอผลการศึกษาตามขั้นตอนการปฏิบัติการทดลอง โดยนักเรียนแสดงคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ภายใต้ทฤษฎีหรือหลักการทางวิทยาศาสตร์และการให้เหตุผลในการสนับสนุนผลการศึกษา

Maia and Justi (2009) ได้ศึกษาการเรียนรู้เรื่องสมดุลเคมีโดยใช้รูปแบบการสอนแบบจำลองเป็นฐาน ทำการวิจัยกับนักเรียนอายุ 14-15 ปี จำนวน 20 คน ที่โรงเรียนในประเทศบราซิล โดยมีคำถามในงานวิจัยครั้งนี้คือ การสอนโดยใช้แบบจำลองเป็นฐานจะช่วยพัฒนากระบวนการสร้างองค์ความรู้ของนักเรียนให้มีคุณภาพ เรื่อง สมดุลเคมี ได้อย่างไร ซึ่งวิธีในการจัดการเรียนการสอนจะทำกิจกรรมเป็นกลุ่ม กลุ่มละ 4-6 คน และจะต้องมีปฏิสัมพันธ์แลกเปลี่ยนความคิดเห็นระหว่างนักเรียนกับนักเรียนภายในกลุ่มเดียวกัน ระหว่างกลุ่ม ระหว่างห้องเรียน และระหว่าง ครูกับนักเรียน โดยมีขั้นตอนการจัดการเรียนการสอนโดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน จะเน้นให้นักเรียนสร้างแบบจำลองขึ้นมา ประเมินแบบจำลอง และปรับปรุงแบบจำลองที่สร้างขึ้น ซึ่งอ้างอิงกระบวนการจัดการเรียนการสอนของ Justi and gilbert (2002) สำหรับเครื่องมือเครื่องใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลในงานวิจัยครั้งนี้ คือ 1) ผลงานของนักเรียน ที่สร้างและเขียนขึ้นมา 2) บันทึก

VDO เพื่อดูพฤติกรรมของนักเรียนระหว่างจัดการเรียนการสอนโดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ผลการวิจัยพบว่า แบบจำลองสามารถช่วยพัฒนากระบวนการสร้างองค์ความรู้ของนักเรียน ให้มีคุณภาพให้มีคุณภาพ นั่นคือ ในการจัดการเรียนการสอนโดยใช้แบบจำลองเป็นฐานนักเรียนจะได้สรุปเนื้อหาประเด็นต่างๆ ออกมาในรูปแบบจำลองที่สามารถทำความเข้าใจได้ง่าย อีกทั้งระหว่างการจัดการเรียนการสอนนักเรียนจะปฏิสัมพันธ์และร่วมอภิปรายระหว่างเพื่อนร่วมห้องและเพื่อนต่างห้องเรียนที่เรียนเนื้อหาเหมือนกัน และมีปฏิสัมพันธ์กับครูผู้สอน ส่งผลทำให้นักเรียนมีกระบวนการเรียนรู้ที่ดีและสร้างองค์ความรู้ได้ด้วยตนเอง

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องทั้งภายในประเทศและต่างประเทศ สรุปได้ว่า การจัดการเรียนรู้แบบจำลองเป็นฐานมีจุดเด่นที่จะช่วยพัฒนาความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ ดังนี้ 1) ทำให้นักเรียนพัฒนาความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ตามองค์ประกอบของการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งประกอบด้วย การลงข้อสรุปจากข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ การระบุหลักฐานประกอบการลงข้อสรุปและการชี้แจงความสัมพันธ์ระหว่างข้อสรุปและหลักฐาน ซึ่งสอดคล้องกับความสามารถในการอธิบายทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งจะมีการลงข้อสรุปของคำถามหรือข้อกล่าวอ้าง การระบุหลักฐานเพื่อสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง และการให้เหตุผลเชื่อมโยงระหว่างข้อกล่าวอ้างและหลักฐานได้ และการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานสามารถพัฒนาสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนได้ 2) การจัดการเรียนรู้แบบจำลองเป็นฐาน เน้นให้นักเรียนเรียนรู้จากการลงมือปฏิบัติจริงซึ่งจะทำให้นักเรียนเข้าใจและได้เรียนรู้เกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ผ่านแบบจำลองที่นักเรียนสร้างขึ้น และทำให้นักเรียนสามารถอธิบายปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นได้ว่าเหตุใดจึงเป็นเช่นนั้น ส่งผลให้มีการพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์โดยการจัดการเรียนรู้ที่ใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง วัสดุและสสาร ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนบ้านหนองปรือ จังหวัดนครราชสีมา มีขั้นตอนการดำเนินการวิจัย ดังนี้

1. รูปแบบการวิจัย
2. กลุ่มตัวอย่าง
3. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
4. การเก็บรวบรวมข้อมูล
5. การวิเคราะห์ข้อมูล

1. รูปแบบการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลองเบื้องต้น (Pre-experimental Design) โดยมีรูปแบบการวิจัยแบบกลุ่มเดียววัดสองครั้ง (One Group Pretest-Posttest Design) เลือกกลุ่มเป้าหมายแบบเจาะจง และมีการเก็บรวบรวมข้อมูลทั้งก่อนและหลังกิจกรรมการเรียนรู้ดังรูปแบบในการวิจัย ดังแผนภาพ

O_1---------- X ---------- O_2

ภาพที่ 3.1 แบบแผนการวิจัย

O_1 หมายถึง การเก็บข้อมูลก่อนการจัดการเรียนรู้

O_2 หมายถึง การเก็บข้อมูลหลังการจัดการเรียนรู้

X หมายถึง การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

2. กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนบ้านหนองปรือ อำเภอห้วยแถลง จังหวัดนครราชสีมา ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2563 มีจำนวนนักเรียน 22 คน เป็นเพศชาย 12 คน เพศหญิง 10 คน จำนวน 1 ห้องเรียน ได้มาโดยการเลือกแบบเจาะจง

3. ระยะเวลาที่ศึกษา

ระยะเวลาที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล คือ เดือนกุมาพันธ์ถึงเดือนมีนาคม ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2563 รวมระยะเวลาทั้งหมด 6 สัปดาห์ โดยการจัดการเรียนรู้เป็นระยะเวลา 3 คาบต่อสัปดาห์ คาบเรียนละ 60 นาที รวม 18 ชั่วโมง

4. เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย

4.1 แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง วัสดุและสสาร ชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 5 แผนการเรียน เวลา 18 ชั่วโมง ซึ่งมีขั้นตอนการสร้างและหาคุณภาพดังต่อไปนี้

4.1.1 ศึกษาหลักสูตรและตัวชี้วัดของสาระการเรียนรู้ที่ 2 วิทยาศาสตร์กายภาพ มาตรฐาน ว 2.1 ตัวชี้วัดที่ ป 4/1, ป 4/2 ป 4/3 ของกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551

4.1.2 ศึกษาค้นคว้าและรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวกับสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เรื่อง วัสดุและสสาร เพื่อเป็นข้อมูลใช้ในการเขียนแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

4.1.3 ศึกษาหลักการ แนวคิด และขั้นตอนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน จากเอกสารและงานวิจัยต่างๆที่เกี่ยวข้อง ตลอดจนปรึกษาอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ จึงได้ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ดังนี้

ขั้นที่ 1 การสร้างแบบจำลองทางความคิด เป็นขั้นที่กระตุ้นให้นักเรียนแสดงแบบจำลองความคิดของตนเองเพื่อ ตรวจสอบความรู้เดิม/ความรู้พื้นฐานของนักเรียน โดยครูจะให้นักเรียนสังเกตปรากฏการณ์ทางเคมีที่เกี่ยวข้องกับเรื่องที่ต้องการตรวจสอบ

ขั้นที่ 2 การทดสอบแบบจำลอง เป็นขั้นตอนที่ให้นักเรียนจำลองปรากฏการณ์ทาง ปรากฏการณ์ที่จะศึกษา ผ่านกระบวนการทดลอง/ทดสอบที่สังเกตหรือวัดได้ ผลที่ได้จากการ

ทดลองจะเป็นข้อมูล/หลักฐานเชิงประจักษ์ นักเรียนจะต้องสร้างแบบจำลองในระดับอนุภาค/สัญลักษณ์ให้มีความสอดคล้องกับผลการทดลอง

ขั้นที่ 3 การดัดแปลงแก้ไขแบบจำลอง เป็นขั้นที่แต่ละกลุ่มนำเสนอแบบจำลองที่กลุ่มตนเองสร้างขึ้น ขั้นนี้ครู และเพื่อนกลุ่มอื่นสามารถซักถาม อภิปรายร่วมกัน นักเรียนจะได้เห็นความแตกต่างของแบบจำลอง ซึ่งจะเกิดกระบวนการ โน้มน้าวจนมีการดัดแปลงแก้ไขแบบจำลองจนกระทั่งสามารถใช้อธิบายปรากฏการณ์ได้

ขั้นที่ 4 การขยายแบบจำลอง ในขั้นนี้นักเรียนจะใช้แบบจำลองที่ผ่านการแก้ไขแล้ว มาอธิบายและทำนายปรากฏการณ์ อื่นๆ ซึ่งจะทำให้นักเรียนมั่นใจว่าแบบจำลองที่ตนสร้างขึ้นสามารถอธิบายปรากฏการณ์อื่นได้

4.1.4 กำหนดกิจกรรมการเรียนรู้ สื่อการเรียนรู้ รวมทั้งการวัดและประเมินผลโดยพิจารณาให้สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้ของแต่ละหัวข้อเรื่อง และความสอดคล้องกับรูปแบบการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

4.1.5 สร้างแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน จำนวน 5 แผน ใช้เวลาทั้งสิ้น 18 คาบ คาบละ 60 นาที ดังตารางที่ 3.1 ซึ่งแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้จะประกอบด้วย มาตรฐานการเรียนรู้ ตัวชี้วัดสาระสำคัญ จุดประสงค์การเรียนรู้ สาระการเรียนรู้ การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน สื่อและแหล่งการเรียนรู้ การวัดและประเมินผล โดยกระบวนการจัดการเรียนรู้ประกอบด้วย 4 ขั้นตอน คือ 1) การสร้างแบบจำลองทางความคิด 2) การทดสอบแบบจำลอง 3) การดัดแปลงแก้ไขแบบจำลอง 4) การขยายแบบจำลอง โดยในแต่ละขั้นของการจัดการเรียนการสอนจะเน้นการจัดกิจกรรมที่สนับสนุนให้ผู้เรียนได้พัฒนาความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์

ตารางที่ 3.1 หัวข้อและเนื้อหาและจำนวนคาบที่ใช้ในการเขียนแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานวิชาวิทยาศาสตร์เรื่องวัสดุและสสาร

แผนการจัดการเรียนรู้ที่	**เรื่อง**	**จำนวนคาบ**
1	สมบัติด้านความแข็งของวัสดุ	3
2	สมบัติด้านสภาพความยืดหยุ่นของวัสดุ	3
3	สมบัติการนำความร้อนของวัสดุ	3
4	สมบัติการนำไฟฟ้าของวัสดุ	3
5	สถานะของของแข็ง ของเหลว และแก๊ส	6
	รวม	18

4.1.6 นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่ผู้วิจัยดำเนินการพัฒนาขึ้นเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์เพื่อพิจารณาตรวจสอบความถูกต้องและความสอดคล้องระหว่างความตรงของเนื้อหาและความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้ ได้แก่ จุดประสงค์การเรียนรู้ สาระสาคัญ กิจกรรมการเรียนรู้ การวัดและประเมินผล สื่อ และเอกสารประกอบกิจกรรม จากนั้นนำแผนการจัดการเรียนรู้มาปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะของอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

4.1.7 นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่ปรับปรุงแก้ไขแล้วไปให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน (ดังรายนามผู้เชี่ยวชาญในการตรวจคุณภาพเครื่องมือวิจัยในภาคผนวก) พิจารณาความเหมาะสมในด้านความเที่ยงตรงของเนื้อหา ความสอดคล้องระหว่างจุดประสงค์ เนื้อหา การจัดกระบวนการเรียนรู้และการประเมินผลของแผนการจัดการเรียนรู้ทั้ง 5 แผน (ดังแสดงรายละเอียดการหาความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้ในภาคผนวก) โดยใช้เกณฑ์พิจารณาดังนี้

5 หมายถึง มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด

4 หมายถึง มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมาก

3 หมายถึง มีความเหมาะสมอยู่ในระดับปานกลาง

2 หมายถึง มีความเหมาะสมอยู่ในระดับน้อย

1 หมายถึง มีความเหมาะสมอยู่ในระดับน้อยที่สุด

4.1.8 นำผลการประเมินความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้ที่ผ่านการตรวจสอบจากผู้เชี่ยวชาญทั้งหมดมาคำนวณหาค่าเฉลี่ย และค่าเฉลี่ยในแต่ละด้าน แล้วนำมาเปรียบเทียบกับเกณฑ์การประเมิน และนำค่าเฉลี่ยความเหมาะสมมาแปลความหมายของแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้ ดังนี้

4.50 – 5.00 หมายถึง มีความเหมาะสมมากที่สุด

3.50 – 4.49 หมายถึง มีความเหมาะสมมาก

2.50 – 3.49 หมายถึง มีความเหมาะสมปานกลาง

1.51 – 2.49 หมายถึง มีความเหมะสมน้อย

1.00 – 1.49 หมายถึง มีความเหมาะสมน้อยที่สุด

4.1.9 จากการนำแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำองเป็นฐาน เรื่อง วัสดุและสสาร ทั้ง 5 แผน ตรวจสอบโดยผู้เชี่ยวชาญทั้งหมด 3 ท่าน ผลการประเมินความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้ ค่าเฉลี่ยรวมอยู่ที่ 4.87 คะแนน หมายถึงแผนการจัดการเรียนรู้มีความเหมาะสมมากที่สุด

4.1.10 ตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง สมบัติด้านสภาพความยืดหยุ่นของวัสดุ

กิจกรรมการเรียนรู้

ขั้นที่ 1 การสร้างแบบจำลองทางความคิด

ครูแจกหนังสติ๊ก ให้นักเรียนคนละ 1 เส้น แล้วให้นักเรียนดึงหนังสติ๊กออกแรงให้มากที่สุด แล้วปล่อยมือออกข้างหนึ่ง สังเกตสภาพของหนังสติ๊ก นักเรียนแสดงความคิดเห็นเกี่ยวกับหนังสติ๊กกลับที่สภาพเดิม เมื่อหยุดออกแรงโดยการปล่อยมือออกข้างหนึ่งครูแจกหนังยางให้นักเรียน ครูถามต่อไปอีกว่าเราจะทราบถึงคุณสมบัติสภาพความยืดหยุ่นของวัสดุได้อย่างไร จากนั้นครูถามต่อไปว่า นักเรียนคิดว่าวัสดุใดบ้างที่มีคุณสมบัติความยืดหยุ่น จากนั้นให้นักเรียนวาดรูปสัญลักษณ์แสดงความยืดหยุ่นของวัสดุแต่ละชนิดโดยเรียงลำดับวัสดุที่มีความยืดหยุ่นมากไปยังวัสดุที่มีความยืดหยุ่นน้อย ครูและนักเรียนอภิปรายเกี่ยวกับสัญลักษณ์ที่นักเรียนสร้างขึ้นร่วมกัน

ขั้นที่ 2 การทดสอบแบบจำลอง

ให้นักเรียนทำการทดลองเรื่องสภาพความยืดหยุ่นของวัสดุ เมื่อได้ผลการทดลองแล้วให้นักเรียนสรุปผลการทดลอง จากนั้นให้นักเรียนตรวจสอบความสอดคล้องกับแบบจำลองทางความคิดที่สร้างขึ้น ครูให้นักเรียนใช้ดินน้ำมันแสดงความยืดหยุ่นของวัสดุ โดยใช้ขนาด รูปร่างของดินน้ำมัน หรืออาจปั้นเป็นสัญลักษณ์เพื่อแสดงการเรียงลำดับยืดหยุ่นของวัสดุ และใช้สีของดินน้ำมันแบ่งวัสดุที่มีสภาพความยืดหยุ่นและไม่มีสภาพความยืดหยุ่นของวัสดุ และนักเรียนต้องสามารถอธิบายแบบจำลองที่ตนเองสร้างขึ้นมาได้ว่าแบบจำลองที่นักเรียนสร้างขึ้นแสดงค่าความยืดหยุ่นของวัสดุอย่างไร เช่น ขนาดดินน้ำมันขนาดใหญ่ แทนความยืดหยุ่นมาก ขนาดดินน้ำมันขนาดเล็ก แทนความยืดหยุ่นที่น้อยกว่าที่น้อยกว่า

ขั้นที่ 3 การดัดแปลงแก้ไขแบบจำลอง

แต่ละกลุ่มนำเสนอแบบจำลองที่กลุ่มตนเองสร้างขึ้น ขั้นนี้ครูและเพื่อนกลุ่มอื่นสามารถซักถาม อภิปรายร่วมกัน นักเรียนจะได้เห็นความแตกต่างของแบบจำลอง ซึ่งจะกิดกระบวนการโน้มน้าวจนเกิดการเปลี่ยนแปลงแก้ไขแบบจำลอง จากนั้นครูแจกใบความรู้เรื่องสภาพความยืดหยุ่นของวัสดุเพื่อให้นักเรียนมีความเข้าใจในเนื้อหาที่ถูกต้องมากขึ้น และนำความรู้มาดัดแปลงแก้ไขแบบจำลองให้ดียิ่งขึ้น

.

ขั้นที่ 4 การขยายแบบจำลอง

นักเรียนจะใช้แบบจำลองที่ผ่านการแก้ไขแล้ว มาอธิบายและทำนายปรากฏการณ์อื่นๆ เช่น นักเรียนสามารถใช้แบบจำลองในการบอกคุณสมบัติของสภาพความยืดหยุ่นของวัสดุอื่นได้

4.2 แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์

แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ เป็นแบบปรนัย 4 ตัวเลือก จำนวน 40 ข้อ ซึ่งผู้วิจัยสร้างขึ้น เพื่อใช้วัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง วัสดุและสสาร ดำเนินการตรวจสอบคุณภาพตามขั้นตอน ดังนี้

4.2.1 ศึกษาเอกสารและงานวิจัยเกี่ยวข้องกับแนวทางการวัดและประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์

4.2.2 ศึกษาและวิเคราะห์มาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัดของหลักสูตรกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ พุทธศักราช 2551 เพื่อกำหนดกรอบเนื้อหาให้ครอบคลุมกับกน่วยการเรียนรู้ เรื่อง วัสดุและสสาร

4.2.3 วิเคราะห์ตัวชี้วัด เนื้อหา จุดประสงค์การเรียนรู้ และพฤติกรรมที่ต้องการวัด เพื่อกำหนดสัดส่วนของแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ให้เหมาะสมต่อตัวชี้วัดและเนื้อหาที่ต้องการวัดตามพฤติกรรมการเรียนรู้ทั้งหมด 6 ด้าน คือความรู้ความจำ ด้านความเข้าใจ ด้านการนำไปใช้ ด้านการวิเคราะห์ ด้านการสังเคราะห์ และด้านการประเมินค่า ดังตารางที่ 3.2

4.2.4 สร้างแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ให้สอดคล้องกับพฤติกรรรที่ต้องการวัด โดยสร้างเป็นแบบปรนัย 4 ตัวเลือก จำนวน 40 ข้อ กำหนดเกณฑ์การให้คะแนนแต่ละข้อ คือ ตอบถูกให้ 1 คะแนน ตอบผิด หรือไม่ตอบ หรือตอบมากกว่า 1 ข้อ ให้ 0 คะแนน

4.2.5 นำแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ที่สร้างขึ้น นำเสนออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ เพื่อตรวจสอบความถูกต้อง เหมาะสมด้านเนื้อหา ความสอดคล้องกับพฤติกรรมการเรียนรู้ และภาษาที่ใช้ในการเขียนข้อสอบ แล้วนำมาปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำของอาจารย์ที่ปรึกษา

4.2.6 นำแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ที่ได้รับการปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำของอาจารย์ที่ปรึกษาให้ผู้ทรงคุณวุฒิ 3 ท่าน พิจารณาความตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหา โดยพิจารณาจากค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับเนื้อหาที่ต้องการวัด โดยกำหนดเกณฑ์ในการคัดเลือกข้อสอบที่มีคุณภาพควรมีดัชนีความสอดคล้องมากกว่าหรือเท่ากับ 0.5 ขึ้นไป รวมถึงการตรวจสอบความถูกต้องของข้อคำถาม ตัวเลือก และตัวลวง และความถูกต้อง

