การพัฒนากิจกรรมการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง สารอาหารและสารเคมีในสิ่งมีชีวิต

วิทยานิพนธ์

ของ

กานต์ชนก จันทฤทธิ์

เสนอต่อมหาวิทยาลัยมหาสารคาม เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์

มิถุนายน 2565

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

การพัฒนากิจกรรมการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง สารอาหารและสารเคมีในสิ่งมีชีวิต

วิทยานิพนธ์

ของ

กานต์ชนก จันทฤทธิ์

เสนอต่อมหาวิทยาลัยมหาสารคาม เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์

มิถุนายน 2565

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

Development of Biology Learning Activities Using Model-Based Learning (MBL) on Nutrients and Chemicals in Living Organisms for Mathayomsuksa 4 Student

Kanchanok Jantarit

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of Requirements
for Master of Education (Teaching of Science and Mathematics)
June 2022

Copyright of Mahasarakham University

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ได้พิจารณาวิทยานิพนธ์ของนายกานต์ชนก จันทฤทธิ์ แล้วเห็นสมควรรับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ ของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ
(ผศ. ดร. สุมาลี ชูกำแพง)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
(อ. ดร. กันยารัตน์ สอนสุภาพ)

.....กรรมการ
(รศ. ดร. ประสาท เนืองเฉลิม)

.....กรรมการ
(ผศ. ดร. พรรณวิไล ดอกไม้)

มหาวิทยาลัยอนุมัติให้รับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญา การศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ ของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

.....	.....
(รศ. ดร. พชรวิทย์ จันทร์ศิริสิร)	(รศ. ดร. กริสน์ ชัยมูล)
คณบดีคณะศึกษาศาสตร์	คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

ชื่อเรื่อง การพัฒนากิจกรรมการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง สารอาหารและสารเคมีในสิ่งมีชีวิต

ผู้วิจัย กานต์ชนก จันทฤทธิ์

อาจารย์ที่ปรึกษา อาจารย์ ดร. กันยารัตน์ สอนสุภาพ

ปริญญา การศึกษามหาบัณฑิต **สาขาวิชา** การสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์

มหาวิทยาลัย มหาวิทยาลัยมหาสารคาม **ปีที่พิมพ์** 2565

บทคัดย่อ

การวิจัยในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) พัฒนากิจกรรมการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน 2) เปรียบเทียบสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่อง สารอาหารและสารเคมีในสิ่งมีชีวิต ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน 3) ศึกษาทักษะการสร้างแบบจำลอง โดยใช้การจัดการเรียนรู้โดยแบบจำลองเป็นฐานสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ในวิชาชีววิทยา เนื้อหาสารอาหารและสารเคมีในสิ่งมีชีวิต โดยกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในงานวิจัย ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยมหาสารคาม (ฝ่ายมัธยม) ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2563 จำนวน 38 คน โดยรูปแบบการวิจัยเป็นแบบการวิจัยและพัฒนา เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล ได้แก่ 1) แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน จำนวน 5 แผน 10 ชั่วโมง 2) แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง สารอาหารและสารเคมีในสิ่งมีชีวิต ชนิดปรนัย ชนิด 4 ตัวเลือก จำนวน 20 ข้อ 3) แบบประเมินคุณภาพของแบบจำลอง ชนิดเกณฑ์ให้คะแนนแบบรูบริค 5 ระดับ 4) แบบประเมินกระบวนการสร้างแบบจำลองด้านการสร้างและใช้แบบจำลอง ชนิดเกณฑ์ให้คะแนนแบบรูบริค 4 ระดับ 5) แบบประเมินกระบวนการสร้างแบบจำลองด้านการปรับปรุงและเปลี่ยนแบบจำลอง ชนิดเกณฑ์ให้คะแนนแบบรูบริค 4 ระดับ 6) แบบสัมภาษณ์การจัดกิจกรรมการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ชนิดกึ่งโครงสร้าง สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และสถิติการทดสอบค่าที

ผลวิจัยปรากฏ ดังนี้

1. การพัฒนาการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ได้แผนการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน จำนวน 5 แผน รวมเวลา 9 ชั่วโมง แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน มีขั้นตอนในการจัดการเรียนรู้ในแต่ละแผนประกอบไปด้วย 4 ขั้นตอนคือ การสร้างแบบจำลอง

การประเมินแบบจำลอง การแก้ไขและปรับปรุงแบบจำลอง และการขยายแบบจำลอง

2. นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

3. คะแนนเฉลี่ยของการประเมินคุณภาพของแบบจำลองของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานเท่ากับ 4.47 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ดี และผลการศึกษาทักษะกระบวนการการสร้างแบบจำลองพบว่า คะแนนเฉลี่ยของการประเมินทักษะกระบวนการสร้างแบบจำลองด้านการสร้างและการใช้ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานเท่ากับ 2.84 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ดี และคะแนนเฉลี่ยของการประเมินทักษะกระบวนการสร้างแบบจำลองด้านการปรับปรุงและเปลี่ยนแปลงแบบจำลอง เท่ากับ 2.99 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ดี

คำสำคัญ : การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน, ผลสัมฤทธิ์ทางการศึกษา, ทักษะการสร้างแบบจำลอง

TITLE	Development of Biology Learning Activities Using Model-Based Learning (MBL) on Nutrients and Chemicals in Living Organisms for Mathayomsuksa 4 Student		
AUTHOR	Kanchanok Jantarit		
ADVISORS	Kanyarat Sonsupap , Ph.D.		
DEGREE	Master of Education	**MAJOR**	Teaching of Science and Mathematics
UNIVERSITY	Mahasarakham University	**YEAR**	2022

ABSTRACT

The objective of this research were: 1) to develop learning activities using Model-Based Learning, 2) to compare learning achievements between before and after Model-Based Learning activities, 3) to study students' modeling skills. The sample group consisted of 38 Mathayomsuksa 4/7 student attending in the second semester of academic year 2020, Maha Sarakham University Demonstration School from purposive sampling. The research instruments were: 1) the lesson plans of Model-Based Learning, 2) an achievement test, 3) a model quality assessment, 4) modeling skill assessment in construction and use processes, 5) modeling skill assessment in improvement and changeable processes, 6) semi-structured Interview form. The data analysis statistics were averages, standard deviations, and T- test.

The result of the study revealed that:

1) the developed learning activities using Model-Based Learning were four steps consisting of model construction, model evaluation, model change and improvement, and model expansion.

2) The achievement of the students in posttest was higher than pretest at .01 level of significance.

3) The average score of the student's model quality assessment was 4.47 which was good level, the average score of modeling skill in construction and use process was 2.84 which was good level, and the average score modeling skill in improvement and changeable process was 2.99 which was good level.

Keyword : Model-based learning, Achievement, Modeling skills

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จสมบูรณ์ได้ด้วยความกรุณาและความช่วยเหลืออย่างสูงยิ่งจาก อาจารย์ ดร.กันยารัตน์ สอนสุภาพ ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุมาลี ชูกำแพง ประธานกรรมการสอบ รองศาสตราจารย์ ดร.ประสาท เนืองเฉลิม และ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พรรณวิไล ดอกไม้ กรรมการสอบ

ขอขอบพระคุณ อาจารย์ ดร.มนตรี วงษ์สะพาน อาจารย์ ดร.วุฒิศักดิ์ บุญแน่น

นางณิชาพัฒณ์ จิรพันธุ์กุลชาติ นางเสาวลักษณ์ นิลโคตร และผู้ช่วยศาสตราจารย์ดร.สุรีย์พร สว่างเมฆ ที่กรุณาเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจเครื่องมือการวิจัย

ขอขอบพระคุณรองศาสตราจารย์ ดร.ชวลิต ชูกำแพง ผู้อำนวยการโรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยมหาสารคาม (ฝ่ายมัธยม) ที่อนุเคราะห์ในการเก็บรวบรวมข้อมูลตลอดจนคณะครูโรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยมหาสารคาม (ฝ่ายมัธยม) ทุกท่าน และนักเรียนที่เกี่ยวข้อง

กานต์ชนก จันทฤทธิ์

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... ฉ
กิตติกรรมประกาศ ..... ซ
สารบัญ ..... ฌ
สารบัญตาราง ..... ฐ
สารบัญรูปภาพ ..... ต
บทที่ 1 บทนำ 1
ภูมิหลัง 1
ความมุ่งหมายของการวิจัย 3
ความสำคัญของการวิจัย 3
ขอบเขตของการวิจัย 3
นิยามศัพท์เฉพาะ 3
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 6
สาระสำคัญเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ตามหลักสูตร แกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ฉบับปรับปรุง พุทธศักราช 2560 7
สาระชีววิทยา 7
การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน 14
ความหมายของการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน 14
ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน 15
แบบจำลอง 19
ความหมายของแบบจำลอง 19

ประเภทของแบบจำลอง 20
ทักษะการสร้างแบบจำลอง 24
แนวทางการวัดความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ 26
การวัดและประเมินการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ 26
การวัดและการประเมินกระบวนการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ 29
ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน 39
ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน 39
การวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน 39
เครื่องมือวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน 42
แบบทดสอบ (Test) 42
ประเภทของแบบทดสอบ 43
แบบตรวจสอบรายการ 46
แบบประเมินมาตราส่วนประมาณค่า 47
การสังเกต 49
การสัมภาษณ์ 51
การสร้างและพัฒนาแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน 53
การหาคุณภาพของเครื่องมือวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน 58
การตรวจสอบความตรง (Validity) 58
การตรวจสอบความเที่ยง (Reliability) 59
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 61
งานวิจัยภายในประเทศ 61
งานวิจัยต่างประเทศ 62
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย 66
ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง 66

เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล 66
การดำเนินการวิจัย 66
ระยะที่ 1 การพัฒนากรอบรูปแบบกิจกรรมการเรียนรู้และการสร้างเครื่องมือในงานวิจัย 69
ขั้นที่ 1 การกำหนดกรอบรูปแบบกิจกรรมการเรียนรู้..... 69
ขั้นที่ 2 การสร้างกิจกรรมการจัดการเรียนรู้และเครื่องมือในงานวิจัย..... 70
ขั้นที่ 3 การประเมินกิจกรรมการเรียนรู้และเครื่องมือในงานวิจัยโดยผู้เชี่ยวชาญ 76
ขั้นที่ 4 การหาคุณภาพเครื่องมือในงานวิจัย 79
ขั้นที่ 5 การปรับปรุงกิจกรรมการเรียนรู้ก่อนนำไปใช้..... 84
ระยะที่ 2 การทดลองใช้รูปแบบการเรียนการสอน ปรับปรุง แก้ไขและพัฒนารูปแบบกิจกรรมการจัดการเรียนรู้ 86
ขั้นที่ 1 การทดลองใช้กิจกรรมการจัดการเรียนรู้และเครื่องมือในงานวิจัย..... 86
ขั้นที่ 2 การปรับปรุง แก้ไข และพัฒนารูปแบบกิจกรรมการจัดการเรียนรู้ 88
ขั้นที่ 3 การนำเครื่องมือวิจัยไปใช้จริง..... 88
การจัดกระทำกับข้อมูลและการวิเคราะห์ข้อมูล 89
สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล..... 89
บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล..... 93
ตอนที่ 1 ผลการพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน 93
ตอนที่ 2 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนและหลังได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน 113
ตอนที่ 3 ทักษะการสร้างแบบจำลองวิทยาศาสตร์ 113
บทที่ 5 สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ..... 121
ความมุ่งหมายของการวิจัย..... 121
สรุปผล 121
อภิปรายผล..... 123