เหมาะสมของแบบทดสอบ จากนั้น จึงนำคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญทั้ง 3 ท่าน มาปรับปรุงแก้ไข ผลการวิเคราะห์ดัชนีความสอดคล้อง IOC ของแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เรื่อง วัสดุและสสาร จำนวน 40 ข้อพบว่า ข้อสอบที่ใช้ได้มี จำนวน 39 ข้อสอบมีค่าดัชนีความสอดคล้องต่ำกว่า 0.5 จำนวน 1 ข้อ

3.2.7 นำแบบทดสอบที่ได้รับการปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญและเสนอให้อาจารย์ที่ปรึกษา เพื่อตรวจสอบและอนุมัติให้นำแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนไปทดลองใช้กับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 23 คน ที่ผ่านการเรียน เรื่อง วัสดุและสสาร แล้ว

4.2.8 นำผลการทดสอบมาตรวจให้คะแนน แล้วนำผลคะแนนมาวิเคราะห์คุณภาพของแบบทดสอบทั้งฉบับและรายข้อ สำหรับการตรวจสอบคุณภาพของแบบทดสอบทั้งฉบับ เป็นการพิจารณาจากค่าความเที่ยง โดยใช้สูตรคูเดอร์-ริชาร์ดสัน (KP-20) ส่วนการตรวจสอบคุณภาพของแบบทดสอบรายข้อพิจารณาจากค่าความยาก (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) โดยมีเกณฑ์การพิจารณาคัดเลือกข้อสอบ คือ ค่าความยากอยู่ในช่วง 0.2-0.8 และค่าอำนาจจำแนก ตั้งแต่ 0.2 ขึ้นไป ซึ่งจากผลการวิเคราะห์คุณภาพได้ค่าความเที่ยงเท่ากับ 0.63 ค่าความยากอยู่ระหว่าง 0.22-0.48 และค่าอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง 0.26 – 0.96 โดยผู้วิจัยได้เลือกข้อสอบที่ผ่านเกณฑ์การวิเคราะห์คุณภาพมาจำนวน 35 ข้อ

4.2.9 นำแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ที่แก้ไขปรับปรุงแล้วเสนอให้อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์พิจารณาตรวจสอบความถูกต้องอีกครั้ง จากนั้นนำไปใช้จริงในการวิจัย

4.3 แบบวัดความสามารถการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์

แบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ เป็นแบบสอบอัตนัย ประกอบด้วยสถานการณ์ ข้อมูลประกอบสถานการณ์ เช่น ตาราง รูปภาพ เป็นต้น และข้อคำถาม จำนวน 10 ข้อ ซึ่งผู้วิจัยเป็นผู้สร้างขึ้น เพื่อวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง วัสดุและสสาร ดำเนินการสร้างและตรวจสอบคุณภาพตามขั้นตอน ดังนี้

4.3.1 ศึกษาความหมายของแต่ละองค์ประกอบของคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ พบว่าคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ ข้อสรุแของปรากฏการณีที่ศึกษา โดยใช้หลักฐานในการสนับสนุนคำตอบและหลักการทางวิทยาศาสตร์เชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างหลักฐานกับข้อสรุปแบ่งออกเป็น 3 องค์ประกอบ ได้แก่ (1) ข้อกล่าวอ้าง(Claim) (2) หลักฐาน (Evidence) (3) การให้เหตุผล (Reasoning)

4.3.2 ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับแนวทางในการสร้างแบบทดสอบทางวิทยาศาสตร์ พบว่า การสร้างแบบวัดคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ พบว่าแบบวัดคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ครอบคลุมเนื้อหาทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งเป็นไปตามแนวคิดของ McNeil (2006, 170 -190)

4.3.3 วิเคราะห์มาตรฐานการเรียนรู้ ตัวชี้วัด และเนื้อกาในรายวิชาวิทยาศาสตร์พื้นฐาน ชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 ตามหลักสูตรแกนกลางของกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ พุทธศักราช 2551 เพื่อกำหนดเนื้อหาใช้ในการออกข้อสอบเรื่อง วัสดุและสสาร

4.3.4 กำหนดโครงสร้างแบบวัดความสามารถในการอธิบายทางวิทยาศสตร์ให้ครอบคลุมเนื้อกา เรื่อง วัสดุและสสาร โดยออกข้อสอบจำนวน 5 ข้อ และกำหนดเวลาในการทำข้อสอบจำนวน 1 ชั่วโมง การคัดเลือกเนื้อหาสาระในการออกข้อสอบผู้วิจัยพิจารณาจากเนื้อหาการสอนที่ใช้ในการวิจัย ดังตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.2 เนื้อหาในการสร้างแบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4

หน่วยการเรียนรู้	**หน่วยย่อย**	**เนื้อหา**
วัสดุและสสาร	สมบัติของสสาร	สมบัติด้านความแข็งของวัสดุ
		สมบัติด้านสภาพความยืดหยุ่นของวัสดุ
		สมบัติการนำความร้อนของวัสดุ
		สมบัติการนำไฟฟ้าของวัสดุ
	สถานะของสสาร	สถานะของของแข็ง ของเหลว และแก๊ส

4.3.5 การพิจารณาให้คะแนนจะให้ตาม Rubric เกณฑ์การประเมินคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ Base Robric CERR สำหรับข้อกล่าวอ้าง (Claim) หลักฐาน (Evidence) การให้เหตุผล (reasoning) ของ McNaill & Krajcik (2008) โดยการกำหนดรายการประเมิน 3 รายการ แต่ละรายการกำหนดระดับคะแนน 3 ระดับ ดังนั้นแบบวัดความสามารถในการอธิบายทางวิทยาศาสตร์มีระดับคะแนนตั้งแต่ 0-30 คะแนน โดยกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ และพฤติกรรมบ่งชี้ความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ ตามองค์ประกอบของคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ ดังตารางที่ 3.4

ตารางที่ 3.3 นิยามเชิงปฏิบัติการและพฤติกรรมบ่งชี้ความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ตามองค์ตามองค์ประกอบของคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์

สิ่งที่ต้องการวัด	นิยามเชิงปฏิบัติการ	พฤติกรรมบ่งชี้
1. ข้อกล่าวอ้าง (Claim)	การยืนยันข้อสรุปของคำถามหรือปรากฏการณ์	ผู้เรียนต้องระบุข้อกล่าวอ้างที่เชื่อมโยงกับคำถามได้ถูกต้องและชัดเจน
2. หลักฐาน (Evidence)	ข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ที่สนับสนุนข้อกล่าวอ้าง	ผู้เรียนต้องระบุข้อมูลที่สนับสนุนข้อกล่าวอ้าง ซึ่งเป็นข้อมูลที่ได้มาจากการสำรวจ
3. การให้เหตุผล (reasoning)	การแสดงเหตุผลเชื่อมโยงระหว่างข้อกล่าวอ้างและหลักฐานสนับสนุนโดยใช้หลักการทางวิทยาศาสตร์ที่เหมาะสม	ระบุเหตุผลที่เชื่อมโยงระหว่างข้อกล่าวอ้างและหลักฐานโดยใช้ความรู้หรือทฤษฎีที่มีอยู่เดิมมาอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างข้อกล่าวอ้างและหลักฐานได้

4.3.6 นำแบบวัดความสามารถในการอธิบายทางวิทยาศาสตร์ให้อาจารย์ที่ปรึกษาตรวจสอบความถูกต้อง พิจารณาความสอดคล้องของสถานการณ์และข้อมูลประกอบสถานการณ์แล้วนำแบบวัดมาปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะของอาจารย์ที่ปรึกษา

4.3.7 จากนั้นนำแบบวัดที่ปรับปรุงแก้ไขแล้ว ให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน พิจารณาตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหาโดยพิจารณาความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับนิยามเชิงปฏิบัติการของคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ ตลอดจนให้ข้อเสนอแนะเกี่ยวกับความชัดเจนและความเหมาะสมของภาษาที่ใช้ในแบบวัด การกำหนดเกณฑ์ในการคัดเลือกข้อสอบที่มีคุณภาพ ควรมีดัชนีความสอดคล้องเท่ากับ 0.5 ขึ้นไป พบว่า ข้อสอบทั้ง 10 ข้อ มีค่าดัชนีความสอดคล้องมากกว่า 0.5 ทุกข้อ

4.3.8 นำแบบวัดที่ได้รับการปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญแล้วนำเสนอให้อาจารย์ที่ปรึกษาตรวจสอบและนำแบบวัดการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ไปทดลองใช้กับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 22 คน ที่ผ่านการเรียนเรื่อง วัสดุและสสาร จำนวน 10 ข้อ

4.3.9 นำผลการทดสอบมาตรวจให้คะแนน แล้วนำผลคะแนนมาวิเคราะห์คุณภาพของแบบวัดทั้งฉบับและรายข้อ โดยใช้ข้อมูลสูตรสัมประสิทธิ์แอลฟา (α -Coefficient) ของคอนบาร์คส่วนการตรวจสอบคุณภาพของแบบวัดรายข้อพิจารณาจากความยากง่าย (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) โดยมีเกณฑ์การพิจารณาคัดเลือกข้อสอบ คือ ค่าความยากอยู่ในช่วง 0.2-0.8 และค่าอำนาจจำแนก ตั้งแต่ 0.2 ขึ้นไป จากผลการวิเคราะห์คุณภาพของแบบวัดการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ พบว่า มีค่าความเที่ยงเท่ากับ 0.80 ค่าความยากอยู่ที่ระหว่าง 0.22-0.74 และค่าอำนาจจำแนกอยู่ระกว่าง 0.26-0.87 โดยผู้วิจัยได้เลือกข้อสอบที่ผ่านเกณฑ์การวิเคราะห์คุณภาพมาจำนวน 5 ข้อ

4.3.10 นำแบบวัดการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่ปรับปรุงแก้ไขแล้ว เสนออาจารย์ที่ที่ปรึกษา เพื่อพิจารณาตรวจสอบความถูกต้องอีกครั้งแล้วนำไปใช้จริงในการวิจัย

5. การเก็บรวบรวมข้อมูล

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลมีขั้นตอนการดำเนินงาน ดังนี้

5.1 ทำบันทึกข้อความเสนอไปยังผู้อำนวยการโรงเรียนบ้านหนองปรือ อำเภอห้วยแถลง จังหวัดนครราชสีมา เพื่อขอความอนุเคราะห์ในการเก็บรวบรวมข้อมูลในงานวิจัยด้วยตนเอง

5.2 ทำการทดสอบก่อนเรียน (Pre-test) กับนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง โดยใช้แบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์และแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นแล้วเก็บรวบรวมข้อมูลที่ได้ไว้เพื่อทำการวิเคราะห์ข้อมูลต่อไป

5.3 ดำเนินการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานหน่วยการเรียนรู้เรื่อง วัสดุและสสาร ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นจำนวน 5 แผน ใช้เวลาทั้งหมด 18 ชั่วโมง โดยลักษณะกิจกรรม ในขั้นสร้างแบบจำลอง นักเรียนจะได้รับการกระตุ้นจากคำถามเพื่อสำรวจความรู้เดิมออกมาสร้างเป็นแบบจำลองทางความคิดของตนเอง ซึ่งคำถามจะมีลักษณะเป็นคำถามจากสถานการณ์ที่นักเรียนคุ้นเคยและเกี่ยวข้องกับเรื่องที่ศึกษา จากนั้นนักเรียนจะต้องแสดงแบบจำลองทางความคิดของตนเองในขั้นการสร้างแบบจำลองทางความคิด ผ่านการตอบคำถามอยู่ในลักษณะ ของข้อความแนวคิด หรือสัญลักษณ์รูปภาพซึ่งในขั้นตอนนี้นักเรียนจะได้ทราบถึงความคิดของตนเองโดยมีการบันทึกไว้เพื่อนำไปสู่การตรวจสอบแบบจำลองความคิดของนักเรียนเอง ในขั้นทดสอบแบบจำลองซึ่งในขั้นนี้นักเรียนจะได้ทดสอบแบบจำลองทางความคิดของตนเองผ่านกิจกรรมการทดลองและเปรียบเทียบผลที่ได้กับแบบจำลองทางความคิดของตนเองที่ได้แสดงไว้ในตอนแรก จากนั้นนักเรียนจะนำผลการทดลองและการตอบคำถามท้ายการทดลองมาวิเคราะห์หาข้อสรุปร่วมกัน

จากนั้นนักเรียนจะร่วมกันนำเสนอแบบจำลองของตนเอง จากนั้นครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายจึงแบบจำลองที่สร้างขึ้นและให้ความรู้เพิ่มเติม เพื่อนำความรู้ที่ได้มาดัดแปลงแก้ไขแบบจำลองให้ดีขึ้น และในขั้นขยายแบบจำลองนักเรียนจะต้องใช้แบบจำลองที่ผ่านการแก้ไขแล้วมาอธิบายและทำนายปรากฏการณ์อื่นๆได้

5.4 เมื่อเสร็จสิ้นการสอน ผู้วิจัยทำการทดสอบหลังการเรียน (Post-test) กับนักเรียนโดยใช้แบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์และแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชุดเดิม แล้วเก็บรวบรวมข้อมูลการทดสอบไว้เพื่อนำมาวิเคราะห์

5.5 นำคะแนนที่ได้จากการทดสอบทั้งก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนไปทำ การวิเคราะห์สรุปผลการวิจัย

6. การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลในการวิจัยครั้งนี้ ทำการวิเคราะห์ข้อมูล 2 ตัวแปร คือ ความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนทางวิทยาศาสตร์ ดังนี้

6.1 ความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์

6.1.1 ทำการวิเคราะห์โดยพิจารณาคำตอบของนักเรียนโดยใช้องค์ประกอบในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ในการการพิจารณา โดยผู้วิจัยอ่านคำตอบของนักเรียนที่ได้จากแบบวัดความสามารถในสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนอย่างละเอียดเป็นรายข้อเพื่อตีความและวิเคราะห์คำตอบของนักเรียนโดยใช้องค์ประกอบในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ในการพิจารณา คือ สามารถระบุข้อกล่าวอ้าง (Claim) หลักฐาน (Evidence) การให้เหตุผล (Reasoning) ได้อย่างเหมาะสมและเชื่อมโยงกัน โดยผู้วิจัยจะพิจารณาคำตอบของนักเรียนที่ถูกต้องตามองค์ประกอบของการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์และพฤติกรรมที่บ่งชี้ความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่ผู้วิจัยได้กำหนดไว้

6.1.2 นำคะแนนความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน ทั้งก่อนเรียนและหลังเรียนมาจัดกลุ่มคำตอบ โดยแต่ละข้อจะแบ่งคะแนนออกเป็น 3 ระดับ ได้แก่ 0 (ปรับปรุง) หมายถึง คำตอบผิด 1 (พอใช้) หมายถึง คำตอบถูกต้องบางส่วน แต่ยังไม่ครบถ้วน และ 2 (ดี) หมายถึง คำตอบถูกต้องและสมบูรณ์ แล้วนำผลคะแนนเทียบกับเกณฑ์ที่กำหนดเพื่อแปลผลเป็นระดับความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนก่อนเรียนและหลังเรียนโดยเกณฑ์การแปลผลคะแนนดังนี้

ตารางที่ 3.4 เกณฑ์การแปลผลคะแนนความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์

ช่วงคะแนน	ระดับความสามารถ
21 - 30	ดี
11 - 20	พอใช้
0 - 10	ควรปรับปรุง

6.1.3 หาค่าความถี่และร้อยละ โดยใช้สูตร (กัญจนา ลินทรัตนศิริกุล,2535)

$$p = \frac{f}{n} \times 100$$

เมื่อ P คือ ค่าร้อยละ

f คือ ค่าความถี่ที่ต้องการแปลให้เป็นร้อยละ

n คือ ค่าจำนวนความถี่ทั้งหมด

5.2 เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ เรื่องวัสดุและสสาร ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 ที่จัดการเรียนรู้แบบจำลองเป็นฐาน ระหว่างก่อนและหลังเรียน โดยใช้แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ประกอบด้วยความรู้ เรื่อง สมบัติด้านของแข็งของวัสดุ สมบัติด้านความยืดหยุ่นของวัสดุ สมบัติการนำความร้อนของวัสดุ สมบัติการนำไฟฟ้าของวัสดุ สถานะของของแข็ง ของเหลว และแก๊ส รวมทั้งสิ้น 35 ข้อ โดยนำมาคำนวณหาค่า Normalized gain (Richard R. Hake, 1998) ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (นงลักษณ์ วิรัชชัย, 2561) สูตรการคำนวณ ดังนี้

$$< g >= \frac{[(\%\text{post} - \text{test}) - (\%\text{pre} - \text{test})]}{[(100\%) - (\%\text{pre} - \text{test})]}$$

เมื่อ <g> คือ ค่า normalized gain

%pre-test คือ ค่าเฉลี่ยของคะแนนสอบก่อนเรียนเป็นเปอร์เซ็นต์

%post-test คือ ค่าเฉลี่ยของคะแนนสอบหลังเรียนเป็นเปอร์เซ็นต์

ค่า normalized gain แบ่งออกเป็น 3 ระดับ ดังนี้

1. High gain ค่า $<g> \geq 0.7$
2. Medium gain ค่า $0.7 \leq <g> \geq 0.3$
3. Low gain ค่า $0.0 \leq <g> > 0.3$

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

เมื่อ $\overline{X}$ คือ ค่าเฉลี่ย

$\sum X$ คือ ผลรวมของคะแนนทั้งหมดในกลุ่ม

N คือ จำนวนคะแนนในกลุ่ม

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

เมื่อ SD. คือ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

N คือ จำนวนผู้คนสอบทั้งหมด

$\sum X$ คือ ผลรวมของคะแนน

$\sum X^2$ คือ ผลรวมของคะแนนแต่ละค่ายกกำลังสอง

บทที่ 4
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยเรื่องนี้ ผู้วิจัยเก็บรวบรวมข้อมูลของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนบ้านหนองปรือ จังหวัดนครราชสีมา มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์โดยการจัดการเรียนรู้ที่ใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง วัสดุและสสาร และนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล ดังนี้

ตอนที่ 1 ความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ด้วยการจัดการเรียนรู้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง วัสดุและสสาร ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนบ้านหนองปรือ จังหวัดนครราชสีมา

ตอนที่ 2 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ด้วยการจัดการเรียนรู้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง วัสดุและสสาร ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาที่ 4 โรงเรียนบ้านหนองปรือ จังหวัดนครราชสีมา

ตอนที่ 1 ความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ด้วยการจัดการเรียนรู้ที่ใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง วัสดุและสสาร ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนบ้านหนองปรือ จังหวัดนครราชสีมา

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนโดยใช้แบบประเมินความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่ผู้วิจัยได้สร้างขึ้นตามกรอบแนวคิดของ McNeill (2006) ซึ่งประกอบด้วยองค์ประกอบของการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ 3 องค์ประกอบได้แก่ ข้อกล่าวอ้าง หลักฐาน และการการให้เหตุผล โดยผู้วิจัยได้ใช้แบบประเมินความสามารถในการอธิบายทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง วัสดุและสสาร ซึ่งประกอบด้วย 5 ย่อย ได้แก่ 1) สมบัติด้านความแข็งของวัสดุ 2) สมบัติด้านสภาพความยืดหยุ่นของวัสดุ 3) สมบัติการนำความร้อนของวัสดุ 4) สมบัติการนำไฟฟ้าของวัสดุ 5) สถานะของของแข็ง ของเหลว และแก๊ส ผู้วิจัยทำการเก็บข้อมูลก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้ จากนั้นใช้การวิเคราะห์เชิงเนื้อหา (Content analysis) โดยการอ่านคำตอบในแบบประเมินความสามารถในการอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์

ของนักเรียนในแต่ละข้ออย่างละเอียดเพื่อทำการให้คะแนนในแต่ละองค์ประกอบ ตามเกณฑ์ที่ผู้วิจัยได้จัดทำขึ้นตามตามกรอบแนวคิดของ McNeill (2006) ที่แสดงในตารางที่ 3.4 บทที่ 3 จากนั้นผู้วิจัยทำการวิเคราะห์ความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์จากคะแนนของนักเรียน ซึ่งมีคะแนนเต็ม 30 คะแนน โดยแบ่งเป็น 3 ระดับ ดังนี้ ระดับปรับปรุง (0-10 คะแนน) ระดับพอใช้ (11-20 คะแนน) และระดับดี (21-30 คะแนน) และนำผลที่วิเคราะห์ได้ไปคำนวณหาความถี่และร้อยละดังนี้