ข้อเสนอแนะ 126
บรรณานุกรม 128
ภาคผนวก 136
ภาคผนวก ก 137
ตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน วิชาชีววิทยา ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่องสารอาหารและสารเคมีในสิ่งมีชีวิต 137
ภาคผนวก ข 144
แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน 144
ภาคผนวก ค 150
แบบสัมภาษณ์ การจัดกิจกรรมการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน 150
ภาคผนวก ง 152
ตัวอย่างแบบประเมินทักษะการสร้างแบบจำลอง 152
ภาคผนวก จ 163
การตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือ 163
ภาคผนวก ฉ 179
หนังสือขออนุญาต 179
ประวัติผู้เขียน 186

สารบัญตาราง

หน้า

ตาราง 1 ตารางแสดงตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง สาระชีววิทยา 8

ตาราง 2 ตารางแสดงเกณฑ์การให้คะแนนแบบจำลองตามแนวคิดของ Jackson 28

ตาราง 3 ตัวอย่างรายการเกณฑ์การประเมินความสามารถในการเขียนภาพวาดและคำอธิบาย 29

ตาราง 4 ตัวอย่างเกณฑ์การประเมินกระบวนการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ด้านการสร้างแบบจำลอง..... 30

ตาราง 5 ตัวอย่างเกณฑ์การประเมินกระบวนการสร้างแบบจำลองในด้านการปรับเปลี่ยนแบบจำลอง 31

ตาราง 6 ตัวอย่างเกณฑ์การประเมินกระบวนการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ด้านการสร้างและใช้แบบจำลอง..... 33

ตาราง 7 ตัวอย่างเกณฑ์การประเมินกระบวนการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ด้านด้านการปรับปรุงและเปลี่ยนแปลงแบบจำลอง 34

ตาราง 8 เกณฑ์การประเมินทักษะการสร้างแบบจำลอง สาขาคณิตศาสตร์ ด้านความเข้าใจโจทย์ปัญหา 35

ตาราง 9 เกณฑ์การประเมินทักษะการสร้างแบบจำลอง สาขาคณิตศาสตร์ ด้านความลดความซับซ้อนของโจทย์..... 36

ตาราง 10 เกณฑ์การประเมินทักษะการสร้างแบบจำลอง สาขาคณิตศาสตร์ ด้านการคำนวณ 36

ตาราง 11 เกณฑ์การประเมินทักษะการสร้างแบบจำลอง สาขาคณิตศาสตร์ ด้านความถูกต้องทางคณิตศาสตร์..... 37

ตาราง 12 เกณฑ์การประเมินทักษะการสร้างแบบจำลอง สาขาคณิตศาสตร์ ด้านการอธิบายแบบจำลอง..... 37

ตาราง 13 เกณฑ์การประเมินทักษะการสร้างแบบจำลอง สาขาคณิตศาสตร์ ด้านการพิสูจน์โจทย์ . 38

ตาราง 14 ตารางแสดงเนื้อหา สาระสำคัญ จุดประสงค์ในการเรียนรู้และเวลาที่ใช้สอน..... 71

ตาราง 15 ตารางแสดงเนื้อหาและจุดประสงค์ในการสร้างแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน..... 74

ตาราง 16 *ค่าเฉลี่ยระดับคุณภาพของแผนการจัดการเรียนรู้และค่าดัชนีความสอดคล้องเชิงวัตถุประสงค์* 80

ตาราง 17 แสดงค่าเฉลี่ยดัชนีความสอดคล้องเชิงวัตถุประสงค์ของแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชื่อ สาอาหารและสารเคมีในสิ่งมีชีวิต 81

ตาราง 18 ผลการประเมินระดับคุณภาพเฉลี่ยของแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน วิชาชีววิทยา เรื่อง โปรตีน 95

ตาราง 19 ผลการประเมินระดับคุณภาพเฉลี่ยของแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน วิชาชีววิทยา เรื่อง คาร์โบไฮเดรต 96

ตาราง 20 ผลการประเมินระดับคุณภาพเฉลี่ยของแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน วิชาชีววิทยา เรื่อง ไขมัน 98

ตาราง 21 ผลการประเมินระดับคุณภาพเฉลี่ยของแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน วิชาชีววิทยา เรื่อง กรดนิวคลีอิค 99

ตาราง 22 ผลการประเมินระดับคุณภาพเฉลี่ยของแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน วิชาชีววิทยา เรื่อง เอมไซม์ 101

ตาราง 23 ผลการประเมินความสอดคล้องของแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน วิชาชีววิทยา เรื่อง โปรตีน 103

ตาราง 24 ผลการประเมินความสอดคล้องของแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน วิชาชีววิทยา เรื่อง คาร์โบไฮเดรต 104

ตาราง 25 ผลการประเมินความสอดคล้องของแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน วิชาชีววิทยา เรื่อง ไขมัน 105

ตาราง 26 ผลการประเมินความสอดคล้องของแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน วิชาชีววิทยา เรื่อง กรดนิวคลีอิค 106

ตาราง 27 ผลการประเมินความสอดคล้องของแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน วิชาชีววิทยา เรื่อง เอมไซม์ 107

ตาราง 28 ผลการประเมินคุณภาพแบบประเมินคุณภาพของแบบจำลอง 108

ตาราง 29 ผลการประเมินคุณภาพของแบบประเมินกระบวนการสร้างแบบจำลองด้านการสร้างและใช้แบบจำลอง 109

ตาราง 30 ผลการประเมินคุณภาพของแบบประเมินกระบวนการสร้างแบบจำลองด้านการปรับปรุงและเปลี่ยนแปลง 110

ตาราง 31 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง สารเคมีในสิ่งมีชีวิต ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 113

ตาราง 32 ตารางแสดงเกณฑ์การประเมินคุณภาพของแบบจำลอง 114

ตาราง 33 เกณฑ์การประเมินทักษะกระบวนการสร้างแบบจำลองด้านการสร้างและการใช้แบบจำลอง 114

ตาราง 34 เกณฑ์การประเมินทักษะกระบวนการสร้างแบบจำลองด้านการปรับปรุงและเปลี่ยนแปลงแบบจำลอง 115

ตาราง 35 ตารางแสดงค่าเฉลี่ยของเกณฑ์การประเมินคุณภาพแบบจำลอง การประเมินด้านการสร้างและใช้แบบจำลอง และด้านการปรับปรุงและเปลี่ยนแปลงแบบจำลองของแผนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง โปรตีน 116

ตาราง 36 ตารางแสดงค่าเฉลี่ยของเกณฑ์การประเมินคุณภาพแบบจำลอง การประเมินด้านการสร้างและใช้แบบจำลอง และด้านการปรับปรุงและเปลี่ยนแปลงแบบจำลองของแผนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง คาร์โบไฮเดรต 116

ตาราง 37 ตารางแสดงค่าเฉลี่ยของเกณฑ์การประเมินคุณภาพแบบจำลอง การประเมินด้านการสร้างและใช้แบบจำลอง และด้านการปรับปรุงและเปลี่ยนแปลงแบบจำลองของแผนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง ไขมัน 117

ตาราง 38 ตารางแสดงค่าเฉลี่ยของเกณฑ์การประเมินคุณภาพแบบจำลอง การประเมินด้านการสร้างและใช้แบบจำลอง และด้านการปรับปรุงและเปลี่ยนแปลงแบบจำลองของแผนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง กรดนิวคลีอิค 118

ตาราง 39 ตารางแสดงค่าเฉลี่ยของเกณฑ์การประเมินคุณภาพแบบจำลอง การประเมินด้านการสร้างและใช้แบบจำลอง และด้านการปรับปรุงและเปลี่ยนแปลงแบบจำลองของแผนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง เอมไซม์ 118

ตาราง 40 แสดงค่าเฉลี่ยของคะแนนการประเมินคุณภาพแบบจำลองของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน 119

ตาราง 41 แสดงค่าเฉลี่ยของทักษะกระบวนการสร้างแบบจำลองด้านการสร้างและการใช้แบบจำลองของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน 120

ตาราง 42 แสดงค่าเฉลี่ยของทักษะกระบวนการสร้างแบบจำลองด้านการปรับปรุงและเปลี่ยนแปลงอบบจำลองของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน 120

ตาราง 43 ค่าการประเมินความสอดคล้อง (IOC) ของแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้กิจกรรมการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง กรดนิวคลีอิค 164

ตาราง 44 ค่าการประเมินความสอดคล้อง (IOC) ของแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้กิจกรรมการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง ไขมัน 165

ตาราง 45 ค่าการประเมินความสอดคล้อง (IOC) ของแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้กิจกรรมการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง คาร์โบไฮเดรต 166

ตาราง 46 ค่าการประเมินความสอดคล้อง (IOC) ของแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้กิจกรรมการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง โปรตีน 167

ตาราง 47 ค่าการประเมินความสอดคล้อง (IOC) ของแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้กิจกรรมการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง เอมไซม์ 168

ตาราง 48 ค่าการประเมินคุณภาพของแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้กิจกรรมการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง กรดนิวคลีอิค 169

ตาราง 49 ค่าการประเมินคุณภาพของแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้กิจกรรมการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง ไขมัน 170

ตาราง 50 ค่าการประเมินคุณภาพของแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้กิจกรรมการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง คาร์โบไฮเดรต 171

ตาราง 51 ค่าการประเมินคุณภาพของแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้กิจกรรมการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง โปรตีน 172

ตาราง 52 ค่าการประเมินคุณภาพของแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้กิจกรรมการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง เอมไซม์ 173

ตาราง 53 ค่าการประเมินระดับคุณภาพของเกณฑ์การประเมินคุณภาพของแบบจำลอง 174

ตาราง 54 ค่าการประเมินคุณภาพของเกณฑ์การประเมินกระบวนการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ด้านการสร้างและใช้แบบจำลอง 175

ตาราง 55 ค่าการประเมินคุณภาพของเกณฑ์การประเมินกระบวนการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ด้านการปรับปรุงและเปลี่ยนแปลงแบบจำลอง..... 176

ตาราง 56 แสดงการวิเคราะห์ดัชนีความสอดคล้อง ของแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน 178

สารบัญรูปภาพ

หน้า

รูปภาพ 1 แผนผังการดำเนินการวิจัยในระยะที่ 1 67

รูปภาพ 2 ขั้นตอนการสร้างแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน..... 85