ตารางที่ 4.1 ระดับความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน ชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้ที่ใช้แบบจำลองเป็นฐาน

ระดับคุณภาพ	จำนวนนักเรียน (ร้อยละ)	
	ก่อนเรียน	หลังเรียน
ดี	0 (0.00%)	7 (31.82%)
พอใช้	0 (0.00%)	13 (59.09%)
ปรับปรุง	22 (100%)	2 (9.09%)

ตัวอย่างการจัดกลุ่มคำตอบของนักเรียน แสดงดังตารางที่4.2 –ตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.2 การจัดกลุ่มคำตอบของนักเรียนในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้เรื่องสมบัติด้านความแข็งของวัสดุจากระดับปรับปรุงไประดับดี

ระดับความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์	**ปรับปรุง**
ระดับความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์	**ดี**
ตัวอย่างคำตอบของนักเรียน (หลังเรียน)	1. แกะสลักหินโดยการเอาหินไปทุบๆ ให้หินมีรอยขูดขีดและแกะให้สวยงาม ใช้อุปกรณ์ที่มีความแข็งมากกว่าหินมาใช้ในการแกะสลัก 2. จากการทดลองเรื่องรอยขูดขีดของของแข็งว่าหินที่แข็งกว่าจะทำให้เกิดรอยขูดขีดได้ถ้าหินในปราสาทมีความแข็งน้อยกว่า 3. การที่จะแกะสลักหินในปราสาทต้องใช้สิ่งที่มีความแข็งมากๆกว่าหินมาแกะสลักให้เกิดลวดลายที่สวยงามได้ เพราะหินในปราสาทไม่ทนทานต่อการเกิดรอยได้

จากตารางที่ 4.2 คำตอบของนักเรียนแสดงให้เห็นว่าก่อนเรียนนักเรียนสามารถระบุข้อกล่าวอ้างได้ถูกต้อง ส่วนหลักฐานนักเรียนไม่สามารถแสดงหลักฐานที่ถูกต้องได้และไม่สามารถให้เหตุผลที่ถูกต้องได้ หลังเรียนนักเรียนสามารถระบุข้อกล่าวอ้างได้ถูกต้องสมบูรณ์ สามารถแสดงหลักฐานได้ถูกต้องสมบูรณ์ และให้เหตุผลได้ถูกต้องสมบูรณ์ เนื่องมาจากหลังจากที่นักเรียนได้รับการจัดการเรียนรู้แบบจำลองเป็นฐานนักเรียนสามารถค้นหาคำตอบของคำถามเพื่อมาตอบข้อกล่าวอ้างได้ และนำหลักฐานเชิงประจักษ์จากการค้นคว้าสำรวจตรวจสอบมาสนับสนุนข้อกล่าวอ้างและสามารถให้เหตุผลจากการที่นักเรียนได้อธิบายแบบจำลองนำมาอธิบายเหตุผลเชื่อมโยงระหว่างหลักฐานและข้อกล่าวอ้างได้

ตารางที่ 4.3 การจัดกลุ่มคำตอบของนักเรียนในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้เรื่องสมบัติด้านความแข็งของวัสดุจากระดับปรับปรุงไประดับพอใช้

ระดับความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์	**ปรับปรุง**
ตัวอย่างคำตอบของนักเรียน (ก่อนเรียน)	1. ใช้อุปกรณ์ในสมัยก่อน เช่น ค้อนและเหล็ก 2. คนสมัยก่อนใช้อุปกรณ์ เช่น ค้อนและเหล็ก 3. การใช้ค้อนและเหล็กแกสลักง่าย
ระดับความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์	**พอใช้**
ตัวอย่างคำตอบของนักเรียน (หลังเรียน)	1. ตะปูกับค้อนที่แข็งกว่าหิน 2. จากการทดลอง ตะปู ค้อน เป็นของแข็งกว่าหินทำให้เกิดรอยได้ 3. ตะปูและค้อนมีความแข็งทำให้แกะสลักได้ เนื่องจากแข็งกว่าหิน

จากตารางที่ 4.3 คำตอบของนักเรียนแสดงให้เห็นว่าก่อนเรียนนักเรียนไม่สามารถระบุข้อกล่าวอ้างได้ถูกต้อง ส่วนหลักฐานนักเรียนไม่สามารถแสดงหลักฐานที่ถูกต้องได้และไม่สามารถให้เหตุผลที่ถูกต้องได้ หลังเรียนนักเรียนสามารถระบุข้อกล่าวอ้างได้ถูกต้องสมบูรณ์ สามารถแสดงหลักฐานสนับสนุนข้อกล่าวอ้างได้แต่ยังไม่สมบูรณ์ และให้เหตุผลได้ถูกต้องแต่ยังไม่สมบูรณ์

ตารางที่ 4.4 การจัดกลุ่มคำตอบของนักเรียนในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้เรื่องสมบัติด้านความแข็งของวัสดุจากระดับปรับปรุงไประดับปรับปรุง

ระดับความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์	ปรับปรุง
ตัวอย่างคำตอบของนักเรียน (ก่อนเรียน)	1. คนสมัยก่อนเขาใช้อิฐหรือของที่แข็งแกะสลัก 2. ถ้าใช้สิ่งที่แข็งกว่าอิฐจะทำให้ไม่แตกง่าย 3. ถ้าใช้สิ่งที่แข็งกว่าอิฐทำให้มันไม่แตกง่าย ทนทาน ไม่ชำรุดง่าย
ตัวอย่างคำตอบของนักเรียน (หลังเรียน)	1. หินแกะสลัก และใช้พวกหินพวกเกลียวแกะสลัก 2. ถ้าเราเอาหินเอาเกลียวมาแกะสลักเป็นรูปเป็นร่างก็จะเกิดรูปที่เราอยากจะวาด เพราะเราต้องใช้หินที่มีความแข็ง 3. เพราะถ้าเราอยากได้รูปในการแกะสลัก เราต้องมีของมาแกะสลัก

จากตารางที่ 4.4 คำตอบของนักเรียนแสดงให้เห็นว่าก่อนเรียนนักเรียนไม่สามารถระบุข้อกล่าวอ้างได้ถูกต้อง ไม่สามารถแสดงหลักฐานที่ถูกต้องได้และไม่สามารถให้เหตุผลที่ถูกต้องได้ หลังเรียนนักเรียนสามารถระบุข้อกล่าวอ้างได้ถูกต้องแต่ยังไม่สมบูรณ์ ไม่สามารถแสดงหลักฐานสนับสนุนข้อกล่าวอ้างได้ และไม่สามารถให้เหตุผลได้ถูกต้อง

ตารางที่ 4.5 ความสามารถในการอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 แยกรายองค์ประกอบ ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

องค์ประกอบของคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์	**ระดับคุณภาพ**	**สมบัติด้านความแข็งของวัสดุ**		**สมบัติด้านสภาพความยืดหยุ่นของวัสดุ**		**สมบัติการนำความร้อนของวัสดุ**		**สมบัติการนำไฟฟ้าของวัสดุ**		**สถานะของของแข็ง ของเหลว และแก๊ส**	
		ร้อยละ		**ร้อยละ**		**ร้อยละ**		**ร้อยละ**		**ร้อยละ**	
		ก่อนเรียน	**หลังเรียน**	**ก่อนเรียน**	**หลังเรียน**	**ก่อนเรียน**	**หลังเรียน**	**ก่อนเรียน**	**หลังเรียน**	**ก่อนเรียน**	**หลังเรียน**
ข้อกล่าวอ้าง	ดี	0.00%	**63.64%**	0.00%	**45.45%**	0.00%	**59.09%**	0.00%	**45.45%**	18.18%	**63.64%**
	พอใช้	13.64%	31.82%	18.18%	22.73%	22.73%	22.73%	22.73%	40.91%	4.55%	22.73%
	ปรับปรุง	**86.36%**	4.55%	**81.82%**	31.82%	**77.27%**	18.18%	**77.27%**	13.64%	**77.27%**	13.64%
หลักฐาน	ดี	0.00%	**22.73%**	0.00%	**27.27%**	0.00%	**9.09%**	0.00%	**27.27%**	0.00%	**9.09%**
	พอใช้	0.00%	54.55%	9.09%	36.36%	18.18%	63.64%	13.64%	63.64%	0.00%	50.00%
	ปรับปรุง	**100.00%**	22.73%	**90.91%**	36.36%	**81.82%**	27.27%	**86.36%**	9.09%	**100%**	40.91%
การให้เหตุผล	ดี	0.00%	9.09%	0.00%	31.38%	0.00%	4.55%	0.00%	4.55%	0.00%	4.55%
	พอใช้	0.00%	**45.45%**	0.00%	22.73%	13.64%	**54.55%**	4.55%	45.45%	0.00%	36.36%
	ปรับปรุง	**100.00%**	**45.45%**	**100.00%**	**45.45%**	**86.36%**	40.91%	**95.45%**	**50.00%**	**100.00%**	**59.09%**

จากตารางที่ 4.5 แสดงให้เห็นถึงรายละเอียดแต่ละองค์ประกอบของการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน ทั้งก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้ ดังต่อไปนี้

1. ข้อกล่าวอ้าง ก่อนการจัดการเรียนรู้แบบจำลองเป็นฐาน ผู้วิจัยพบว่า นักเรียนส่วนใหญ่ร้อยละ 77.27 ขึ้นไป ไม่สามารถระบุข้อกล่าวอ้างได้ถูกต้อง และอยู่ในระดับปรับปรุง โดยเนื้อหาเรื่องสมบัติด้านสภาพยืดหยุ่นของวัสดุ มีจำนวนนักเรียนที่ไม่สามารถระบุข้อกล่าวอ้างได้ถูกต้อง อยู่ในระดับปรับปรุง คิดเป็นร้อยละ 81.82 และหลังการจัดการเรียนรู้แบบจำลองเป็นฐาน พบว่ามีนักเรียนส่วนใหญ่ร้อยละ 45.45 ขึ้นไป สามารถระบุข้อกล่าวอ้างได้ถูกต้องและสมบูรณ์ อยู่ในระดับดี โดยในเนื้อหาเรื่องสมบัติด้านสภาพยืดหยุ่นของวัสดุมีจำนวนนักเรียนที่สามารถระบุข้อกล่าวอ้างได้ถูกต้องสมบูรณ์ อยู่ในระดับดี คิดเป็นร้อยละ 45.45

2. หลักฐาน ก่อนการจัดการเรียนรู้แบบจำลองเป็นฐาน ผู้วิจัยพบว่า นักเรียนร้อยละ 81.82 ขึ้นไป ไม่สามารถแสดงหลักฐานเพื่อสนับสนุนข้อกล่าวอ้างได้อย่างถูกต้อง อยู่ในระดับปรับปรุง โดยเนื้อหาเรื่องสมบัติด้านสภาพยืดหยุ่นของวัสดุมีจำนวนนักเรียนที่ไม่สามารถแสดงหลักฐานได้ถูกต้อง อยู่ในระดับปรับปรุง คิดเป็นร้อยละ 90.91 และหลังการจัดการเรียนรู้แบบจำลองเป็นฐาน พบว่านักเรียนร้อยละ 9.09 ขึ้นไปสามารถแสดงหลักฐานเพื่อสนับสนุนข้อกล่าวอ้างได้อย่างถูกต้อง อยู่ในระดับดี โดยในเนื้อหาเรื่องสมบัติด้านสภาพยืดหยุ่นของวัสดุมีจำนวนนักเรียนที่สามารถแสดงหลักฐานที่ถูกต้องเพื่อสนับสนุนข้อกล่าวอ้างได้อย่างสบูรณ์ อยู่ในระดับดี คิดเป็นร้อยละ 27.27

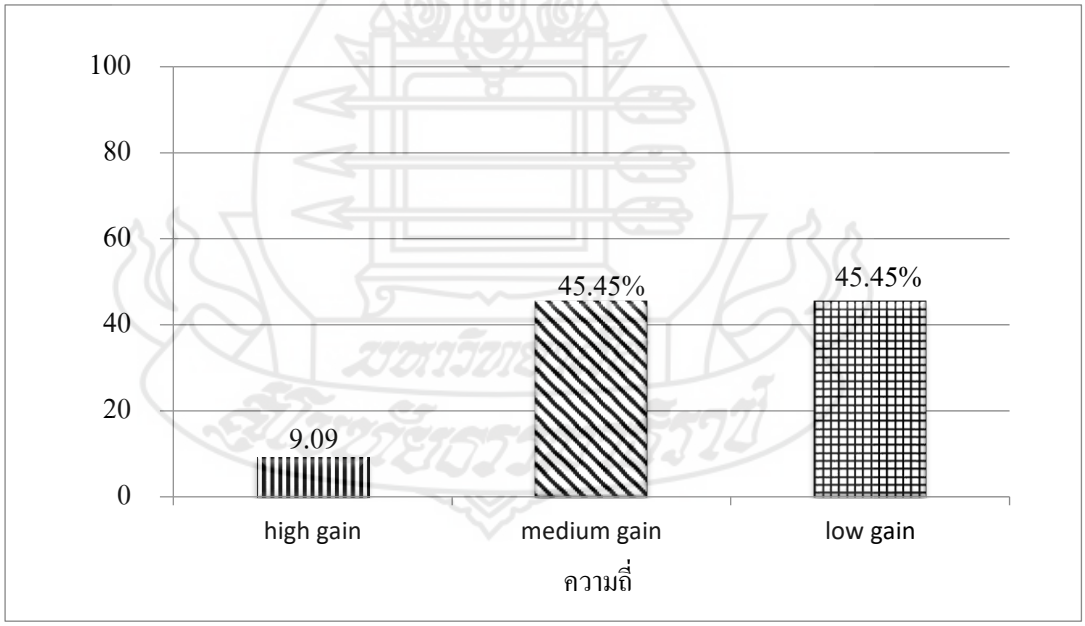
3. การให้เหตุผล ก่อนการจัดการเรียนรู้แบบจำลองเป็นฐาน ผู้วิจัยพบว่า นักเรียนร้อยละ 86.36 ขึ้นไป ไม่สามารถให้เหตุผลที่ถูกต้องได้ อยู่ในระดับปรับปรุง โดยเนื้อหาเรื่องสมบัติด้านสภาพยืดหยุ่นของวัสดุมีจำนวนนักเรียนที่ไม่สามารถให้เหตุผลที่ถูกต้องได้ อยู่ในระดับปรับปรุง คิดเป็นร้อยละ 100.00 และหลังการจัดการเรียนรู้แบบจำลองเป็นฐาน พบว่า นักเรียนร้อยละ 40.91 ขึ้นไป สามารถให้เหตุผลที่ถูกต้องและสมบูรณ์ โดยเนื้อหาเรื่องเรื่องสมบัติด้านสภาพยืดหยุ่นของวัสดุ มีจำนวนนักเรียนที่ให้เหตุผลที่ถูกต้องสมบูรณ์ อยู่ในระดับดี คิดเป็นร้อยละ 45.45

ตอนที่ 2 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง วัสดุและสสาร ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนบ้านหนองปรือ จังหวัดนครราชสีมา

ผู้วิจัยได้นำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ เรื่อง วัสดุและสสาร ไปใช้กับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้แบบจำลองเป็นฐาน จากนั้นนำมาตรวจคะแนนและทำการวิเคราะห์ผล ดังนี้

ตารางที่ 4.6 ความถี่และร้อยละความก้าวหน้าทางการเรียนด้วยวิธี Normalized gain

ระดับ	high gain	Medium gain	Low gain
	2	10	10
	(9.09%)	(45.45%)	(45.45%)



ภาพที่ 4.1 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนหลังการจัดการเรียนรู้แบบจำลองเป็นฐาน

จากภาพที่ 4.1 และ ตารางที่ 4.6 แสดงให้เห็นว่าหลังการจัดการเรียนรู้แบบจำลองเป็นฐานมีนักเรียนจำนวน 2 คน (ร้อยละ 9.09) ซึ่งจัดอยู่ในระดับสูง (high gain) รองลงมาคือนักเรียน

จำนวน 10 คน (ร้อยละ45.45) จัดอยู่ในระดับปานกลาง (medium gain) และนักเรียน จำนวน 10 คน (ร้อยละ45.45) ซึ่งอยู่ในระดับต่ำ (low gain) ตามลำดับ

ตารางที่ 4.7 ค่าเฉลี่ย ร้อยละ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของนักเรียนที่ตอบถูกก่อนและหลังเรียน และค่า Class normalized gain

การทดสอบ	**กลุ่มตัวอย่าง**	**ค่าเฉลี่ย**	**ร้อยละ**	**ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน**	**Class normalized gain**
Pre-test	22	11.86	33.89	4.54	0.31
Post-test	22	19.00	54.29	9.69	(medium gain)

จากตารางที่ 4.7 แสดงให้เห็นว่าคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนสูงกว่าคะแนนเฉลี่ยก่อนเรียน โดยคะแนนเฉลี่ยก่อนเรียนมีค่าเท่ากับมีค่าเท่ากับ 11.86 คิดเป็นร้อยละ 33.89 และมีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานก่อนเรียน เท่ากับ4.54 ส่วนคะแนนเฉลี่ยหลังเรียน เท่ากับ 19.00 คิดเป็นร้อยละ 54.29 และมีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานหลังเรียน เท่ากับ 9.69 และมีค่า Class normalized gain (ความก้าวหน้าทางการเรียนทั้งชั้นเรียนเท่ากับ 0.31 ซึ่งจัดอยู่ในระดับปานกลาง (Medium gain)

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การวิจัยครั้งนี้ เป็นการวิจัยที่มุ่งพัฒนาความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์โดยการจัดการเรียนรู้ที่ใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง วัสดุและสสาร ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนบ้านหนองปรือ จังหวัดนครราชสีมา ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2563 จำนวน 22 คน ซึ่งมีการสรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ ดังต่อไปนี้

1. สรุปผลการวิจัย

1.1 วัตถุประสงค์การวิจัย

1.1.1 เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ที่ใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง วัสดุและสสาร

1.1.2 เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ที่ใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง วัสดุและสสาร

1.2 วิธีดำเนินการวิจัย

1.2.1 แบบการวิจัย การวิจัยทดลองเบื้องต้น (Pre-experimental Design)

1.2.2 กลุ่มตัวอย่าง

นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนบ้านหนองปรือ จังหวัดนครราชสีมา ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2563 จำนวน 22 คน ได้มาโดยการเลือกแบบเจาะจง

1.2.3 เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย

1) แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง วัสดุและสสาร จำนวน 5 แผน ใช้เวลาสอนทั้งหมด 18 ชั่วโมง

2) แบบประเมินความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ เป็นแบบอัตนัยเขียนตอบ จำนวน 5 ข้อ

3) แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง วัสดุและสสาร เป็นแบบปรนัย 4 ตัวเลือก จำนวน 35 ข้อ

1.3 ผลการวิจัย

1.3.1 ก่อนเรียนนักเรียนมีความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับปรับปรุง จำนวน 22 คน (ร้อยละ 100.00) หลังเรียนนักเรียนมีการพัฒนาความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์เพิ่มขึ้น ดังนี้ อยู่ในระดับดี จำนวน 7 คน (ร้อยละ 31.82) อยู่ในระดับพอใช้ จำนวน 13 คน (ร้อยละ 59.09) อยู่ในระดับปรับปรุง จำนวน 2 คน (ร้อยละ 9.09)

1.3.2 นักเรียนมีความก้าวหน้าทางการเรียนเฉลี่ยเท่ากับ 0.31 อยู่ในระดับปานกลาง (medium gain) และมีนักเรียนจำนวน 2 คน (ร้อยละ 9.09) อยู่ในระดับสูง (High gain) นักเรียน จำนวน 10 คน (ร้อยละ 45.45) อยู่ในระดับปานกลาง (Medium gain) และนักเรียนอีกจำนวน 10 คน (ร้อยละ 45.45) อยู่ในระดับต่ำ (Low gain) ตามลำดับ

2. อภิปรายผล

ผลการวิจัยพบว่า การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานในการจัดการเรียนการสอนวิชาวิทยาศาสตร์พื้นฐานของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 ช่วยส่งเสริมให้นักเรียนพัฒนาความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ การนำเสนอการอภิปรายแบ่งเป็น 2 ประเด็น คือ