บทที่ 1
บทนำ

ภูมิหลัง

วิทยาศาสตร์ มีบทบาทสำคัญยิ่งในสังคมโลกปัจจุบัน และอนาคต เพราะวิทยาศาสตร์เกี่ยวข้องกับชีวิตของทุกคน ทั้งในการ ดำรงชีวิตประจำวันและในงานอาชีพต่าง ๆ เครื่องมือเครื่องใช้ตลอดจน ผลผลิตต่าง ๆ ที่ใช้เพื่ออำนวยความสะดวกในชีวิตและในการทำงาน ล้วนเป็นผลของความรู้วิทยาศาสตร์ผสมผสานกับความคิดสร้างสรรค์ และศาสตร์อื่น ๆ ความรู้วิทยาศาสตร์ช่วยให้เกิดการพัฒนาเทคโนโลยี อย่างมาก ในทางกลับกันเทคโนโลยีก็มีส่วนสำคัญมากที่จะให้มีการ ศึกษาค้นคว้าความรู้ทางวิทยาศาสตร์เพิ่มขึ้นอย่างไม่หยุดยั้งวิทยาศาสตร์ทำให้คนได้พัฒนาวิธีคิด ทั้งความคิดเป็นเหตุ เป็นผล คิดสร้างสรรค์ คิดวิเคราะห์ วิจารณ์ มีทักษะที่สำคัญในการค้นคว้าหาความรู้ มีความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบ สามารถตัดสินใจโดยใช้ข้อมูลหลากหลายและประจักษ์พยานที่ตรวจสอบได้ วิทยาศาสตร์เป็นวัฒนธรรมของโลกสมัยใหม่ซึ่งเป็น สังคมแห่งความรู้ (Knowledge based Society) ทุกคนจึงจำเป็น ต้องได้รับการพัฒนาให้รู้วิทยาศาสตร์ (Scientific literacy for all) เพื่อที่จะมีความรู้ ความเข้าใจโลกธรรมชาติและเทคโนโลยีที่มนุษย์ สร้างสรรค์ขึ้นและนำความรู้ไปใช้อย่างมีเหตุผล สร้างสรรค์ มีคุณธรรม ความรู้วิทยาศาสตร์ ไม่เพียงแต่นำมาใช้ในการพัฒนาคุณภาพชีวิตที่ดี แต่ยังช่วยให้คนมีความรู้ความเข้าใจที่ถูกต้องเกี่ยวกับการใช้ประโยชน์ การดูแลรักษา ตลอดจนการพัฒนาสิ่งแวดล้อมและทรัพยากร ธรรมชาติอย่างสมดุล และยั่งยืน และที่สำคัญอย่างยิ่ง คือ ความรู้ วิทยาศาสตร์ช่วยเพิ่มขีดความสามารถในการพัฒนาเศรษฐกิจ สามารถแข่งขันกับนานาประเทศและดำเนินชีวิตอยู่ร่วมกันในสังคม โลกได้อย่างมีความสุข (พิมพันธ์ เดชะคุปต์, 2548)

วิทยาศาสตร์เป็นวิชาที่เน้นการศึกษาเกี่ยวกับปรากฏการณ์ต่าง ๆ ซึ่งบางปรากฏการณ์อยู่ในรูปนามธรรมไม่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า นักวิทยาศาสตร์จึงต้องนำปรากฏการณ์เหล่านั้นนำเสนอออกมาในรูปของรูปธรรม เช่น สมการ แผนภาพ และแบบจำลอง จึงจะสามารถศึกษาปรากฏการณ์นั้น ๆ ได้ แต่ในการจัดการเรียนการสอนนักเรียนนั้นจะต้องศึกษาแบบจำลองเพื่อที่จะเข้าใจในปรากฏการณ์หรือใช้แบบจำลองในการหาคำตอบจากคำถามที่เป็นนามธรรม หากนักเรียนไม่สามารถทำความเข้าใจแบบจำลองได้ก็จะส่งผลให้ไม่มีความรู้ความเข้าใจในเนื้อหานั้น ๆ หรือไม่สามารถตอบคำถามได้ (Harrison & Treagust, 2000) จากผลการทดสอบทางการศึกษาระดับชาติขั้นพื้นฐาน (O-NET) ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ปีการศึกษา 2563 พบว่า ในสาระวิทยาศาสตร์นั้นมีคะแนนเฉลี่ยระดับประเทศอยู่ที่ 29.20 คะแนน จากคะแนนเต็ม 100 (สถาบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ, 2563) ซึ่งสาเหตุที่นักเรียนได้คะแนนที่ต่ำนั้นเกิดจากหลายปัจจัย

ได้แก่ แรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์ เจตคติต่อการเรียน ความตั้งใจเรียน และจากการพิจารณาตัวแปรที่ส่งผลต่อคะแนนทดสอบทางการศึกษาระดับชาติทุกวิชาแล้วนั้นพบว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเป็นตัวแปรหนึ่งที่ส่งผลต่อคะแนนทดสอบทางการศึกษาระดับชาติ (ผาณิตดา, สุชาติ, และกิตติศักดิ์, 2561) สืบเนื่องจากการผลสัมฤทธิ์นั้นเป็นตัวแปรสำคัญในการทดสอบทางการศึกษาระดับชาตินั้น การพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนนั้นจึงมีความสำคัญเป็นอย่างมาก นอกจากนี้ยังต้องพัฒนาแรงจูงใจในการเรียน เจตคติต่อการเรียนควบคู่กันไปอีกด้วย