2.1 ความสามารถในการอธิบายทางวิทยาศาสตร์

ผลการวิจัยสรุปว่า หลังการเรียนโดยการจัดการเรียนรู้แบบจำลองเป็นฐาน นักเรียนส่วนใหญ่มีความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับพอใช้ องค์ประกอบของการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่นักเรียนพัฒนาได้ดีที่สุด คือ ข้อกล่าวอ้าง รองลงมาคือหลักฐานและการให้เหตุผล ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ส่งเสริมการพัฒนาความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน ซึ่งอาจเนื่องมาจาก การจัดการเรียนรู้แบบจำลองเป็นฐานที่มีกระบวนการจัดการเรียนรู้ ขั้นตอน รวมถึงวัตถุประสงค์เพื่อให้นักเรียนมีการพัฒนาการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน เปิดโอกาสให้นักเรียนได้ฝึกสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่เกิดจากกระบวนการปฏิบัติที่ครูได้จัดสถานการณ์ให้ในขั้นตอนแต่ละขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้แบบจำลองเป็นฐาน ดังนี้

2.1.1 ขั้นสร้างแบบจำลองทางความคิด นักเรียนสามารถสร้างแบบจำลองทางความคิดของตนเอง โดยที่ครูช่วยนำเข้าสู่บทเรียน โดยการยกตัวอย่างเหตุการณ์ที่เกี่ยวกับ

ปรากฏการณ์ที่ต้องการจะศึกษา ในขั้นนี้จะเป็นการกระตุ้นให้นักเรียนสงสัย และตั้งคำถาม เพื่อนำไปสู่การหาคำตอบ เพื่อที่จะนำมาเป็นข้อกล่าวอ้างของปรากฏการณ์นั้นๆได้

2.1.2 ขั้นการทดสอบแบบจำลอง เป็นขั้นสำรวจตรวจสอบแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ในกิจกรรมของการสืบสอบค้นหาหลักฐาน ในขั้นนี้นักเรียนจะได้รวบรวมข้อมูลและความรู้เกี่ยวกับปรากฏการณ์ที่ศึกษาโดยการปฏิบัติหรือการทดลองเพื่อหาหลักฐานเชิงประจักษ์และการอภิปรายร่วมกันในห้องเรียน เพื่อหาข้อสรุปร่วมกัน เพื่อนำข้อมูลที่ได้มาสร้างแบบจำลองให้สอดคล้องกับหลักฐานที่ได้มา ขั้นนี้นักเรียนจะได้ฝึกการสร้างคำอธิบายความสอดคล้องกันระหว่างข้อกล่าวอ้างกับหลักฐาน สร้างคำอธิบายเกี่ยวกับหลักฐานหรือข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ที่สนับสนุนคำตอบของคำถามหรือข้อกล่าวอ้าง

2.1.3 ขั้นการดัดแปลงแก้ไขแบบจำลอง เป็นขั้นที่นักเรียนนำเสนอแบบจำลองที่ตนเองสร้างขึ้น ครูและเพื่อนสามารถซักถาม อภิปรายร่วมกัน นักเรียนจะได้เห็นความแตกต่างของแบบจำลอง ซึ่งจะเกิดกระบวนการโน้มน้าวจนมีการดัดแปลงแปลงแก้ไขแบบจำลองจนกระทั่งสามารถอธิบายปรากฏการณ์ได้ ทำให้นักเรียนเข้าใจในปรากฏการณ์นั้นๆ มากขึ้นจากการอภิปรายร่วมกันเสริมให้นักเรียนสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ได้ดีขึ้น นักเรียนจะสามารถหาเหตุผลเพื่อมาเชื่อมโยงระหว่างหลักฐานและข้อกล่าวอ้างได้ในขั้นนี้

2.1.4 ขั้นการขยายแบบจำลอง แบบจำลอง นักเรียนจะใช้แบบจำลองที่ผ่านการแก้ไขแล้ว มาอธิบายทำนายปรากฏการณ์อื่นๆ ซึ่งจะทำให้นักเรียนมั่นใจว่าแบบจำลองที่สร้างขึ้นสามารถอธิบายปรากฏการณ์อื่นได้ ในขั้นนี้นักเรียนจะสามารถอธิบายและยกตัวอย่างปรากฏการณ์อื่นที่นอกเหนือจากปรากฏการณ์ที่ได้สำรวจตรวจสอบในขั้นการทดลองได้ ทำให้เป็นการฝึกสร้างคำอธิบาย มีเหตุผลมาสนับสนุนหลักฐานและข้อกล่าวอ้างเพิ่มขึ้นอีก

ดังนั้นนักเรียนมีโอกาสที่จะปรับปรุงการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ตามขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานทั้ง 4 ขั้นตอน ทำให้นักเรียนมีความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์หลังได้รับการจัดการเรียนรู้ดังกล่าวเพิ่มมากขึ้น โดยนักเรียนสามารถแสดงข้อกล่าวอ้าง ที่เกิดจากข้อสงสัยของนักเรียน จนไปสู่การค้นพบหลักฐานเชิงประจักษ์เพื่อนำมาสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง จนกระทั่งเข้าใจในปรากฏการณ์ สามารถบอกเหตุผลเพื่อเชื่อมโยงหลักฐานและข้อกล่าวอ้างได้ สอดคล้องกับวิจัยของ ราตรี ยะคำ (2560) ที่ศึกษาการพัฒนาสมรรถนะการอธิบายปรากฏการเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่องเชื้อเพลิงซากดึกดำบรรพ์และผลิตภัณฑ์ พบว่าการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานเป็นการจัดการเรียนรู้ที่เน้นให้นักเรียนสร้างแบบจำลองขึ้นมาเพื่ออธิบายปรากฏการณ์ต่างๆ ทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งในกิจกรรมการเรียนรู้นักเรียนเรียนรู้จาก

การลงมือปฏิบัติจริง เช่น การค้นคว้าหาความรู้ การทดลอง เป็นต้น ซึ่งจะส่งผลให้นักเรียนเกิดกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ กระบวนการคิดวิเคราะห์ และคิดสังเคราะห์เพื่อนำองค์ความรู้นั้นมาสนับสนุนพัฒนาแบบจำลองให้มีความชัดเจนและสมบูรณ์มากที่สุดและสามารถนำแบบจำลองนั้นไปประยุกต์ใช้เพื่ออธิบายปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์ในสถานการณ์ที่คล้ายคลึงต่อไป สอดคล้องกับ จงกล บุญรอด(2554) ได้ศึกษาผลของการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์โดยใช้แบบจำลองที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น พบว่า กิจกรรมการสร้างแบบจำลองของนักเรียนในการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจลอง นักเรียนได้สร้างแบบจำลองเป็นตัวแทนทางความคิดในการอธิบายปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งการสร้างแบบจำลองของนักเรียนเกิดจากการใช้หลักฐานเชิงประจักษ์ที่ได้รับจากการสำรวจตรวจสอบและหลักการทางวิทยาศาสตร์จากการสะท้อนความคิดร่วมกับเพื่อนในชั้นเรียน ซึ่งในขณะเดียวกันการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ก็อาศัยหลักฐานและการให้เหตุผลสนับสนุนข้อสรุป ทำให้นักเรียนสามารถสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ได้จากการใช้แบบจำลองเป็นหลักฐานและหลักการทางวิทยาศาสตร์ การสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนในขั้นการอธิบายของการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์โดยใช้แบบจำลอง ทำให้นักเรียนได้ฝึกฝนการเขียนคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ การนำเสนอ การประเมินคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของตนเองร่วมกับครูและเพื่อนในชั้นเรียน ซึ่งในระหว่างการประเมินนักเรียนได้รับข้อมูลย้อนกลับในการแก้ไขคำอธิบายให้ถูกต้องและสมบูรณ์เพิ่มขึ้น สอดคล้องกับคำอธิบายของ McNeil and Krajcik (2008) อธิบายว่าการประเมินคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนควรให้ข้อมูลย้อนกลับแก่นักเรียน เพื่อให้นักเรียนมองเห็นจุดแข็งและจุดอ่อนของคำอธิบายที่นักเรียนสร้างขึ้นแล้วนำไปใช้เป็นแนวทางในการแก้ไขคำอธิบายของตน

2.2 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์

จากผลการวิจัย พบว่า หลังจากที่นักเรียนได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง วัสดุและสสาร นักเรียนมีความก้าวหน้าทางการเรียนรายชั้นอยู่ในระดับปานกลาง (medium gain) จะเห็นว่าการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ส่งเสริมและพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนให้ดีขึ้น อาจเนื่องมาจากเหตุผล ดังนี้

2.2.1 ขั้นการสร้างแบบจำลองทางความคิด เป็นขั้นที่กระตุ้นให้นักเรียนแสดงแบบจำลองทางความคิดของตนเองเพื่อตรวจสอบความรู้เดิม/ความรู้พื้นฐานของนักเรียน โดยครูจะให้นักเรียนสังเกตปรากฏการณ์ที่เกี่ยวข้องกับเรื่องที่ต้องการตรวจสอบ เน้นให้นักเรียนเป็นผู้เริ่มต้นแสดงความรู้เดิมหรือประสบการณ์เดิมเกี่ยวกับปรากฏการณ์ที่ศึกษา โดยครูผู้สอนจะใช้วิธีการ

กระตุ้นถามคำถามที่สามารถทำให้นักเรียนเกิดการเปรียบเทียบความรู้ที่ได้รับและเชื่อมโยงกับความคิดของนักเรียน

2.2.2 ขั้นการทดสอบแบบจำลอง เป็นขั้นตอนที่ให้นักเรียนจำลองปรากฏการณ์ที่จะศึกษาผ่านกระบวนการทดลอง/ทดสอบที่สังเกตหรือวัดได้ ผลที่ได้จากการทดลองจะเป็นข้อมูล/หลักฐานเชิงประจักษ์ นักเรียนจะต้องสร้างแบบจำลอง สัญลักษณ์ให้มีความสอดคล้องกับการทดลอง ขั้นนี้ ให้อิสระแก่นักเรียนในการสร้างคำอธิบายโดยผ่านแบบจำลอง ครูจะช่วยแนะนำในการสร้างแบบจำลองเพียงเล็กน้อยเพื่อให้นักเรียนได้เกิดกระบวนการคิดนำไปสู่การเชื่อมโยงระหว่างแบบจำลองกับความคิดของตนเอง

2.2.3 ขั้นการดัดแปลงแก้ไขแบบจำลอง เป็นขั้นที่นักเรียนนำเสนอแบบจำลองที่ตนเองสร้างขึ้น ขั้นนี้ครูและเพื่อนสามารถซักถาม อภิปรายร่วมกัน นักเรียนจะได้เห็นความแตกต่างของแบบจำลอง ซึ่งจะเกิดกระบวนการโน้มน้าวจนมีการดัดแปลงแปลงแก้ไขแบบจำลองจนกระทั่งสามารถอธิบายปรากฏการณ์ เป็นขั้นที่ให้นักเรียนได้ร่วมอภิปรายและร่วมประเมินแบบจำลองว่าใช้อธิบายปรากฏการณ์ที่ศึกษาได้หรือไม่ เมื่อได้นำเสนอแบบจำลองและร่วมกันอภิปรายผลแล้วพบว่าอธิบายปรากฏการณ์ที่ศึกษาได้ไม่ดี นักเรียนจะต้องปรับปรุงแบบจำลองให้เหมาะสมและสามารถอภิปรายปรากฏการณ์นั้นได้

2.2.4 ขั้นการขยายแบบจำลอง ในขั้นนี้นักเรียนจะใช้แบบจำลองที่ผ่านการแก้ไขแล้ว มาอธิบายทำนายปรากฏการณ์อื่นๆ ซึ่งจะทำให้นักเรียนมั่นใจว่าแบบจำลองที่สร้างขึ้นสามารถอธิบายปรากฏการณ์อื่นได้ โดยนักเรียนนำแบบจำลองที่ได้ดัดแปลงแก้ไข มาใช้ในการอธิบายปรากฏการณ์อื่นๆ ปรับปรุงแบบจำลองเพื่อให้นักเรียนนำแบบจำลองมาประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหา หรือการนำสถานการณ์ที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวันเพื่อให้นักเรียนได้ขยายแบบจำลองในการอธิบายเกี่ยวกับวัสดุและสสารอื่นๆ ที่ยังไม่ได้นำมาทดสอบในขั้นการทดสอบแบบจำลอง ที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวัน จากกระบวนการจัดการเรียนรู้ดังกล่าวทำให้นักเรียนมีการพัฒนาการผลการเรียนรู้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงขึ้น กว่าก่อนเรียน มีการพัฒนาความรู้ที่เป็นทฤษฎีที่หรือนามธรรมให้เป็นแบบจำลองที่เข้าใจง่ายขึ้น

จากขั้นตอนดังกล่าว สอดคล้องกับ รสสุคนธ์ รุ้งประนมกร(2558) ศึกษาผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่องแรงและการเคลื่อนที่ เพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 พบว่าการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานเป็นจุดแข็งที่ทำให้นักเรียนมีพัฒนาการผลการเรียนรู้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงขึ้น กว่าก่อนเรียน ซึ่งการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานมีจุดเด่นในการพัฒนาความรู้ที่เป็น ทฤษฎีที่เป็นนามธรรมให้เป็นแบบจำลองที่เข้าใจง่ายขึ้น สอดคล้องกับ ธี

ระภัทร พินิจมนตรี(2561) ได้ศึกษาการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานเพื่อส่งเสริมการคิดอย่างมีวิจารณญาณและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง โลกและการเปลี่ยนแปลง สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 พบว่า นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานเรื่องโลกและการเปลี่ยนแปลง สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 มีคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเฉลี่ยเท่ากับ 85.61 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 80 อย่างมีนัยสำคัญทางสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากผู้วิจัยได้เลือกใช้การจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจลองเป็นฐานเพื่อให้ผู้เรียนใช้ทักษะการคิดเต็มตามศักยภาพของแต่ละบุคคล โดยเน้นกิจกรรมทำให้ผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติจริงและมองภาพเป็นรูปธรรมใช้ชัดเจน เลยสามารถทำให้ผู้เรียนได้เกิดทักษะ เชน การจำ การคิด และเกิดความเข้าใจในเนื้อหาที่เรียน โดยกิจกรรมการเรียนรู้ทำให้ผู้เรียนสามารถจำภาพของแบบจำลองได้เป็นอย่างดี และสามารถวิเคราะห์ได้ด้วยตนเองโดยตัวผู้สอนองก็ได้อธิบายเพิ่มเติมในเนื้อหาในบทเรียนนั้นไปประยุกต์ใช้ต่อ พร้อมกับมีการทำงานที่เป็นทีม ส่งผลให้เกิดการช่วยเหลือภายในกลุ่ม ทำให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียนสูง สอดคล้องกับ ปรีญานันต์ นวลจันทร์(2563) ศึกษาผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์และความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียน ชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 พบว่าเมื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นประถมศึกษา ปีที่ 5 ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน พบว่านักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 หลังได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานมีคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์สูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 เนื่องจากการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ผู้เรียนได้เรียนโดยผ่านกระบวนการสร้างความรู้ด้วยตนเองในขั้นที่ 1 ขั้นตอบสนองต่องานที่ได้รับ ผู้เรียนใช้ความรู้เดิมและหาข้อมูลเพิ่ม เพื่อเขียนแผนผังแบบจำลอง มีการสร้างแบบจำลองนำไปใช้และปรับปรุงแบบจำลองในขั้นต่อๆมา รวมทั้งขยายผล เป็นการสร้างความเข้าใจปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์ ตามขอบเขตเนื้อหาที่เรียน น่าจะส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ของนักเรียน

3. ข้อเสนอแนะ

3.1 ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้

3.1.1 ในขั้นการทดสอบแบบจำลองของการจัดการเรียนรู้ที่ใช้แบบจำลองเป็นฐาน ควรเน้นการเก็บรวมข้อมูลหลักฐานเชิงประจักษ์โดยอาจให้นักเรียนสรุปข้อมูลและนำเสนอในรูปแบบที่หลากหลาย เช่น กราฟแท่ง หรือ แผนผังความคิด และเนื้อหาที่นำมาใช้ในการทดลองควรเป็นเนื้อหาที่เหมาะสมในการจัดการเรียนรู้ที่ใช้แบบจำลองเป็นฐาน

3.1.2 ครูผู้สอนควรเน้นและให้ความสำคัญกับองค์ประกอบการให้เหตุผลมากเป็นพิเศษ เนื่องจากนักเรียนยังไม่สามารถเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างข้อกล่าวอ้างกับหลักฐานได้อย่างสมเหตุสมผล

3.2 ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

ควรใช้ระเบียบวิจัยอื่น เช่น วิจัยเชิงคุณภาพเพื่อให้ได้ข้อมูลเชิงลึกมากขึ้น หรือวิจัยเชิงทดลองที่มีรูปแบบการวิจัยมากกว่าการวิจัยแบบกลุ่มเดียว เพื่อที่จะได้มีการเปรียบเทียบและเห็นความแตกต่างของตัวแปรตามระหว่างกลุ่มทดลองทั้งสองกลุ่มได้อย่างชัดเจน เช่น การเปรียบเทียบระหว่างนักเรียนกลุ่มที่ได้รับการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ที่ใช้แบบจำลองเป็นฐานและนักเรียนที่เรียนด้วยวิธีการจัดการเรียนการสอนวิทยาศษสตร์แบบทั่วไป เป็นต้น

บรรณานุกรม

บรรณานุกรม

กระทรวงศึกษาธิการ. (2545). *การสังเคราะห์รูปแบบการพัฒนาศักยภาพของเด็กไทยด้านทักษะการคิด*. เอกสารประกอบการศึกษาศักยภาพของเด็กไทย. (พิมพ์ครั้งที่ 1). กรุงเทพฯ: กรมวิชาการ

กระทรวงศึกษาธิการ. สสวท. (2551). *คู่มือการจัดการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์*. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์คุรุสภาลาดพร้าว.

กัญจนา ลินทรัตน์ศิริกุล. (2561). *เครื่องมือวิจัยและการตรวจสอบคุณภาพ. ใน ประมวลสาระชุดวิชาการวิจัยหลักสูตรและการเรียนการสอน.* (หน่วยที่ 9). (พิมพ์ครั้งที่ 8). นนทบุรี: สาขาวิชาศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมธิราช.

กฤตกร สภาสันติกุล. (2559). *ผลของกลวิธีการสอนเคมีโดยใช้การทำนาย การสังเกต การอธิบาย อย่างมีขั้นตอนที่มีต่อความสามารถในการสร้างคำอธิบายทาง วิทยาศาสตร์และความมีเหตุผลของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4.* (วิทยานิพนธ์ปริญญาครุศาสตรบัณฑิต). จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.

กฤษณา โภคพันธ์. (2554). *การพัฒนาแนวคิดเรื่องดาราศาสตร์และอวกาศ และเจตคติทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปี ที่ 5 ด้วยกจิ กรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน.* (วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

เขมรัฐ จุฑานฤปกิจ, เอกภูมิ จันทรขันตี, และสุรศักดิ์ เชียงกา. (2561). *การจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์แบบ 5 ขั้น เพื่อพัฒนาการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ในวิชาฟิสิกส์ เรื่อง การเคลื่อนที่แบบวงกลม ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4* (เอกสารนำเสนอ). การประชุมนำเสนอผลงานวิจัยระดับบัณฑิตศึกษา ครั้งที่ 11 ปีการศึกษา 2561, กรุงเทพฯ, ประเทศไทย.

จงกล บุญรอด. (2557). *ผลของการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์โดยใช้แบบจำลองที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น.* (วิทยานิพนธ์ปริญญาครุศาสตรมหาบัณฑิต). จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.

ชนาธิป พรกุล. (2554). *การสอนกระบวนการคิดทฤษฎีและการนำไปใช้.* (พิมพ์ครั้งที่ 2). กรุงเทพฯ: วี พริ้นท์(1991).

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

ตรีณา ชุมแสงม ดร.เอกภูมิ จันทรขันตีและ ดร.สุรศักดิ์ เชียงกา. (2560). *การพัฒนาความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ เรื่องสมดุลของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐาน*(เอกสารนำเสนอ). การประชุมวิชาการเสนอผลงานวิจัยบัณฑิตศึกษา ระดับชาติและนานาชาติ 2560, ขอนแก่น,ประเทศไทย.

ทิพย์เกสร กำปนาท, ศันทนี คุณชยางกูร, สิรินทร์นิชา ปัญจอริยะกุล, ไพรศิลป์ ปินทะนา, และ แสงจันทร์ เกษากิจ. (2536). พฤติกรรมการเรียนรู้ด้านพุทธิพิสัยตามแนวคิดของบลูมที่ปรับใหม่. *วารสารบัณฑิตวิจัย.11*(2),1-10.

ธีระภัทร พินิจมนตรี. (2561). *การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานเพื่อส่งเสริมการคิดอย่างมีวิจารณญาณและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง โลกและการเปลี่ยนแปลง สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2.* (วิทยานิพนธ์ปริญญาครุศาสตรมหาบัณฑิต ไม่ได้ตีพิมพ์). มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม, มหาสารคาม.

นิภา เมธธาวิชัย. (2536). *การประเมินผลการเรียน*. (พิมพ์ครั้งที่ 2). กรุงเทพฯ: สถาบันราชภัฏธนบุรี.

นงลักษณ์ วิรัชชัย. (2561). *การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณ:สถิติบรรยายและสถิติพาราเมตริก.* ใน *ประมวลสาระชุดวิชาการวิจัยหลักสูตรและการเรียนการสอน*. (หน่วยที่ 10). (พิมพ์ครั้งที่ 8). นนทบุรี: สาขาวิชาศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมธิราช.

ปรีญานันต์ นวลจันทร์. (2563). *ผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์และความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5.* (วิทยานิพนธปริญญาครุศาสตรมหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ในพระบรมราชูปถัมภ์.

เผียน ไชยศร. (2531). *หลักการวัดผลประเมินผลการศึกษา*. คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

ฝนทิพย์ ธนชัยสิทธิกุล. (2559). *ผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจาลองเป็นฐานต่อความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น*. (วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่.

พัณนิดา มีลา และร่มเกล้า อาจเดช. (2560). การสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานและการอธิบายทางวิทยาศาสตร์ การส่งเสริมการสร้างความหมายในชั้นเรียน, *วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร 2560*; 19(3): 1-15.

พรรณวิไล ชมชิด. (2552). การเรียนการสอนวิทยาศาสตร์โดยใช้แบบจำลอง. *นิตยาสาร สสวท.* 38(163), 33-34.

พิมพันธ์ เดชะคุปต์. (2545). *พฤติกรรมการสอนวิทยาศาสตร์*. กรุงเทพฯ: พัฒนาคุณภาพวิชาการ (พว).

ไพจิตร สดวกการ. (2538). *ผลการสอนคณิตศาสตร์ตามแนวคิดของทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์และความสามารถในการถ่ายโยง การเรียนรู้ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น*. (วิทยานิพนธ์ปริญญาครุศาสตรมหาบัณฑิต). จุฬาลงกรณ์มหาวทยาลัย, กรุงเทพฯ.

ภพ เลาหไพบูลย์. (2537). *การสอนวิทยาศาสตร์ใน โรงเรียนมัธยมศึกษา*. เชียงใหม่: เชียงใหม่คอมเมอร์เชียล.

ภพ เลาหไพบูลย์. (2542). *แนวการสอนวิทยาศาสตร์*. (พิมพ์ครั้งที่ 3). กรุงเทพฯ: ไทยวัฒนาพาณิชย์.

มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช. (2546). *ประมวลสาระชุดวิชา การพัฒนาเครื่องมือสำหรับการประเมินการศึกษา* (พิมพ์ครั้งที่ 2). กรุงเทพฯ. โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.

เยาวดี รางชัยกกุล วิบูลย์ศรี. (2556). *การวัดผลและการสร้างแบบสอบผลสัมฤทธิ์*. (พิมพ์ครั้งที่ 11). กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ราตรี ยะคำ. (2560). *การวิจัยปฏิบัติการเพื่อพัฒนาสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง เชื้อเพลิงซากดึกดำบรรพ์และผลิตภัณฑ์*. (วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยนเรศวร, พิษณุโลก.

รสสุคนธ์ รุ้งประนมกร. (2558). *ผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่องแรงและการเคลื่อนที่ เพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ในศูนย์เครือข่ายการพัฒนาการศึกษาแม่ลาน้อย จังหวัดแม่ฮ่องสอน*. (วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต ไม่ได้ตีพิมพ์). มหาวิทยาสุโขทัยธรรมาธิราช นนทบุรี.

ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ. (2543). *เทคนิคการวิจัยทางการศึกษา*. (พิมพ์ครั้งงที่ 3). กรุงเทพฯ: สุวีริยาสาส์น.

วัฒนาพร ระงับทุกข์. (2542). *การจัดการเรียนการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง*. กรุงเทพฯ: เลิฟแอนด์เลิฟเพรส.

ศิริชัย กาญจนวาสี. (2552). *ทฤษฎีการทดสอบแบบดั้งเดิม*. (พิมพ์ครั้งที่ 6). กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ศูนย์ดำเนินงาน PISA แห่งชาติ สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2564). *ผลการประเมิน PISA 2018 การอ่าน คณิตศาสตร์ และวิทยาศาสตร์*. สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.(2546). *การจัดสาระการเรียนรู้กลุ่ม*. กรุงเทพฯ: สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.

สันติชัย อนุวรชัย. (2553). *ผลของการเรียนการสอนชีววิทยาด้วยรูปแบบการเรียนการสอนแบบสืบสอบร่วมกับกลวิธีการโต้แย้งที่มีต่อความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์*. (วิทยานิพนธ์ปริญญาครุศาสตรมหาบัณฑิต). จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.

สิรินภา กิจเกื้อกูล. (2556). ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์และตัวชี้วัดการเรียนรู้ (ตอนที่ 2). *วารสารศึกษาศาสตร์.15*(2),137-142.

สุทธิชาติ เปรมกมล. (2558). *ผลของการใช้การสืบสอบเน้นแบบจำลองเป็นฐานที่มีต่อความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์และการให้เหตุผลของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น*. (วิทยานิพนธ์ปริญญาครุศาสตรบัณฑิต). จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.

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

สุนีย์ คล้ายนิล. (2543). *การพัฒนาการศึกษาวิทยาศาสตร์ระดับโรงเรียนในประเทศไทย และผลกระทบที่เกิดขึ้น*. กรุงเทพฯ: สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยี.

สุรัสวดี ปะกิระเค. (2561). *การพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง ปรากฏการณ์ของโลกและเทคโนโลยีอวกาศ สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6*. (วิทยานิพนธ์ปริญญาครุศาสตรมหาบัณฑิต ไม่ได้ตีพิมพ์). มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม, มหาสารคาม.

สมนึก ภัททิยธนี. (2546). *การวัดผลการศึกษา*. (พิมพ์ครั้งที่ 4). กาฬสินธุ์: ประสานการพิมพ์.

ฮามีด๊ะ มูสอ. (2555). *การพัฒนาแบบจำลองทางความคิด เรื่องกรด-เบส ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ด้วยกจิ กรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจาลองเป็นฐาน*. (วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

Bloom Benjamin S., et al. (1956. *Taxonomy of Educational Objectives.* New York: David Mckay.

Buckley, B. C. Gobert, J. D., Kindfield, A. C. H., Horwitz, P., Tinker, R. F., Gerlits, B., Wilensky, U., Dede, C., & Willett, J, (2004). Model-based teaching and learning with biologic : What do they learn? How learn? How do we know?. *Journal of Sciemce Education and Technology,* 13(1), 23-41.

Chaimala. (2009). Conceptual Understanding, Scientific Explanation and Arguments in first year University Physics. *Development and evaluation of an intervention.*

Chin, C., & Brown, D. E. (2000). Learning in science: A comparison of deep and surface approaches. *Journal of Research in Science Teaching*, 37(2), 109-130.

Coll, K. R. & Lajium. D. (2011). Modeling amd the Future of Science. In S. M. Khine & M. I. Saleh (eds.). *Models and Modeling: Cognitive Tools for Scientific Enquiry:* Springer Science.

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

Gershenfeld, N. (2012). *Science uses model to explain aspects of the real world*. Retried Feb 18, 2014.

Gillbert, K. C., Boulter, J. C., & E mer, R. (2000). Positioning Models in Science education. *International Jornal of Science snd Mathematics Education*, 2, 115-120.

Gobert, J. D., & Buckley, B. C. (2002). Introduction to Model-based teaching and learning in Science Education. *Internayional of Science Education,* 22(9), 891-894.

Hake, R. R. (1998). Interactive-engagement versus traditional methods: A six-thousand-student survey of mechanics test data for introductory physics courses. *American journal of Physics, 66*(1), 64-74.

Hempel, G. A., & Oppenheim.P. (1967). *Scientific explanation*. Retrived Jan 18, 2014.

Klopfer, L.E. (1971). *Evaluation of Learning in Science,* Handbook on Formative and Summative Evaluation of Student Learning. New York: McGraw – Hill Book.

Krajcik, J. (2011). Supporting Supporting Students in Constrocting Evidence-Based Scientific Explanations. Retrieved April 30, 2015. From http://umaine.edu/center/files/2011/06/Bagor-presentation-Explanation-V4.pdf

Mattox.C.A, Reisner.A.B, & Rickey, D. (2006). What Happens When Chemical Compounds Are Added to Water? An Introduction to the Model-Observe-Reflect-Explain (MORE) Thinking Frame. *Journal of chemical education.*

Maia, P .F., & Justi, R. (2009).Learning of chemical equilibrium though modelling-based teaching. *International Journal of Science Education, 31*(5), 603-630.

McNeil, K. L., & Krajcik, J. S. (2006). Supporting Students' Construction of Scientific Explanation through Generic versus Context-Specific Written Scaffolds ncisla. Wceruw.org/ publications/reports/RR99-1.PDF.

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

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

Moji, B. E. e. a. (2004). *Explaning explanation: Developing scientific literacy in middle school project – based science.* Retrieved http://www.personal.umich.edu/-moje/pdf/Book/ExplainingExplanations.pdf April 24,2014.

National Research Council. National science education standards. Washington, D.C.: *National Academy of Science*.

National Science Teachers Association. (2006). Assessment in Science. *Practical Experiences and Education Research,* 89-106.

Neilson, D., Campbell, T., & Allred, B. (2010). Model-based inquiry in physics: A buoyant force module. *The Science Teacher*, *77*(8), 38-43.

Peker, D., & Wallace, S.C. (2011). Characterizing High School Students' Written Explanations in Biology Laboratories. *Research in Science Education*, 41,169-191.

Primo, R A. M., & al, e. (2010). Testing one premise of scientific inquiry in science classrooms: Examining students' scientific explanations and student learning. *Journal of Research in Science Teaching. 47*(5), 583-608.

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

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

Songer, N. B., Kelcey, B., & Gotwals, A.W. (2009). How and when does complex reasoning occur Empirically driven development of a learning progression focused on complex reasoning about biodiversity. *Journal of Research in Science Teaching*, 46(6), 610-631.

Tragard, P. (2012). *The cognitive science: Explanation, discovery, and conceptual change:* Mit Press.

Woody, A. I. (2015). Re-orienting discussions of scientific explanation: A functional perspective. Studies. *Studies in History and Philosophy of Science Part A*, 52, 79-B7.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

รายนามผู้เชี่ยวชาญในการตรวจคุณภาพเครื่องมือวิจัย

รายนามผู้เชี่ยวชาญในการตรวจคุณภาพเครื่องมือวิจัย

1. ชื่อ นางสุพิน จันทร์ลอย

สถานที่ทำงาน โรงเรียนบ้านหลุ่งประดู่ อำเภอห้วยแถลง จังหวัดนครราชสีมา

วุฒิการศึกษา ศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต วิชาเอก วิทยาศาสตร์ศึกษา มหาวิทยาลัยขอนแก่น

ประสบการณ์หรือความชำนาญ

1. ครูผู้สอน วิชาวิทยาศาสตร์พื้นฐาน ระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น
2. วิทยฐานะ ครูชำนาญการพิเศษ (คศ.3)

2. ชื่อ นางสาวสดใส สุขสุทธิ์

สถานที่ทำงาน โรงเรียนพิมายวิทยา อำเภอพิมาย จังหวัดนครราชสีมา

วุฒิการศึกษา ศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต วิชาเอก วิทยาศาสตร์ศึกษา มหาวิทยาลัยขอนแก่น

ประสบการณ์หรือความชำนาญ

1. ครูผู้สอน วิชาเคมี ระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย
2. วิทยฐานะ ครูชำนาญการพิเศษ (คศ.3)

3. ชื่อ นางยุทัยทิพย์ ชาครนิธิพงศ์

สถานที่ทำงาน โรงเรียนบ้านหนองปรือ อำเภอห้วยแถลง จังหวัดนครราชสีมา

วุฒิการศึกษา การศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชา หลักสูตรและการสอน

ประสบการณ์หรือความชำนาญ

1. ครูผู้สอน วิชาวิทยาศาสตร์พื้นฐาน ระดับชั้นประถมศึกษา
2. วิทยฐานะ ครูชำนาญการพิเศษ (คศ.3)

ภาคผนวก ข

เครื่องมือที่ใช้เก็บรวบรวมข้อมูล

แบบวัดความสามารถการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์
เรื่อง วัสดุและสสาร ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4

คำชี้แจง ข้อสอบทั้งหมดมี 5 ข้อ เป็นแบบทดสอบอัตนัย ให้นักเรียนตอบคำถามด้วยการอธิบายลงในกระดาษคำตอบ ตั้งแต่ข้อ 1-5 เวลาในการทำข้อสอบ 50 นาที

****

1. เมื่อเราไปไปเที่ยวที่อุทยานประวัติศาสตร์ เช่น ปราสาทหิน พบว่ามีพื้นที่กว้างขวางมาก ทางเดินปูไปด้วยก้อนหินขนาดใหญ่เรียงซ้อนกัน บริเวณซุ้มประตูมีรูปแกะสลักที่งดงามบนหิน ทั้งๆ ที่หินเหล่านี้เป็นวัสดุที่มีความแข็งมาก ซึ่งมีความทนทานต่อการขูดขีดทำให้เป็นรอยได้ยาก
ให้นักเรียนพิจารณาข้อความด้านบน และตอบคำถามต่อไปนี้

1.1 จากข้อความดังกล่าว นักเรียนคิดว่า คนสมัยก่อนแกะสลักหินได้อย่างไร และใช้อุปกรณ์อะไรในการแกะสลัก

.....
.....
.....
.....
.....

1.2 นักเรียนมีข้อมูลหรือหลักฐานใดสนับสนุนคำตอบของนักเรียนในข้อ 1.1

.....
.....
.....
.....
.....

1.3 อธิบายเหตุผลที่นักเรียนตอบในข้อ 1.1 และ 1.2

.....
.....
.....
.....

2.นำนมกล่องใส่ถุงพลาสติกจำนวน 3 กล่อง ใช้ยางรัดถุงพลาสติก แล้วนำไปแขวนที่ตะขอเป็นเวลาแตกต่างกัน ผลการทดลองเป็นดังนี้

ความยาวของเส้นผ่านศูนย์กลางของยางรัดก่อนแขวนถุพลาสติกใส่นมกล่อง (cm)	ความยาวของเส้นผ่านศูนย์กลางของยางรัดภายหลังแขวนถุงพลาสติกใส่กล่อง (cm) ในเวลาต่างกัน		
	5 นาที	20 นาที	40 นาที
3 cm	5 cm	7 cm	?

ให้นักเรียนพิจารณาข้อมูลในตารางแล้วตอบคำถามต่อไปนี้

2.1 เมื่อนักเรียนแขวนถุงพลาสติกที่ใส่นมกล่องไว้ระยะเวลา 40 นาที จะเกิดอะไรขึ้น เพราะเหตุใด

.....

.....

.....

.....

.....

2.2 นักเรียนมีข้อมูลหรือหลักฐานใดสนับสนุนคำตอบของนักเรียนในข้อ 2.1

.....

.....

.....

.....

.....

2.3 อธิบายเหตุผลที่นักเรียนตอบในข้อ 2.1 และ 2.2

.....

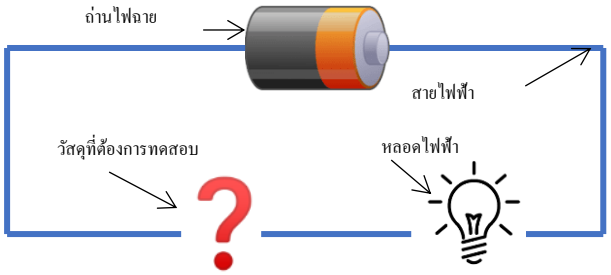
.....

.....

.....

.....

3.



การทดลองการนำไฟฟ้าของวัตถุ

วัตถุ	**ผลการเปลี่ยนแปลงของหลอดไฟฟ้า**
เหรียญ 1 บาท	
ลวดเสียบกระดาษ	
กระดาษ	
แท่งแก้วคนสาร	
ยางลบ	

3. ให้นักเรียนพิจารณาข้อมูลที่กำหนดให้ แล้วตอบคำถามต่อไปนี้

3.1 เมื่อนำวัตถุต่างๆในตารางมาทำการทดสอบจะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงใดขึ้นบ้าง

……

……

……

……

……

3.2 นักเรียนมีข้อมูลหรือหลักฐานใดสนับสนุนคำตอบของนักเรียนในข้อ 5.1

……

……

……

……

……

3.3 อธิบายเหตุผลที่นักเรียนตอบในข้อ 3.1 และ 3.2

……

……

……

……

……

4. การถ่ายโอนความร้อนเกิดขึ้นได้กับสารทั้งสามสถานะ ได้แก่ ของแข็ง เช่น พื้นดิน ของเหลว เช่น น้ำ แก๊ส เช่น อากาศ การนำความร้อน เป็นการถ่ายโอนความร้อนวิธีหนึ่ง โดยวัสดุที่นำความร้อนได้จะมีการถ่ายโอนความร้อนผ่านอนุภาคของวัสดุอย่างต่อเนื่องจากบริเวณที่มีอุณหภูมิสูงกว่าไปยังบริเวณที่มีอุณหภูมิต่ำกว่า เมื่อเราใช้มือจับช้อนที่วางในถ้วยแกงจืดที่ปรุงสุกใหม่ๆ ปรากฏว่ารู้สึกร้อนที่มือ

4.1 จากข้อความด้านบน นักเรียนคิดว่าเพราะเหตุใดเราจึงรู้สึกร้อนที่มือเมื่อใช้มือจับช้อน

.....

.....

.....

.....

.....

.....

4.2 นักเรียนมีข้อมูลหรือหลักฐานใดสนับสนุนคำตอบของนักเรียนในข้อ 4.1

.....

.....

.....

.....

.....

.....

4.3 อธิบายเหตุผลที่นักเรียนตอบในข้อ 4.1 และ 4.2

.....

.....

.....

.....

.....

.....

5. สสารจำนวน 3 ชนิด คือ ก. ข. และ ค. มีสมบัติด้านรูปร่างและปริมาตรดังนี้

สสาร	ปริมาตร	รูปร่าง
ก	ไม่เปลี่ยนแปลง	ไม่เปลี่ยนแปลง
ข	เท่ากับภาชนะที่บรรจุ	เปลี่ยนแปลงตามภาชนะ
ค	ไม่เปลี่ยนแปลง	เปลี่ยนแปลงตามภาชนะ

5.1 จากข้อมูลในตารางข้างต้น สสารต่อไปนี้มีคุณสมบัติตรงกับสสารใดในตาราง

1) ไอน้ำ ตรงกับสสาร.....เพราะเหตุใด.....

.....

2) น้ำมันพืช ตรงกับสสาร.....เพราะเหตุใด.....

.....

3) เกลือ ตรงกับสสาร.....เพราะเหตุใด.....

.....