การจัดเรียนการสอนในหลายทศวรรษที่ผ่านมา รูปแบบและวิธีการในการเรียนการสอนในปัจจุบันมีความไม่แตกต่างกับการจัดเรียนการสอนในอดีตมากนักคือ ใช้การจัดการเรียนรู้แบบ Passive Learning แต่การเรียนการสอนในศตวรรษที่ 21 นั้นควรจะต้องมีการพัฒนาเนื่องจากผลจากสภาพสังคมและสิ่งแวดล้อมที่เปลี่ยนแปลงไปรวมถึงการพัฒนาของเทคโนโลยีสารสนเทศที่เอื้อให้นักเรียนในปัจจุบันเข้าถึงแหล่งข้อมูลได้อย่างรวดเร็วและหลากหลาย ดังนั้นการจัดการเรียนการสอนในศตวรรษที่ 21 จึงไม่ได้มีรูปแบบที่ตายตัวดังเช่นในอดีตที่เน้นการบรรยายเป็นหลัก แต่กลับเป็นการเรียนรู้และการพัฒนาร่วมกันระหว่างนักเรียนและครูผู้สอนเพื่อให้นักเรียนเกิดกระบวนการเรียนรู้อย่างความสุข มีทักษะทางวิชาชีพที่จำเป็น และสามารถนำความรู้ที่มีไปใช้ประโยชน์ได้จริง (วีรพงษ์ ศรัทธาผล, 2561) จากการศึกษาพบว่าการจัดการเรียนการสอนโดยใช้แบบจำลองเป็นฐานนั้นมีส่วนช่วยในการพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนให้เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการสอนแบบ Direct teaching (Suyanti & Purba, 2017) ทำให้บทเรียนน่าสนใจ และช่วยให้นักเรียนเข้าใจบทเรียนมากขึ้น (Yusuf, 2002) เข้าใจความสัมพันธ์ระหว่างวิทยาศาสตร์กับชีวิตประจำวัน ได้ใช้กระบวนการสืบเสาะ อภิปราย และอธิบายแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ ได้อย่างมีความหมาย (Hodgson, 1995) กระตุ้นความอยากรู้อยากเห็น จินตนาการ และช่วยพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ (Harrison & Treagust, 2000) นอกจากนี้แบบจำลองยังช่วยให้นักเรียนได้แสดงออกถึงความคิด รวมทั้งได้ฝึกมองความคิดอย่างเป็นระบบ และสามารถทดสอบความคิดของตนเองได้ (Windschitl & Thompson, 2006) นอกจากนั้นแบบจำลองยังเป็นสื่อกลางที่นักเรียนสามารถนำมาใช้ตีความสิ่งต่าง ๆ รวมทั้งนำแง่มุมที่หลากหลายของข้อเท็จจริงมาใช้อธิบายสิ่งต่าง ๆ โดยการนำเสนอความเชื่อมโยงของข้อเท็จจริงเหล่านั้นในรูปแบบที่เข้าใจ ได้ง่าย ดังนั้นการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานนั้นจึงเป็นอีกวิธีหนึ่งที่ช่วยให้ครูพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และแรงจูงใจในการเรียนอีกด้วย

จากที่กล่าวมาข้างต้นผู้วิจัยได้ศึกษาแนวทางการปรับปรุงรูปแบบกิจกรรมการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานให้มีประสิทธิภาพ คือการปรับปรุงกิจกรรมที่มีการสร้างความรู้ด้วยตนเอง โดยการสังเกต สำรวจ ตรวจสอบ การสืบค้นข้อมูล และการสร้างแบบจำลอง ให้มีความน่าสนใจในเนื้อหาวิชาชีววิทยา โดยการปรับปรุงสื่อการเรียนรู้และให้มีการทำงานร่วมกันเป็นกลุ่ม ซึ่งที่กล่าวมา

นั้นเป็นรูปแบบของการจัดกิจกรรมการจัดการเรียนรู้โดยเน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ ซึ่งทำให้นักเรียนเกิดความกระตือรือร้น เกิดความอยากรู้อยากเห็น และเกิดการศึกษาค้นคว้าเพิ่มเติม นำความรู้ที่ได้มาประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวัน และพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ความมุ่งหมายของการวิจัย

1. เพื่อพัฒนากิจกรรมการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4
2. เพื่อเปรียบเทียบสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน
3. เพื่อศึกษาทักษะการสร้างแบบจำลองของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ใช้การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

ความสำคัญของการวิจัย

เพื่อเป็นแนวทางให้กับครูผู้สอนกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ นำแนวทางการจัดการเรียนรู้โดยใช้กิจกรรมการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานเพื่อพัฒนาการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนในชั้นเรียนได้

ขอบเขตของการวิจัย

1. กลุ่มประชากร ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยมหาสารคาม (ฝ่ายมัธยม) ตำบลขามเรียง อำเภอกันทรวิชัย จังหวัดมหาสารคาม ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2563 จำนวน 2 ห้อง นักเรียน 77 คน
2. กลุ่มตัวอย่างได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/7 โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยมหาสารคาม (ฝ่ายมัธยม) ตำบลขามเรียง อำเภอกันทรวิชัย จังหวัดมหาสารคาม ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2563 จำนวน 38 คน
3. เนื้อหาที่ใช้ในงานวิจัย ได้แก่ เนื้อหาวิชาชีววิทยาพื้นฐาน หน่วยการเรียนรู้เรื่องสารอาหารและสารเคมีในสิ่งมีชีวิต ของชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ภารเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2563
4. ระยะเวลาที่ใช้การวิจัย ภาคเรียนที่ 2 ปีกากรศึกษา 2563

นิยามศัพท์เฉพาะ

1. การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน หมายถึง การสอนที่เน้นการปฏิบัติการสร้าง การใช้ การประเมินและปรับปรุงแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์เพื่อทำความเข้าใจและอธิบายปรากฏการณ์ต่าง ๆ ที่ศึกษา โดยมีขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ 4 ขั้นตอนดังนี้

1.1. ขั้นการสร้างแบบจำลอง เป็นขั้นตอนที่ครูผู้สอนเร้าความสนใจผู้เรียนเพื่อกระตุ้นให้ผู้เรียน โดยการตั้งคำถาม และสื่อการเรียนรู้ (สารที่จะนำมาทดลอง) ซึ่งนำไปสู่ปัญหาที่ต้องการให้

เรียนรู้ จากนั้นนักเรียนคิด วางแผน อภิปรายโดยใช้ความรู้ที่มีอยู่ออกแบบและสร้างแบบจำลองตามแนวคิดของตนเอง