5.2 นักเรียนมีข้อมูลหรือหลักฐานใดสนับสนุนคำตอบของนักเรียนในข้อ 5.1

……

……

……

……

……

……

5.3 อธิบายเหตุผลที่นักเรียนตอบในข้อ 5.1 และ 5.2

……

……

……

……

……

แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

วิชาวิทยาศาสตร์พื้นฐาน **เรื่อง วัสดุและสสาร**

จำนวน 35 ข้อ 35 คะแนน **เวลา 40 นาที**

คำชี้แจง จงเลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงคำตอบเดียว

1. วัสดุในข้อใดมีความแข็งแรงมากที่สุด

ก. **พลาสติก**มีคุณสมบัติทนต่อการฉีกขาด

ข. **ไม้**มีคุณสมบัติทนต่อการแตกหัก

ค. **ไม้บรรทัดเหล็ก**เมื่อนำไม้มาขูดแล้วไม่เกิดรอยขีดข่วน

ง. **เพชร**นำมาใช้ทำหินตัดเหล็กและโลหะได้

2. วัตถุ A ขูดบนวัตุ B เกิดรอยบนวัตถุ B แต่ถ้านำวัตถุ A และวัตถุ C มาขูดกัน มีรอยขูดบนวัตถุ A ข้อความใดสรุปถูกต้อง

ก. วัตถุ B มีความแข็งมากที่สุด

ข. วัตถุ A มีความแข็งมากกว่าวัตถุ C

ค. วัตถุ B มีความแข็งเท่ากับวัตถุ C

ง. วัตถุ C มีความแข็งมากกว่าวัตถุ A และ B

3. ข้อใดกล่าวถูกต้อง

ก. วัสดุที่มีความแข็งน้อยกว่าจะขูดวัสดุที่มีความแข็งน้อยกว่าเป็นรอยได้

ข. วัสดุใดที่ทนต่อแรงขูดขีดได้น้อย เราเรียกวัสดุนั้นว่าเป็นวัสดุที่มีความแข็ง

ค. วัสดุใดที่ทนต่อแรงขูดขีด เราเรียกวัสดุนั้นว่าเป็นวัสดุที่มีความแข็ง

ง. ถูกทุกข้อ

4. เมื่อนำตะปูไปขูดกับไม้บรรทัดเหล็กแล้วไม่มีรอยขูด เหตุใดจึงเป็นเช่นนั้น

ก.ตะปูมีความแข็งมากกว่าไม้บรรทัด เนื่องจากนำมาขูดกับไม้บรรทัดเหล็กแล้วไม่มีรอยขูด

ข. ไม้บรรทัดเหล็กมีความแข็งมากกว่าตะปูเนื่องจากนำตะปูมาขูดกับไม้บรรทัดเหล็กแล้วไม่เกิดรอยที่ไม้บรรทัดเหล็ก

ค.ตะปูและไม้บรรทัดเหล็กมีความแข็งเท่ากันเนื่องจากวัสดุทั้งสองสิ่งเมื่อนำมาขูดกันแล้วไม่เกิดรอย

ง.ไม่มีข้อใดถูก

5. เหตุใดจึงไม่นิยมนำไม้มาทำโครงสร้างอาคารใหญ่ๆ แต่นิยมใช้โลหะแทน

ก. เพราะโลหะมีราคาถูกกว่าไม้

ข. เพราะไม้เป็นวัสดุที่หายากมากกว่าโลหะ

ค. เพราะโลหะมีความสวยงามมากกว่าไม้

ง. เพราะโลหะมีความแข็งทนทานกว่าไม้ เหมาะสำหรับนำมาทำโครงสร้างของอาคารใหญ่ๆ

6. คุณสมบัติข้อใดของอะลูมิเนียมที่นำมาใช้ทำมีด

ก. ความคม

ข. การนำไฟฟ้า

ค. การนำความร้อน

ง. ความแข็งทนทาน

7. ปัจจุบันนี้รถยนต์เป็นยานพาหนะที่จำเป็นต่อการดำรงชีวิตและจำเป็นต่อการใช้เดินทางไปยังที่ต่างๆ และการดูแลบำรุงรักษารถก็เป็นสิ่งที่จำเป็นมากเช่นกัน การล้างทำความสะอาดรถก็เป็นอีกวิธีหนึ่งในการดูแลรักษารถ นักเรียนทราบหรือไม่ว่า เหตุใดผ้าเช็ดรถที่นำมาเช็ดรถเมื่อล้างรถเสร็จจำเป็นต้องมีคุณสมบัติที่อ่อนนุ่ม และเบาบางเป็นพิเศษ

ก. เพื่อให้ซับน้ำได้ดี แห้งเร็ว

ข. เพื่อรถยนต์สะอาดหมดจด ไม่มีฝุ่นเกาะ

ค. เนื่องจากส่วนประกอบภายนอกของรถยนต์ทำจากวัสดุที่ไม่แข็งมาก สามารถเกิดรอยขีดข่วนได้ง่าย จึงต้องใช้วัสดุที่มีความแข็งน้อยกว่าในการทำความสะอาด

ง. เนื่องจากส่วนประกอบภายนอกของรถยนต์ทำจากวัสดุที่มีความแข็งมาก จึงต้องใช้ผ้าที่อ่อนนุ่มเบาบางในการทำความสะอาด

8. เครื่องบินเป็นอากาศยานลอยฟ้าแบบหนึ่ง ที่มีความพิเศษ เครื่องบินบางลำก็ลำใหญ่มาก แต่ก็ยังสามารถบินได้แถมยังสามารถขนสัมภาระพร้อมกับผู้โดยสารได้เป็นจำนวนมาก และยังบินบนท้องฟ้าได้เป็นเวลานาน นักเรียนคิดว่าวัสดุใดที่เหมาะสมจะนำมาสร้างเครื่องบินมากที่สุด

ก. ใช้วัสดุที่มีความแข็งแรงทนทาน เช่น เหล็ก

ข. ใช้วัสดุที่มีราคาถูก เพื่อประหยัดงบประมาณ

ค. วัสดุที่มีความแข็งแรงทนทาน ทนต่อสภาพอากาศ แต่ต้องมีน้ำหนักเบา

ง. วัสดุที่มีน้ำหนักเบา เช่น พลาสติก เครื่องบิน จะได้บินขึ้นง่ายๆ

9. ข้อใดกล่าวได้ถูกต้อง

ก. ฟองน้ำ สามารถทนต่อแรงขูดขีดได้ดี

ข. แผ่นพลาสติกสามารถกลับคืนสู่รูปร่างเดิมเมื่อหยุดออกแรงกระทำ

ค. พลาสติกสามารถทนต่อแรงขูดขีดได้ดีกว่าไม้บรรทัดเหล็ก

ง. หนังยางสามารถกลับคืนสู่รูปร่างเดิมได้ดีกว่าดินน้ำมัน

10. วัสดุในข้อใดมีคุณสมบัติความยืดหยุ่นของวัสดุทั้งหมด

ก. ดินน้ำมัน , กระดาษ

ข. ยางรัด , เข็มกลัด

ค. แผ่นโฟม , ไม้จิ้มฟัน

ง. ฟองน้ำ , ยางพารา

11. เหตุใดวัสดุที่เคยมีสภาพยืดหยุ่นจึงหมดสภาพยืดหยุ่นได้

ก. วัสดุนั้นไม่เคยมีแรงใดๆ มากระทำเลย

ข. วัสดุนั้นมีแรงมากระทำมากเกินไป

ค. วัสดุนั้นถูกแรงกระทำบ่อยๆ

ง. ถูกทั้ง ข้อ ข. และ ค.

12. ข้อใดกล่าวไม่ถูกต้องเกี่ยวกับ “สภาพยืดหยุ่น”

ก. วัสดุแต่ละชนิดมีสภาพยืดหยุ่นไม่แตกต่างกัน

ข. วัสดุที่เปลี่ยนแปลงรูปร่างเมื่อมีแรงมากระทำแต่ไม่สามารถกลับคืนสู่รูปร่างเดิมได้แสดงว่า มีสภาพยืดหยุ่น

ค.วัสดุที่มีการเปลี่ยนแปลงรูปร่างเมื่อมีแรงมากระทำแต่ไม่สามารถกลับคืนสู่รูปร่างเดิมได้เมื่อหยุดออกแรงกระทำแสดงว่า มีสภาพยืดหยุ่น

ง. ถูกทุกข้อ

13. เหตุใดจึงนิยมนำฟองน้ำมาทำเบาะนั่งมากกว่าไม้หรือพลาสติก

ก. ฟองน้ำมีราคาถูก

ข. ฟองน้ำหาง่าย

ค. ฟองน้ำมีความยืดหยุ่นและนุ่ม

ง. ไม้หรือพลาสติกมีความทนทานน้อยกว่าฟองน้ำ

14. วัสดุที่มีสมบัติใดที่เหมาะสมสำหรับทำเบาะชุดรับแขก

ก. ยอมให้แสงผ่าน

ข. ยืดกยุ่นและนุ่ม

ค. มีความแข็ง

ง. เป็นฉนวนความร้อน

15. ข้อใดสอดคล้องกับสมบัติของสภาพยืดหยุ่นของวัสดุมากที่สุด

ก. ผ้าขนหนูเป็นวัสดุที่ซึมซับน้ำได้แสดงว่าผ้าขนหนูมีสภาพยืดหยุ่น

ข. เก้าอี้บนรถโดยสารสามารถปรับเอนขึ้นลงได้แสดงว่าเก้าอี้โดยสารมีสภาพยืดหยุ่น

ค. ยางรถยนต์เมื่อถูกแรงกระแทกเกิดการยุบตัวและสามารถกลับคืนสู่สภาพเดิมได้แสดงว่ายางรถยนต์มีสภาพยืดหยุ่น

ง. ไม่มีข้อใดถูก

16. จะใช้หลักการใดในการระบุว่าวัสดุนั้นไม่มีสภาพยืดหยุ่น

ก. วัสดุที่มีการเปลี่ยนรูปร่างเมื่อเมื่อมีแรงมากระทำ เราเรียกว่า วัสดุนั้นไม่มีสภาพยืดหยุ่น

ข. วัสดุที่มีการเปลี่ยนแปลงรูปร่างเมื่อมีแรงมากระทำ และสามารถกลับคืนสู่สภาพเดิมได้ เราเรียกว่า วัสดุนั้นไม่มีสภาพยืดหยุ่น

ค. วัสดุที่มีการเปลี่ยนแปลงรูปร่างเมื่อมีแรงมากระทำแต่ไม่สามารถกลับสู่สภาพเดิมได้เมื่อหยุดออกแรงกระทำ เรียกว่า วัสดุนั้นไม่มีสภาพยืดหยุ่น

ง. วัสดุที่มีสภาพยืดหยุ่นจะหมดสภาพความยืดหยุ่นได้ หากออกแรงกระทำมากเกินไป ออกแรงกระทำบ่อยๆ หรือนานๆ

17. สิ่งของในข้อใดที่จัดอยู่ในกลุ่มเดียวกัน หากใช้สมบัติการนำความร้อนเป็นเกณฑ์

ก. ดินสอ ตะปู

ข. อะลูมิเนียม ผ้าขนหนู

ค. ถุงพลาสติก กล่องนม

ง. ลวดทองแดง กระดาษแข็ง

18. เมื่อนำทัพพี ก และ ข วางไว้ในหม้อต้มแกงเขียวหวานที่กำลังเดือด พบว่าเมื่อจับด้ามทัพพี ก แล้วรู้สึกร้อน แต่จับด้ามทัพพี ข แล้วไม่รู้สึกร้อน ทัพพี ก และ ข ทำจากวัสดุใด ตามลำดับ

ก. โลหะ ไม้

ข. ไม้ ยาง

ค. ไม้ พลาสติก

ง. พลาสติก โลหะ

19. วัสดุในข้อใดสามารถนำความร้อนได้ดีที่สุดเพราะเหตุใด

ก. แก้ว เนื่องจากแก้วยอมให้ความร้อนผ่านได้ดี

ข. ไม้ เนื่องจากไม้เป็นฉนวนความร้อน

ค. อะลูมิเนียม เนื่องจากอะลูมิเนียมเป็นวัสดุประเภทโลหะและยอมให้ความร้อนผ่านได้ดี

ง. ไม่มีข้อใดถูก

20. เพราะเหตุใดจึงนิยมนำสแตนเลสมาทำภาชนะหุงต้ม

ก. ไม่มีความยืดหยุ่น

ข. สามารถนำไฟฟ้าได้ดี

ค. เป็นฉนวนความร้อนที่ดี

ง. สามารถนำความร้อนได้ดี

21. ข้อใดสอดคล้องกันมากที่สุด

ก. อะลูมิเนียมนำความร้อนได้น้อยกว่าเหล็ก ดังนั้น อะลูมิเนียมเป็นฉนวนความร้อน

ข. พลาสติกและกระเบื้องนำความร้อนได้ไม่ดี ดังนั้น พลาสติกและกระเบื้องเป็นฉนวนความร้อน

ค. ทองแดงนำความร้อนได้ดี ดังนั้นทองแดงเป็นฉนวนความร้อน

ง. เมื่อนำโลหะมาตั้งบนเตา ความร้อนในเตาจะถูกถ่ายโอนมาที่อาหาร ดังนั้น โลหะเป็นฉนวนความร้อน

22. จะเกิดอะไรขึ้นเมื่อเรานำวัสดุที่เป็นตัวนำความร้อนไปวางไว้บนเตาที่มีเชื้อเพลิง

ก. ไม่เกิดการถ่ายโอนความร้อน

ข. เกิดการถ่ายโอนความร้อนได้ไม่ดี หรือถ่ายโอนความร้อนได้เล็กน้อย

ค. วัสดุจะถ่ายโอนความร้อนจากเตาเชื้อเพลิงจากบริเวณที่มีอุณหภูมิต่ำกว่าไปยังบริเวณที่มีอุณหภูมิสูงกว่า

ง. วัสดุจะถ่ายโอนความร้อนจากเตาเชื้อเพลิงจากบริเวณที่มีอุณหภูมิสูงกว่าไปยังบริเวณที่มีอุณหภูมิต่ำกว่า

23. สิ่งของในข้อใดที่มีคุณสมบัติการนำไฟฟ้าทั้งหมด

ก. เงิน พลาสติก

ข. บีกเกอร์ ใส้ดินสอ

ค. หลอดไฟฟ้า โหลแก้ว

ง. ลวดทองแดง เข็มเย็บผ้า

24. วัสดุในข้อใดเป็นฉนวนไฟฟ้า เพราะเหตุใด

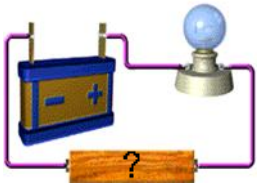
ก. ทองคำ เนื่องจากทองคำนำไฟฟ้าได้ดี

ข. ไม้ เนื่องจากไม้นำไฟฟ้าได้ดี

ค. ผ้า เนื่องจากผ้าไม่ยอมให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านได้

ง. กระดาษ เนื่องจากกระดาษยอมให้กระแสไฟไหลผ่านได้

25.



จากรูปด้านบน วัสดุ ? ควรเป็นวัสดุใดหากต้องการให้หลอดไฟสว่าง เพราะเหตุใด

ก. ไม้ เพราะไม้ยอมให้กระแสไฟฟ้าผ่านได้ดี

ข. พลาสติก เพราะเป็นตัวนำไฟฟ้าได้

ค. กระดาษ เพราะเป็นฉนวนไฟฟ้า

ง. ลวดทองแดง เพราะเป็นตัวนำไฟฟ้า และยอมให้

26. เหตุใดจึงนิยมนำพลาสติกมาเป็นฉนวนไฟฟ้า

ก. นำไฟฟ้าฟ้าได้ดี

ข. ยอมให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านได้ดี

ค. ไม่ยอมให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่าน

ง. ไม่มีข้อใดถูก

27. เราใช้สมบัติใดของการนำไฟฟ้าของวัสดุในการนำมาทำเต้าเสียบ

ก. สมบัติด้านการยอมให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่าน บริเวณขาของเต้าเสียบเป็นตัวนำไฟฟ้า บริเวณที่จับเป็นฉนวนไฟฟ้า

ข. สมบัติด้านการยอมให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่าน บริเวณขาของเต้าเสียบเป็นฉนวนไฟฟ้า บริเวณที่จับเป็นตัวนำไฟฟ้า

ค. สมบัติการนำไฟฟ้าของวัสดุ บริเวณขาของเต้าเสียบเป็นโลหะ สามารถนำไฟฟ้าได้ดีกว่าบริเวณที่จับซึ่งเป็นพลาสติก

ง. สมบัติการนำไฟฟ้าของวัสดุ บริเวณขาของเต้าเสียบเป็นโลหะ สามารถนำไฟฟ้าได้น้อยกว่าบริเวณที่จับซึ่งเป็นพลาสติก

28. จะเกิดอะไรขึ้นเมื่อเรานำวัสดุต่างชนิดกันมาต่อกับวงจรไฟฟ้าอย่างง่ายเพื่อทดสอบความสว่างของหลอดไฟ

ก. แม้จะเป็นวัสดุที่ต่างกันก็สามารถนำไฟฟ้าได้เหมือนกัน จึงทำให้หลอดไฟฟ้าสว่างขึ้นได้

ข. วัสดุแต่ละชนิดนำไฟฟ้าได้แตกต่างกัน วัสดุที่นำไฟฟ้าได้จะทำให้หลอดไฟฟ้าสว่างขึ้น

ค. วัสดุแต่ละชนิดนำไฟฟ้าได้แตกต่างกัน วัสดุที่ไม่นำไฟฟ้าทำให้หลอดไฟฟ้าไม่สว่าง

ง. ถูกทั้งข้อ ข. และ ค.

ง. สามารถนำไปทำวัสดุที่นำกระแสไฟฟ้าไปยังเครื่องใช้ไฟฟ้าในบ้านได้

29. ข้อใดเป็นลักษณะสำคัญของฉนวนไฟฟ้า

ก. ยอมให้กระแสไฟฟ้าผ่านได้ดี

ข. ไม่ยอมให้กระแสไฟฟ้าผ่านได้หรือผ่านได้ไม่ดี

ค.เมื่อนำมาต่อกับวงจรไฟฟ้าอย่างง่ายจะทำให้หลอดไฟฟ้าสว่างขึ้น

ง.กระแสไฟฟ้าไหลผ่านได้ดี

30. “วัตถุต่างๆ ที่อยู่รอบตัวเรา จะมีรูปร่าง ขนาด สี ที่แตกต่างกัน แต่วัตถุต่างๆ เหล่านั้นล้วนแล้วแต่มีสิ่งที่เหมือนกัน คือ เป็นสิ่งที่มีมวลและต้องการที่อยู่” ข้อความดังกล่าวบอกถึงสิ่งใด

ก. สาร

ข. สสาร

ค. สถานะของสาร

ง. สมบัติของสาร

31. สมบัติข้อใดของสสารที่ทำให้รูปร่างของสสารเปลี่ยนแปลงไปตามรูปร่างของภาชนะที่บรรจุ แต่ยังคงมีปริมาตรเท่าเดิม

ก. มีช่องว่างระหว่างอนุภาคมากและอยู่ห่างกันมาก อนุภาคสามารถเคลื่อนที่ได้ทุกทิศทาง

ข. มีช่องว่างระหว่างอนุภาคอยู่บ้าง ทำให้อนุภาคมีอิสระในการเคลื่อนที่

ค. มีอนุภาคเรียงชิดติดกันอย่างหนาแน่น

ง. ไม่มีข้อใดถูก

32. ข้อใดมีสสารครบทุกสถานะ

ก. เกลือ น้ำแข็ง น้ำ

ข. ลูกเหม็น น้ำดื่ม แอลกอฮอล์

ค. แก๊สออกซิเจน ไอน้ำ น้ำมันพืช

ง. น้ำเต้าหู้ น้ำตาลทราย ไอ้น้ำ

33. สสารในข้อใดมีอนุภาคเรียงชิดติดกันหนาแน่นและอยู่ในสถานะใด

ก. หมอก มีสถานะเป็นของเหลว

ข. น้ำปลา มีสถานะเป็นของเหลว

ค. แท่งเหล็ก มีสถานะเป็นของแข็ง

ง. นมสด มีสถานะเป็นแก๊ส

34. เมื่อเราต้องการใช้น้ำหรือต้องการนำน้ำจากที่หนึ่งไปยังอีกที่หนึ่ง แต่เราไม่สามารถหยิบน้ำขึ้นมาได้ ควรทำอย่างไรเพื่อที่จะนำน้ำมาใช้ได้

ก. เทน้ำเพื่อให้น้ำไหลไปยังที่ที่ต้องการแล้วน้ำก็จะไปรวมตัวกันเอง

ข. ไปซื้อน้ำจากบริเวณที่ต้องการใช้น้ำ

ค. ใช้ภาชนะในการตักน้ำหรือใช้อุปกรณ์เช่นสายยางนำน้ำจากอีกที่หนึ่งไปยังที่หนึ่ง

ง. ไม่มีข้อใดถูก

35. ทุกข้อเป็นการนำสมบัติการเปลี่ยนแปลงสถานะของสสารมาใช้ประโยชน์ ยกเว้นข้อใด

ก. การหล่อเทียน การหล่อพระพุทธรูป

ข. การทำน้ำแข็ง การทำไอศกรีม

ค. การทำโครงสร้างของอาคารขนาดใหญ่

ง. การทำฝนเทียมโดยใช้สารเคมี

มหาวิทยาลัย
ศิลปากร

ภาคผนวก ค

เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3

หน่วยการเรียนรู้ เรื่อง วัสดุและสสาร หน่วยย่อยเรื่อง สมบัติของวัสดุ

เรื่อง สมบัติการนำความร้อนวัสดุ

รหัส – ชื่อรายวิชาว. 14101 วิทยาศาสตร์พื้นฐาน กลุ่มสาระการเรียนรู้ วิทยาศาสตร์

ชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 ภาคเรียนที่ 1 เวลา 3 ชั่วโมง