1.2. ขั้นการประเมินแบบจำลอง เป็นขั้นตอนที่นักเรียนได้ทำการประเมินแบบจำลองทางความคิดที่นักเรียนได้สร้างขึ้นว่าสามารถนำไปอธิบายปรากฏการณ์ที่ศึกษาได้หรือไม่ หรือแบบจำลองนั้นมีความถูกต้องด้านเนื้อหาที่ศึกษาหรือไม่ ผ่านการอภิปราย การศึกษาค้นคว้าข้อมูลของนักเรียน

1.3. ขั้นการดัดแปลงแก้ไขแบบจำลอง เป็นขั้นตอนที่นักเรียนได้ทำการปรับปรุงแบบจำลองของนักเรียนให้สามารถอธิบายข้อมูลหรือปรากฏการณ์ที่ศึกษาได้อย่างถูกต้อง จากนั้นทำการอภิปรายว่าแบบจำลองของนักเรียนนั้นมีความสอดคคล้องกับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์มากน้อยเพียงใด

1.4. ขั้นการขยายแบบจำลอง เป็นขั้นตอนที่นักเรียนนำแบบจำลองของนักเรียนนั้นไปใช้อธิบายในสถานการณ์อื่น ๆ รวมถึงตรวจสอบว่าแบบจำลองที่นักเรียนได้สร้างขึ้นนั้นสามารถอธิบายปรากฏการณ์อื่นได้หรือไม่

2. แบบจำลองหมายถึง สิ่งที่สร้างขึ้นเพื่อใช้เป็นตัวแทนและอธิบายแนวคิดหรือปรากฏการณ์ต่าง ๆ รวมไปถึง สิ่งที่เป็นนามธรรม หลักการ ทฤษฎี กฎ กระบวนการ เหตุการณ์ วัตถุให้สามารถเข้าใจได้ง่ายขึ้น โดยสามารถแบ่งประเภทของแบบจำลองออกเป็น 4 ประเภทได้แก่

2.1. แบบจำลองทางความคิด คือ แบบจำลองของแต่ละบุคคลที่สร้างขึ้นจากความรู้ความเข้าใจของแต่ละบุคคล

2.2. แบบจำลองที่แสดงออก คือ แบบจำลองที่ใช้ในการแสดงความคิดของแต่ละบุคคลเพื่อนำเสนอสิ่งต่าง ๆ ให้เข้าใจได้มากขึ้น โดยสามารถแบ่งย่อยออกเป็น

2.2.1. แบบจำลองที่เป็นรูปธรรม เป็น แบบจำลองที่สร้างจากวัสดุที่คงทน สร้างเป็นสามมิติ เช่น แบบจำลองร่างกายมนุษย์

2.2.2. แบบจำลองที่เป็นคำพูด เป็น คำอธิบายเกี่ยวกับข้อความรู้หรือความสัมพันธ์ของข้อความรู้กับลักษณะที่แสดงออก เช่น นิยามศัพท์ ต่าง ๆ

2.2.3. แบบจำลองที่เป็นสัญลักษณ์ เป็น แบบจำลองในรูปสัญลักษณ์ที่เข้าใจง่ายเช่น สัญลักษณ์ของธาตุ สูตรเคมี เป็นต้น

2.2.4. แบบจำลองภาพ เป็นแบบจำลองที่ เป็นภาพต่างๆ เช่น กราฟ แผนผัง รูปภาพ ภาพเคลื่อนไหว ภาพจำลองบนคอมพิวเตอร์

2.2.5. แบบจำลองที่เป็นลักษณะท่าทาง (gesture model) เป็นการใช้การเคลื่อนไหวของส่วนต่างๆ ของร่ายกายเพื่อจำลองถึงสิ่งต่างๆ เช่น จำลองการเคลื่อนที่ของวัตถุ

2.3. แบบจำลองที่สอดคล้องกันภายในกลุ่ม เป็นแบบจำลองที่ได้รับการยอมรับของกลุ่มคนที่ศึกษาเรื่องนั้น ๆ

2.4. แบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ เป็นแบบจำลองที่ใช้อธิบายปรากฏการณ์ต่าง ๆ ทางวิทยาศาสตร์ โดยที่แบบจำลองนั้นได้รับการยอมรับจากผู้ที่ศึกษาเรื่องนั้น ๆ

โดยแบบจำลองที่นักเรียนเลือกใช้นั้นเป็นแบบจำลองภาพ ชนิดแผนผัง

3. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหมายถึง พฤติกรรมการเรียนรู้ที่ด้านสติปัญญาในเนื้อหาวิชาชีววิทยา เรื่อง สารอาหารและสารเคมีในสิ่งมีชีวิต ความสารถของผู้เรียนในการทำสิ่งใดสิ่งหนึ่งอันเกิดมากจากผลของการเรียนการสอนสามารถวัดผ่านพฤติกรรมทางด้านพุทธิพิสัย ได้แก่ การจำ ความเข้าใจ การนำไปใช้ การวิเคราะห์ การสังเคราะห์และการประเมินค่า โดยเครื่องมือที่ใช้ในการวัดคือแบบทดสอบชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 20 ข้อ