<u>มาตรฐานการเรียนรู้/ตัวชี้วัด</u>

<u>มาตรฐานการเรียนรู้</u>

มาตรฐาน ว 2.1 เข้าใจสมบัติของสสาร องค์ประกอบของสสาร ความสัมพันธ์ระหว่างสมบัติของสสาร

กับโครงสร้างและแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาค หลักและธรรมชาติของการเปลี่ยนแปลงสถานะของสสาร การเกิดสารละลาย และการเกิดปฏิกิริยาเคมี

<u>ตัวชี้วัด ว 2.1 ป.4.1, ป.4.2</u>

1. เปรียบเทียบสมบัติทางกายภาพด้านความแข็ง สภาพยืดหยุ่น การนำความร้อน และการนำไฟฟ้าของ

วัสดุโดยใช้หลักฐานเชิงประจักษ์จากการทดลองและระบุการนำสมบัติเรื่องความแข็ง สภาพยืดหยุ่น การนำความร้อน และการนำ ไฟฟ้าของวัสดุไปใช้ในชีวิตประจำวัน ผ่าน กระบวนการออกแบบชิ้นงาน

2. แลกเปลี่ยนความคิดกับผู้อื่น โดยการอภิปราย เกี่ยวกับสมบัติทางกายภาพของวัสดุอย่างมีเหตุผลจากการทดลอง

<u>จุดประสงค์การเรียนรู้</u>

1. บอกสมบัติการนำความร้อนและยกตัวอย่างวัสดุที่นำความร้อนได้
2. เปรียบเทียบคุณสมบัติการนำความร้อนวัสดุได้
3. บอกการนำคุณสมบัติการนำความร้อนไปใช้ในชีวิตประจำวันได้
4. บอกความแตกต่างระหว่างวัสดุที่เป็นตัวนำความร้อนและวัสดุที่เป็นฉนวนความร้อน

สาระสำคัญ

นอกจากวัสดุจะมีสมบัติด้านความแข็งและสภาพยืดหยุ่นแล้ววัสดุบางชนิดยังมีสมบัติด้านการนำความร้อน เช่น ของใช้บางชนิดในครัวที่ต้องใช้ความร้อนในการทำให้อาหารสุกก็ต้องทำจากวัสดุที่นำความร้อนได้

วัสดุแต่ละชนิดเมื่อได้รับความร้อนแล้วจะยอมให้ความร้อนผ่านได้ไม่เท่ากัน วัสดุที่ยอมให้ความร้อนผ่านได้ดี เราเรียกวัสดุนั้นว่า **ตัวนำความร้อน** ซึ่งส่วนใหญ่เป็นวัสดุประเภทโลหะ เช่น เงิน ทองแดง เหล็ก อะลูมิเนียม

ส่วนวัสดุที่ไม่ยอมให้ความร้อนผ่านได้ เราเรียกวัสดุนั้นว่า **ฉนวนความร้อน** ซึ่งวัสดุที่เป็นฉวนความร้อน เช่น แก้ว พลาสติก ผ้า กระดาษ กระเบื้อง ไม้

การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

กิจกรรมการเรียนรู้

ขั้นที่ 1 การสร้างแบบจำลองทางความคิด

- ครูพานักเรียนไปที่สนามขณะที่มีแสงแดดจัด แจกกระป๋องทาสีดำด้านหนึ่ง อีกด้านหนึ่งทาสีขาว ติดก้อนดินน้ำมันขนาดเท่ากันด้านละ 1 ก้อน ให้แต่ละกลุ่ม สังเกตการเปลี่ยนแปลง
- นักเรียนแต่ละกลุ่มส่งตัวแทนเสนอผลการสังเกตดินน้ำมันที่ติดข้างกระป๋องสีใดดินน้ำมันละลายเร็วกว่ากัน
- ให้นักเรียนยกตัวอย่างวัสดุขึ้นมา 4-5 อย่าง จากนั้นให้นักเรียนลองเขียนสัญลักษณ์รูปภาพในแบบบันทึกที่ครูเตรียมให้แสดงการเรียงลำดับการนำความร้อนของวัสดุแต่ละชนิด ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายสัญลักษณ์ที่นักเรียนสร้างขึ้น

ขั้นที่ 2 การทดสอบแบบจำลอง

ให้นักเรียนทำการทดลองเรื่อง การนำความร้อนของวัสดุ เมื่อได้ผลการทดทองแล้วให้นักเรียนสรุปผลการทดลอง จากนั้นให้นักเรียนตรวจสอบความสอดคล้องกับแบบจำลองที่สร้างขึ้น ครูให้นักเรียนใช้ดินน้ำมันแสดงสมบัติการนำความร้อนของวัสดุ โดยใช้ขนาดหรือรูปร่างของดินน้ำมันแทนการเรียนลำดับการการนำความร้อนของวัสดุ และอาจใช้สีของดินน้ำมันแสดงถึงวัสดุที่นำความร้อนและไม่นำความร้อน(ฉนวนความร้อน)และนักเรียนต้องสามารถอธิบายแบบจำลองที่ตนเองสร้างขึ้นมาได้ว่าแบบจำลองที่นักเรียนสร้างขึ้นแสดงค่าการนำความร้อนของวัสดุอย่างไร เช่น ขนาดดินน้ำมันขนาดใหญ่ แทนความการนำความร้อนมากกว่า หรือขนาดดินน้ำมันขนาดเล็กแทนค่าการนำความร้อนที่น้อยกว่า

ขั้นที่ 3 การดัดแปลงแก้ไขแบบจำลอง

แต่ละกลุ่มนำเสนอแบบจำลองที่กลุ่มตนเองสร้างขึ้น ขั้นนี้ครูและเพื่อนกลุ่มอื่นสามารถซักถาม อภิปรายร่วมกัน นักเรียนจะได้เห็นความแตกต่างของแบบจำลอง ซึ่งจะกิดกระบวนการโน้มน้าวจนเกิดการเปลี่ยนแปลงแก้ไขแบบจำลอง จากนั้นครูแจกใบความรู้เรื่องการนำความร้อนของวัสดุ เพื่อให้นักเรียนมีความเข้าใจในเนื้อหาที่ถูกต้องมากขึ้น และนำความรู้มาดัดแปลงแก้ไขแบบจำลองให้ดียิ่งขึ้น

ขั้นที่ 4 การขยายแบบจำลอง

นักเรียนจะใช้แบบจำลองที่ผ่านการแก้ไขแล้ว มาอธิบายและทำนายปรากฏการณ์อื่นๆ เช่น นักเรียนสามารถใช้แบบจำลองในการบอกคุณสมบัติการนำความร้อนของวัสดุได้

สื่อ – อุปกรณ์ แหล่งเรียนรู้

1. แบบบันทึกการทดลอง เรื่อง สมบัติการนำความร้อนของวัสดุ
2. ใบความรู้เรื่องสมบัติการนำความร้อนของวัสดุ
3. แบบบันทึกการสร้างแบบจำลองเรื่องสมบัติการนำความร้อนของวัสดุ
4. ดินน้ำมัน
5. แบบทดสอบเรื่องสมบัติการนำความร้อนของวัสดุ

การวัดและประเมินผล

จุดประสงค์	วิธีวัดและประเมินผล	เครื่องมือที่ใช้วัดและประเมินผล	เกณฑ์การประเมิน
1. อธิบายสมบัติการนำความร้อนและยกตัวอย่างวัสดุที่นำความร้อนได้	- การทดลองเรื่องสมบัติการนำความร้อนของวัสดุ	-แบบบันทึกผลการทดลองและสรุปผลการทดลอง	ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 60
2. เปรียบเทียบคุณสมบัติการนำความร้อนของวัสดุได้	- การสร้างแบบจำลองในการอธิบายสมบัติการนำความร้อนของวัสดุ	แบบบันทึกการอธิบายแบบจำลองการนำความร้อนของวัสดุ	ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 60

จุดประสงค์	วิธีวัดและประเมินผล	เครื่องมือที่ใช้วัดและประเมินผล	เกณฑ์การประเมิน
3. บอกการนำคุณสมบัติการนำความร้อนของวัสดุไปใช้ในชีวิตประจำวันได้	- แบบทดสอบ	แบบทดสอบการวัดผลสัมฤทธิ์และแบบวัดความ สามรถการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์	ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 60
4. บอกความแตกต่างระหว่างวัสดุที่เป็นตัวนำความร้อนและวัสดุที่เป็นฉนวนความร้อน	- แบบทดสอบ	แบบทดสอบการวัดผลสัมฤทธิ์และแบบวัดความ สามรถการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์	ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 60

การทดลองเรื่อง สมบัติการนำความร้อนของวัสดุ

วัสดุอุปกรณ์

1. ช้อนเกียบโลหะ 1 อัน
2. ตะเกียบไม้ 1 ข้าง
3. ช้อนพลาสติก 1 อัน
4. แท่งแก้วคนสาร 1 แท่ง
5. ดินน้ำมัน 1 ก้อน
6. บีกเกอร์ขนาด 250 ลูกบาศก์เซนติเมตร 1 .ใบ
7. น้ำร้อนที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส

วิธีทำการทดลอง

1. นักเรียนแบ่งกลุ่ม แต่ละกลุ่มปั้นดินน้ำมันขนาดเท่ากันจำนวน 4 ก้อน ติดกับปลายช้อนโลหะ ตะเกียบไม้ ช้อนพลาสติก และแท่งแก้วคนสาร โดยให้อยู่ในระดับความสูงเดียวกัน
2. ใส่น้ำร้อนปริมาณ 200 ลูกบาศก์เซนติเมตร ลงในบีกเกอร์ นำวัสดุทั้ง 4 ชนิด ใส่ลงในบีกเกอร์พร้อมๆ กัน แล้วสังเกตลำดับที่ดินน้ำมันหลุดร่วงลงมา

ตารางบันทึกผลการทดลอง

ลำดับที่ดินน้ำมันหลุดร่วงลงมาของวัตถุแต่ละชนิด

วัสดุ	ชนิดของวัสดุ	ลำดับที่ดินน้ำมันร่วงหลุดลงมา
1. ช้อนโลหะ		
2. ตะเกียบไม้		
3. ช้อนพลาสติก		
4. แท่งแก้วคนสาร		

จากการทดลอง จงตอบคำถามต่อไปนี้

1. ช้อนโลหะ ตะเกียบไม้ ช้อนพลาสติก และแท่งแก้วคนสาร ทำจากวัสดุชนิดใดบ้าง

.....

.....

.....

.....

.....

2. ดินน้ำมันมีการเปลี่ยนแปลงอย่างไร เพราะเหตุใดจึงเป็นเช่นนั้น

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

3. ดินน้ำมันร่วงเร็วที่สุดบนวัสดุชนิดใดและร่วงช้าสุดบนวัสดุชนิดใด

.....

.....

.....

.....

.....

4. สรุปผลการทดลองได้ว่าอย่างไร

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

<u>แบบบันทึกการออกแบบจำลองด้านการนำความร้อนของวัสดุ ตอนที่ 1</u>

คำชี้แจง ให้นักเรียนวาดรูปสัญลักษณ์แทนการเรียงลำดับการนำความร้อนของวัสดุ

วัสดุ	สัญลักษณ์แทนการเรียงลำดับการนำความร้อนของวัสดุ

ให้นักเรียนอธิบายสัญลักษณ์ที่นักเรียนสร้างขึ้นว่ามีความสัมพันธ์การนำความร้อนของกับวัสดุอย่างไร

.....

.....

.....

.....

<u>แบบบันทึกการออกแบบจำลองด้านสภาพความยืดหยุ่นของวัสดุ ตอนที่ 2</u>

คำชี้แจง ให้นักเรียนปั้นดินน้ำมันโดยใช้ขนาดหรือรูปร่างของดินน้ำมันแทนการเรียนลำดับการการนำความร้อนของวัสดุ และใช้สีของดินน้ำมันแสดงถึงวัสดุที่นำความร้อนและไม่นำความร้อน(ฉนวนความร้อน)

วัสดุ	สัญลักษณ์แทนการเรียงลำดับการนำความร้อนของวัสดุ

ให้นักเรียนอธิบายแบบจำลองที่นักเรียนสร้างขึ้นว่ามีความสัมพันธ์กับการนำความร้อนวัสดุอย่างไร

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

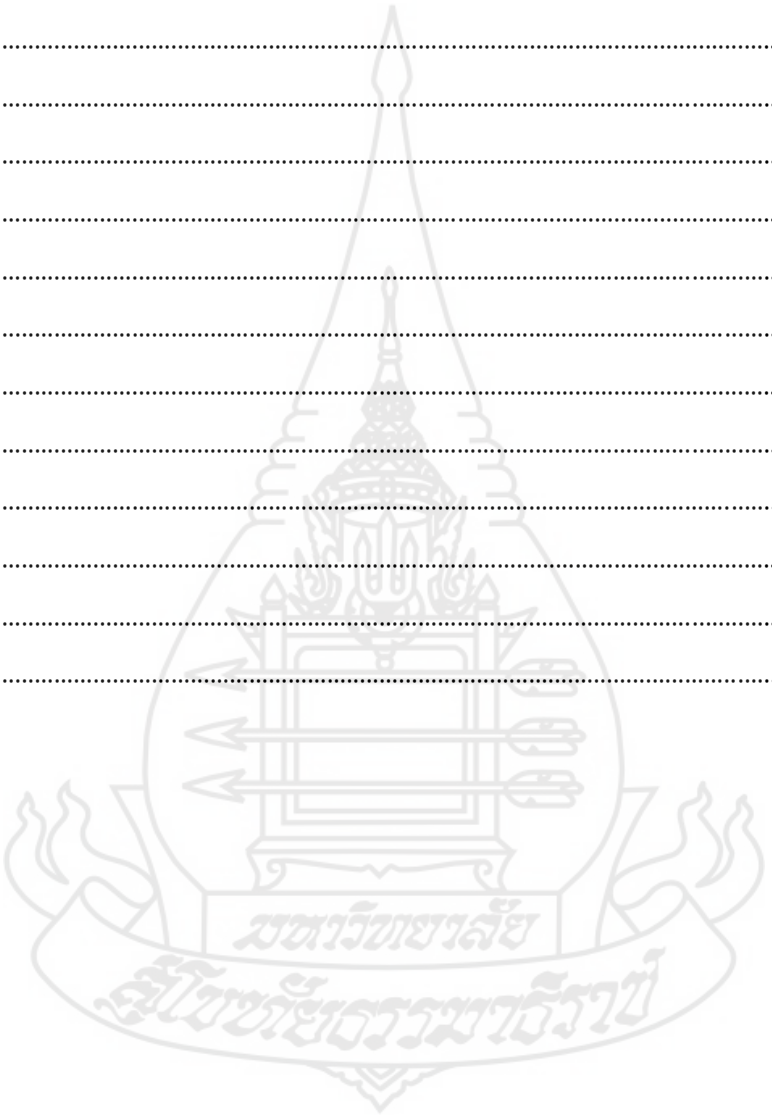
.....

.....

.....

.....

.....



ภาคผนวก ง

คุณภาพของเครื่องมือที่ใช้ในการรวบรวมข้อมูล

ประสิทธิภาพของเครื่องมือวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยเพื่อเก็บรวบรวมข้อมูล คือ แบบประเมินความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ ได้หาประสิทธิภาพของเครื่องมือวิจัย ดังนี้

1. ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบประเมินความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ ได้ผลดังตารางภาคผนวกที่ 1

ตารางภาคผนวกที่ 1 ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) จากความเห็นของผู้เชี่ยวชาญของแบบประเมินความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์

แบบประเมินความตรงเชิงเนื้อหาของแบบวัดความสามารถการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง วัสดุและสสาร ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4

ข้อสอบข้อที่	คะแนนการพิจารณาของผู้เชี่ยวชาญ			รวม	ค่า IOC	การแปลความหมาย
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3			
1	1	1	1	3	1	วัดได้สอดคล้อง
2	1	1	1	3	1	วัดได้สอดคล้อง
3	1	1	1	3	1	วัดได้สอดคล้อง
4	1	1	1	3	1	วัดได้สอดคล้อง
5	1	1	1	3	1	วัดได้สอดคล้อง
6	1	1	1	3	1	วัดได้สอดคล้อง
7	1	1	1	3	1	วัดได้สอดคล้อง
8	1	1	1	3	1	วัดได้สอดคล้อง
9	1	1	1	3	1	วัดได้สอดคล้อง
10	-1	1	1	2	0.67	วัดได้สอดคล้อง

การหาดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของวัดความสามารถการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง วัสดุและสสาร ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 จากการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน แบบวัดแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่ผ่านการประเมินค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) มีจำนวน 10 ข้อ ได้แก่ 1,2,3,4,5,6,7,8,9 และ 10, โดยมีเกณฑ์การคัดเลือกเฉพาะข้อสอบที่มีค่า IOC ตั้งแต่ 0.67

2. ค่าความยากง่ายและค่าอำนาจจำแนกของแบบประเมินความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ ได้ผลดังตารางภาคผนวกที่ 2

ตารางภาคผนวกที่ 2 ค่าความยากง่ายและค่าอำนาจจำแนกของแบบประเมินความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ โดยการจำแนกเป็นรายข้อ

ข้อที่	ค่าความยากง่าย (p)	ค่าอำนาจจำแนก (r)
1	0.57	0.61
2	0.30	0.26
3	0.30	0.78
4	0.74	0.26
5	0.26	0.26
6	0.22	0.52
7	0.69	0.26
8	0.30	0.87
9	0.22	0.26
10	0.61	0.26

จากตารางภาคผนวกที่ 2 พบว่า ค่าความยากง่ายอยู่ระหว่าง 0.22 – 0.74 ค่าอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง 0.26 – 0.87 และมีค่าความเที่ยง (Reliability) โดยใช้การคำนวณสูตรสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สัน ได้ค่าสัมประสิทธิ์เท่ากับ 0.80

3. ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ได้ผลดังตาราง ภาคผนวกที่ 3

ตารางภาคผนวกที่ 3 ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) จากความเห็นของผู้เชี่ยวชาญของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ข้อสอบข้อที่	คะแนนการพิจารณรของผู้เชี่ยวชาญ			รวม	ค่า IOC	การแปลความหมาย
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3			
1	1	1	1	3	1	วัดได้สอดคล้อง
2	1	1	1	3	1	วัดได้สอดคล้อง
3	1	1	1	3	1	วัดได้สอดคล้อง
4	1	1	1	3	1	วัดได้สอดคล้อง
5	1	1	1	3	1	วัดได้สอดคล้อง
6	1	1	1	3	1	วัดได้สอดคล้อง
7	1	1	1	3	1	วัดได้สอดคล้อง
8	1	1	1	3	1	วัดได้สอดคล้อง
9	1	1	1	3	1	วัดได้สอดคล้อง
10	1	1	1	3	1	วัดได้สอดคล้อง
11	1	1	1	3	1	วัดได้สอดคล้อง
12	1	1	1	3	1	วัดได้สอดคล้อง
13	1	1	1	3	1	วัดได้สอดคล้อง
14	1	1	1	3	1	วัดได้สอดคล้อง
15	1	1	1	3	1	วัดได้สอดคล้อง
16	1	1	1	3	1	วัดได้สอดคล้อง
17	-1	1	1	1	0.33	ควรปรับปรุง
18	1	1	1	3	1	วัดได้สอดคล้อง
19	1	1	1	3	1	วัดได้สอดคล้อง
20	1	1	1	3	1	วัดได้สอดคล้อง
21	1	1	1	3	1	วัดได้สอดคล้อง
22	1	1	1	3	1	วัดได้สอดคล้อง

ข้อสอบข้อที่	คะแนนการพิจารณรของผู้เชี่ยวชาญ			รวม	ค่า IOC	การแปลความหมาย
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3			
23	1	1	1	3	1	วัดได้สอดคล้อง
24	1	1	1	3	1	วัดได้สอดคล้อง
25	1	1	1	3	1	วัดได้สอดคล้อง
26	1	1	1	3	1	วัดได้สอดคล้อง
27	1	1	1	3	1	วัดได้สอดคล้อง

จากตารางภาคผนวกที่ 3 พบว่า ข้อสอบที่ใช้ได้มี จำนวน 39 ข้อสอบมีค่าดัชนีความสอดคล้องต่ำกว่า 0.5 จำนวน 1 ข้อ

4. ค่าความยากง่ายและค่าอำนาจจำแนกของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ได้ผลดังตาราง ภาคผนวกที่ 4

ตารางภาคผนวกที่ 4 ค่าความยากง่ายและค่าอำนาจจำแนกของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน โดยการจำแนกเป็นรายข้อ

ข้อที่	ค่าความยากง่าย (p)	ค่าอำนาจจำแนก (r)
1	0.35	0.52
2	0.43	0.43
3	0.35	0.70
4	0.26	0.52
5	0.43	0.52
6	0.35	0.52
7	0.39	0.26
8	0.48	0.78
9	035	0.61
10	0.39	0.61
11	0.22	0.43
12	0.30	0.61
13	0.52	0.87
14	0.48	0.96
15	0.30	0.26
16	0.30	0.26
17	0.39	0.78
18	0.43	0.43
19	0.39	0.61

ตารางภาคผนวกที่ 4 (ต่อ)

ข้อที่	ค่าความยากง่าย (p)	ค่าอำนาจจำแนก (r)
20	0.48	0.78
21	0.35	0.43
22	0.17	0.17
23	0.30	0.26
24	0.26	0.35
25	0.30	0.61
26	0.22	0.43
27	0.39	0.78
28	0.26	0.17
29	0.22	0.43
30	0.43	0.35
31	0.30	0.26
32	0.30	0.26
33	0.35	0.35
34	0.26	0.00
35	0.17	0.17
36	0.30	0.43
37	0.26	0.35
38	0.22	0.43
39	0.39	0.43
40	0.26	0.35

จากตารางภาคผนวกที่ 4 พบว่า ค่าความยากง่ายอยู่ระหว่าง 0.22-0.48 ค่าอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง 0.26 – 0.96 และมีค่าความเที่ยง (Reliability) โดยใช้การคำนวณสูตร KR-20 ของคูเดอร์- ริชาร์ดสัน ได้ค่าสัมประสิทธิ์เท่ากับ 0.63

การหาความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน
เรื่อง วัสดุและสสาร ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4

รายการประเมิน	คะแนนผู้เชี่ยวชาญ			เฉลี่ย	ระดับความคิดเห็น
	1	2	3		
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 สมบัติด้านความแข็งของวัสดุ					
1. จุดประสงค์การเรียนรู้					
1.1 จุดประสงค์การเรียนรู้แสดงถึงพฤติกรรมของนักเรียนด้านความรู้ได้อย่างชัดเจน	5	4	5	4.67	เหมาะสมมากที่สุด
1.2 จุดประสงค์การเรียนรู้แสดงถึงพฤติกรรมของนักเรียนด้านทักษะกระบวนการได้อย่างชัดเจน	5	4	5	4.67	เหมาะสมมากที่สุด
1.3 จุดประสงค์การเรียนรู้ครอบคลุมต่อสมรรถนะการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์	5	4	5	4.67	เหมาะสมมากที่สุด
2. กิจกรรมการเรียนรู้					
2.1 กิจกรรมการเรียนรู้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์การเรียนรู้	5	5	5	5	เหมาะสมมากที่สุด
2.2 กิจกรรมการเรียนรู้เป็นไปตามขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน	5	5	5	5	เหมาะสมมากที่สุด
2.3 กิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานส่งเสริมให้ผู้เรียนพัฒนาสมรรถนะการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์	5	5	5	5	เหมาะสมมากที่สุด
2.4 กิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติ	5	5	5	5	เหมาะสมมากที่สุด
2.5 ระยะเวลาในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้	5	5	4	4.67	เหมาะสมมากที่สุด
3. สื่อการเรียนรู้					
3.1 สื่อการเรียนรู้มีความเหมะสมต่อกิจกรรมการเรียนรู้	5	5	4	4.67	เหมาะสมมากที่สุด

รายการประเมิน	คะแนนผู้เชี่ยวชาญ			เฉลี่ย	ระดับความคิดเห็น
	1	2	3		
3.2 สื่อการจัดการเรียนรู้สามารถช่วยส่งเสริมให้นักเรียนบรรลุตามจุดประสงค์การเรียนรู้	5	5	5	5	เหมาะสมมากที่สุด
3.3 สื่อการจัดการเรียนรู้ช่วยส่งเสริมให้ผู้เรียนพัฒนาสมรรถนะการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์	5	5	4	4.67	เหมาะสมมากที่สุด
4. การวัดและประเมินผล					
4.1 วิธีการวัดสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	5	5	5	5	เหมาะสมมากที่สุด
4.2 เครื่องมือที่ใช้วัดและประเมินผลมีความเหมาะสมต่อวิธีการวัด	5	4	4	4.33	เหมาะสมมาก
4.3 เกณฑ์การประเมินผลชัดเจนและเหมาะสม	5	4	4	4.33	เหมาะสมมาก
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 สมบัติด้านสภาพความยืดหยุ่นของวัสดุ					
1. จุดประสงค์การเรียนรู้					
1.1 จุดประสงค์การเรียนรู้แสดงถึงพฤติกรรมของนักเรียนด้านความรู้ได้อย่างชัดเจน	5	5	5	5	เหมาะสมมากที่สุด
1.2 จุดประสงค์การเรียนรู้แสดงถึงพฤติกรรมของนักเรียนด้านทักษะกระบวนการได้อย่างชัดเจน	5	5	5	5	เหมาะสมมากที่สุด
1.3 จุดประสงค์การเรียนรู้ครอบคลุมต่อสมรรถนะการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์	5	5	5	5	เหมาะสมมากที่สุด
2. กิจกรรมการเรียนรู้					
2.1 กิจกรรมการเรียนรู้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์การเรียนรู้	5	5	5	5	เหมาะสมมากที่สุด
2.2 กิจกรรมการเรียนรู้เป็นไปตามขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน	5	5	5	5	เหมาะสมมากที่สุด

รายการประเมิน	คะแนนผู้เชี่ยวชาญ			เฉลี่ย	ระดับความคิดเห็น
	1	2	3		
2.3 กิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานส่งเสริมให้ผู้เรียนพัฒนาสมรรถนะการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์	5	5	5	5	เหมาะสมมากที่สุด
2.4 กิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติ	5	5	5	5	เหมาะสมมากที่สุด
2.5 ระยะเวลาในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้	5	5	4	4.67	เหมาะสมมากที่สุด
3. สื่อการเรียนรู้					
3.1 สื่อการเรียนรู้มีความเหมะสมต่อกิจกรรมการเรียนรู้	5	4	5	4.67	เหมาะสมมากที่สุด
3.2 สื่อการจัดการเรียนรู้สามารถช่วยส่งเสริมให้นักเรียนบรรลุตามจุดประสงค์การเรียนรู้	5	5	5	5	เหมาะสมมากที่สุด
3.3 สื่อการจัดการเรียนรู้ช่วยส่งเสริมให้ผู้เรียนพัฒนาสมรรถนะการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์	5	5	5	5	เหมาะสมมากที่สุด
4. การวัดและประเมินผล					
4.1 วิธีการวัดสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	5	5	5	5	เหมาะสมมากที่สุด
4.2 เครื่องมือที่ใช้วัดและประเมินผลมีความเหมาะสมต่อวิธีการวัด	5	4	5	4.67	เหมาะสมมากที่สุด
4.3 เกณฑ์การประเมินผลชัดเจนและเหมาะสม	5	5	5	5	เหมาะสมมากที่สุด
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 สมบัติการนำความร้อนของวัสดุ					
1. จุดประสงค์การเรียนรู้					
1.1 จุดประสงค์การเรียนรู้แสดงถึงพฤติกรรมของนักเรียนด้านความรู้ได้อย่างชัดเจน	5	4	5	4.67	เหมาะสมมากที่สุด

รายการประเมิน	คะแนนผู้เชี่ยวชาญ			เฉลี่ย	ระดับความคิดเห็น
	1	2	3		
1.3 จุดประสงค์การเรียนรู้แสดงถึงพฤติกรรมของนักเรียนด้านทักษะกระบวนการได้อย่างชัดเจน	5	5	5	5	เหมาะสมมากที่สุด
1.2 จุดประสงค์การเรียนรู้ครอบคลุมต่อสมรรถนะการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์	5	5	5	5	เหมาะสมมากที่สุด
2. กิจกรรมการเรียนรู้					
2.1 กิจกรรมการเรียนรู้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์การเรียนรู้	5	5	5	5	เหมาะสมมากที่สุด
2.2 กิจกรรมการเรียนรู้เป็นไปตามขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน	5	5	5	5	เหมาะสมมากที่สุด
2.3 กิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานส่งเสริมให้ผู้เรียนพัฒนาสมรรถนะการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์	5	5	4	4.67	เหมาะสมมากที่สุด
2.4 กิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติ	5	5	5	5	เหมาะสมมากที่สุด
2.5 ระยะเวลาในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้	5	5	5	5	เหมาะสมมากที่สุด
3. สื่อการเรียนรู้					
3.1 สื่อการเรียนรู้มีความเหมะสมต่อกิจกรรมการเรียนรู้	5	4	5	4.67	เหมาะสมมากที่สุด
3.2 สื่อการจัดการเรียนรู้สามารถช่วยส่งเสริมให้นักเรียนบรรลุตามจุดประสงค์การเรียนรู้	5	4	5	4.67	เหมาะสมมากที่สุด
3.3 สื่อการจัดการเรียนรู้ช่วยส่งเสริมให้ผู้เรียนพัฒนาสมรรถนะการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์	5	4	5	4.67	เหมาะสมมากที่สุด
4. การวัดและประเมินผล					
4.1 วิธีการวัดสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	5	4	5	4.67	เหมาะสมมากที่สุด

รายการประเมิน	คะแนนผู้เชี่ยวชาญ			เฉลี่ย	ระดับความคิดเห็น
	1	2	3		
4.3 เครื่องมือที่ใช้วัดและประเมินผลมีความเหมาะสมต่อวิธีการวัด	5	4	5	4.67	เหมาะสมมากที่สุด
4.2 เกณฑ์การประเมินผลชัดเจนและเหมาะสม	5	4	5	4.67	เหมาะสมมากที่สุด
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 สมบัติการนำไฟฟ้าของวัสดุ					
1. จุดประสงค์การเรียนรู้					
1.1 จุดประสงค์การเรียนรู้แสดงถึงพฤติกรรมของนักเรียนด้านความรู้ได้อย่างชัดเจน	5	4	5	4.67	เหมาะสมมากที่สุด
1.2 จุดประสงค์การเรียนรู้แสดงถึงพฤติกรรมของนักเรียนด้านทักษะกระบวนการได้อย่างชัดเจน	5	5	5	4.67	เหมาะสมมากที่สุด
1.3 จุดประสงค์การเรียนรู้ครอบคลุมต่อสมรรถนะการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์	5	5	5	4.67	เหมาะสมมากที่สุด
2. กิจกรรมการเรียนรู้					
2.1 กิจกรรมการเรียนรู้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์การเรียนรู้	5	5	5	5	เหมาะสมมากที่สุด
2.2 กิจกรรมการเรียนรู้เป็นไปตามขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน	5	5	5	5	เหมาะสมมากที่สุด
2.3 กิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานส่งเสริมให้ผู้เรียนพัฒนาสมรรถนะการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์	5	5	5	5	เหมาะสมมากที่สุด
2.4 กิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติ	5	5	5	5	เหมาะสมมากที่สุด
2.5 ระยะเวลาในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้	5	5	4	4.67	เหมาะสมมากที่สุด

รายการประเมิน	คะแนนผู้เชี่ยวชาญ			เฉลี่ย	ระดับความคิดเห็น
	1	2	3		
3. สื่อการเรียนรู้					
3.1 สื่อการเรียนรู้มีความเหมะสมต่อกิจกรรมการเรียนรู้	5	4	5	4.67	เหมาะสมมากที่สุด
3.2 สื่อการจัดการเรียนรู้สามารถช่วยส่งเสริมให้นักเรียนบรรลุตามจุดประสงค์การเรียนรู้	5	5	5	5	เหมาะสมมากที่สุด
3.3 สื่อการจัดการเรียนรู้ช่วยส่งเสริมให้ผู้เรียนพัฒนาสมรรถนะการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์	5	5	5	5	เหมาะสมมากที่สุด
4. การวัดและประเมินผล					
4.1 วิธีการวัดสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	5	5	5	5	เหมาะสมมากที่สุด
4.2 เครื่องมือที่ใช้วัดและประเมินผลมีความเหมาะสมต่อวิธีการวัด	5	4	5	4.67	เหมาะสมมากที่สุด
4.3 เกณฑ์การประเมินผลชัดเจนและเหมาะสม	5	5	5	5	เหมาะสมมากที่สุด
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5 สมบัติของของแข็ง ของเหลว และแก๊ส					
1. จุดประสงค์การเรียนรู้					
1.1 จุดประสงค์การเรียนรู้แสดงถึงพฤติกรรมของนักเรียนด้านความรู้ได้อย่างชัดเจน	5	5	5	5	เหมาะสมมากที่สุด
1.2 จุดประสงค์การเรียนรู้แสดงถึงพฤติกรรมของนักเรียนด้านทักษะกระบวนการได้อย่างชัดเจน	5	5	5	5	เหมาะสมมากที่สุด
1.3 จุดประสงค์การเรียนรู้ครอบคลุมต่อสมรรถนะการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์	5	5	5	5	เหมาะสมมากที่สุด
2. กิจกรรมการเรียนรู้					
2.1 กิจกรรมการเรียนรู้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์การเรียนรู้	5	4	5	5	เหมาะสมมากที่สุด

รายการประเมิน	คะแนนผู้เชี่ยวชาญ			เฉลี่ย	ระดับความคิดเห็น
	1	2	3		
2.2 กิจกรรมการเรียนรู้เป็นไปตามขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน	5	5	5	5	เหมาะสมมากที่สุด
2.3 กิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานส่งเสริมให้ผู้เรียนพัฒนาสมรรถนะการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์	5	5	5	5	เหมาะสมมากที่สุด
2.4 กิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติ	5	5	5	5	เหมาะสมมากที่สุด
2.5 ระยะเวลาในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้	5	5	5	5	เหมาะสมมากที่สุด
3. สื่อการเรียนรู้					
3.1 สื่อการเรียนรู้มีความเหมะสมต่อกิจกรรมการเรียนรู้	5	5	5	5	เหมาะสมมากที่สุด
3.2 สื่อการจัดการเรียนรู้สามารถช่วยส่งเสริมให้นักเรียนบรรลุตามจุดประสงค์การเรียนรู้	5	5	5	5	เหมาะสมมากที่สุด
3.3 สื่อการจัดการเรียนรู้ช่วยส่งเสริมให้ผู้เรียนพัฒนาสมรรถนะการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์	5	5	5	5	เหมาะสมมากที่สุด
4. การวัดและประเมินผล					
4.1 วิธีการวัดสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	5	5	5	5	เหมาะสมมากที่สุด
4.2 เครื่องมือที่ใช้วัดและประเมินผลมีความเหมาะสมต่อวิธีการวัด	5	5	5	5	เหมาะสมมากที่สุด
4.3 เกณฑ์การประเมินผลชัดเจนและเหมาะสม	5	5	5	5	เหมาะสมมากที่สุด
คะแนนเฉลี่ยโดยรวม				4.87	เหมาะสมมากที่สุด

จากการนำแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำองเป็นฐาน เรื่อง วัสดุและสสาร ทั้ง 5 แผน ตรวจสอบโดยผู้เชี่ยวชาญทั้งหมด 3 ท่าน ผลการประเมินความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้ ค่าเฉลี่ยรวมอยู่ที่ 4.87 คะแนน หมายถึงแผนการจัดการเรียนรู้มีความเหมาะสมมากที่สุด

ภาคผนวก จ

ระดับความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์
ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 รายบุคคล

ตารางภาคผนวกที่ 5 ระดับความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ก่อนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

เลขที่	ความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์			
	ก่อนเรียน		หลังเรียน	
	คะแนน	ระดับคุณภาพ	คะแนน	ระดับคุณภาพ
1	1	ปรับปรุง	12	พอใช้
2	0	ปรับปรุง	11	พอใช้
3	0	ปรับปรุง	12	พอใช้
4	1	ปรับปรุง	22	ดี
5	3	ปรับปรุง	21	ดี
6	1	ปรับปรุง	12	พอใช้
7	1	ปรับปรุง	12	พอใช้
8	5	ปรับปรุง	22	ดี
9	3	ปรับปรุง	22	ดี
10	9	ปรับปรุง	21	ดี
11	2	ปรับปรุง	15	พอใช้
12	4	ปรับปรุง	22	ดี
13	2	ปรับปรุง	13	พอใช้
14	4	ปรับปรุง	23	ดี
15	3	ปรับปรุง	17	พอใช้
16	0	ปรับปรุง	0	ปรับปรุง
17	0	ปรับปรุง	15	พอใช้
18	0	ปรับปรุง	13	พอใช้
19	5	ปรับปรุง	10	ปรับปรุง
20	0	ปรับปรุง	12	พอใช้
21	2	ปรับปรุง	12	พอใช้
22	1	ปรับปรุง	13	พอใช้

ภาคผนวก ฉ

ระดับความก้าวหน้าทางการเรียนของนักเรียน
ชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 รายบุคคล

ตารางภาคผนวกที่ 6 ค่าความก้าวหน้าทางการเรียนด้วยวิธี Normalized gain

เลขที่	การทดสอบ		Actual gain ผลการเรียนรู้ที่เพิ่มจริง (%Post-test) - (%Pre-test)	Maximum possible gain ผลการเรียนรู้สูงสุดที่มีโอกาสเพิ่มขึ้นได้ 100% - (%Pre-test)	Normalized gain <g>
	Pre-test	Post-test			
1	9	11	2	26	0.08
2	11	13	2	24	0.08
3	6	14	8	29	0.28
4	8	13	5	27	0.19
5	8	16	8	27	0.30
6	15	22	7	20	0.35
7	13	14	1	22	0.05
8	17	27	10	18	0.56
9	20	25	5	15	0.33
10	21	31	10	14	0.71
11	12	24	12	23	0.52
12	18	24	6	17	0.35
13	15	26	11	20	0.55
14	13	29	16	22	0.73
15	11	25	14	24	0.58
16	8	10	2	27	0.07
17	14	25	11	21	0.52
18	6	15	9	29	0.31
19	14	17	3	21	0.14
20	8	10	2	27	0.07
21	8	15	7	27	0.26
22	6	12	6	29	0.21

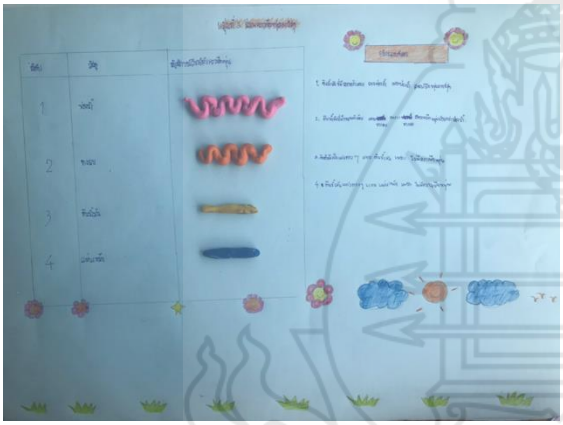
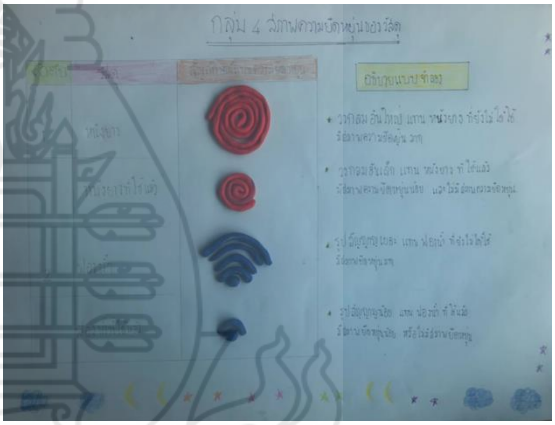
ภาคผนวก ช

ภาพแสดงการจัดการเรียนรู้

ขั้นที่ 1 การสร้างแบบจำลองทางความคิด

ขั้นที่ 2 การทดสอบแบบจำลอง

ขั้นที่ 3 การดัดแปลงแก้ไขแบบจำลอง

ขั้นที่ 4 การขยายแบบจำลอง

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ	นางสาวจุฑารัตน์ ปัจจัยโค
วัน เดือน ปีเกิด	20 มีนาคม 2530
สถานที่เกิด	จังหวัดบุรีรัมย์
ประวัติการศึกษา	วท.บ. อนามัยสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี พ.ศ. 2552
สถานที่ทำงาน	โรงเรียนบ้านหนองปรือ ตำบลหลุ่งประดู่ อำเภอห้วยแถลง จังหวัดนครราชสีมา
ตำแหน่ง	เจ้าหน้าที่ธุรการโรงเรียน

มหาวิทยาลัย ศิลปากร