4. ทักษะการสร้างแบบจำลอง หมายถึง การนำเสนอข้อมูล แนวคิด ความคิดรวบยอดเพื่อให้ผู้อื่นเข้าใจในรูปของแบบจำลองต่าง ๆ เช่น กราฟ รูปภาพ ภาพเคลื่อนไหว วัสดุ สิ่งของ สิ่งประดิษฐ์ สามารถวัดได้โดยวัดความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับเนื้อหาที่นักเรียนศึกษา และพฤติกรรมที่นักเรียนแสดงออกขณะสร้างแบบจำลอง โดยเครื่องมือที่ใช้ในการวัดสามารถแบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือ 1. วัดคุณภาพแบบจำลองว่ามีความสามารถในการอธิบายหรือทำนายปรากฏการณ์ในเนื้อหาที่ทำการเรียนรู้หรือไม่ โดยใช้แบบประเมินคุณภาพของแบบจำลอง ชนิดเกณฑ์การให้คะแนนแบบรูบริค 5 ระดับ 2. วัดความสามารถของทักษะกระบวนการสร้างแบบจำลอง โดยแบ่งการประเมินเป็น 2 ทักษะกระบวนการคือ ทักษะการสร้างและใช้แบบจำลอง โดยใช้แบบประเมินทักษะกระบวนการสร้างและใช้แบบจำลอง มีเกณฑ์การให้คะแนนแบบรูบริค 4 ระดับ และทักษะการปรับปรุงและเปลี่ยนแปลงแบบจำลอง โดยใช้แบบประเมินทักษะกระบวนการปรับปรุงและเปลี่ยนแปลงแบบจำลอง มีเกณฑ์การให้คะแนนแบบรูบริค 4 ระดับ โดยครูผู้สอนเป็นผู้ประเมิน

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในงานวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาค้นคว้าเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เพื่อเป็นแนวทางดังนี้

1. สาระสำคัญเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551
    1.1. สาระชีววิทยา
2. การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน
    2.1. ความหมายของการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน
    2.2. ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน
3. แบบจำลอง
    3.1. ความหมายของแบบจำลอง
    3.2. ประเภทของแบบจำลอง
    3.3. ทักษะการสร้างแบบจำลอง
    3.4. แนวทางการวัดความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์
4. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
    4.1. ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
    4.2. การวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
    4.3. เครื่องมือวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
    4.4. การหาคุณภาพเครื่องมือวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
5. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

สาระสำคัญเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ตามหลักสูตร แกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ฉบับปรับปรุง พุทธศักราช 2560

ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ.2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 มุ่งหวังให้ผู้เรียนได้เรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่เน้นการเชื่อมโยงความรู้กับกระบวนการ มีทักษะ สำคัญในการค้นคว้าและสร้างองค์ความรู้ โดยใช้กระบวนการในการสืบเสาะหาความรู้และการ แก้ปัญหา ที่หลากหลาย ให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการเรียนรู้ทุกขั้นตอน มีการทำกิจกรรมด้วยการลงมือ ปฏิบัติจริงเหมาะสมกับระดับชั้น ได้กำหนดสาระการเรียนรู้ออกเป็น 8 สาระ ได้แก่ (กระทรวงศึกษาธิการ, 2560)

สาระที่ 1 วิทยาศาสตร์ชีวภาพ
สาระที่ 2 วิทยาศาสตร์กายภาพ
สาระที่ 3 วิทยาศาสตร์โลกและอวกาศ
สาระที่ 4 ชีววิทยา
สาระที่ 5 เคมี
สาระที่ 6 ฟิสิกส์
สาระที่ 7 โลก ดาราศาสตร์ และอวกาศ
สาระที่ 8 เทคโนโลยี

สาระชีววิทยา

สาระชีววิทยาผู้เรียนจะได้เรียนรู้เกี่ยวกับ การศึกษาชีววิทยา สารที่เป็นองค์ประกอบของสิ่งมีชีวิต เซลล์ของสิ่งมีชีวิต พันธุกรรมและการถ่ายทอด วิวัฒนาการ ความหลากหลายทางชีวภาพ โครงสร้างและการทำงานของส่วนต่าง ๆ ในพืชดอก ระบบและการทำงานในอวัยวะต่าง ๆ ของสัตว์และมนุษย์และสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม ซึ่งประกอบไปด้วยมาตรฐานการเรียนรู้ดังนี้ (กระทรวงศึกษาธิการ, 2560)

มาตรฐาน ว 4.1 เข้าใจธรรมชาติของสิ่งมีชีวิต การศึกษาชีววิทยาและวิธีการทางวิทยาศาสตร์ สารที่เป็นองค์ประกอบของสิ่งมีชีวิต ปฏิกิริยาเคมีในเซลล์ของสิ่งมีชีวิต กล้องจุลทรรศน์ โครงสร้างและหน้าที่ของเซลล์ การลำเลียงสารเข้าและออกจากเซลล์ การแบ่งเซลล์ และการหายใน ระดับเซลล์

มาตรฐาน ว 4.2 เข้าใจการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม การถ่ายทอดยีนบนโครโมโซม สมบัติและหน้าที่ของสารพันธุกรรม การเกิดมิวเทชันเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ หลักฐาน ข้อมูลและแนวคิด เกี่ยวกับวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิต ภาวะสมดุลของฮาร์ดี-ไวน์เบิร์ก การเกิดสปีชีส์ใหม่ความ

หลากหลายทางชีวภาพ กำเนิดของสิ่งมีชีวิต ความหลากหลายของสิ่งมีชีวิต และอนุกรมวิธาน รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

มาตรฐาน ว 4.3 เข้าใจส่วนประกอบของพืช การแลกเปลี่ยนแก๊สและคายน้ำของพืช การลำเลียงของพืชการสังเคราะห์ด้วยแสง การสืบพันธุ์ของพืชดอกและการเจริญเติบโต และการตอบสนองของพืช รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

มาตรฐาน ว 4.4 เข้าใจการย่อยอาหารของสัตว์และมนุษย์รวมทั้งการหายใจและการแลกเปลี่ยนแก๊สการลำเลียงสารและการหมุนเวียนเลือด ภูมิคุ้มกันของร่างกาย การขับถ่าย การรับรู้และ การตอบสนอง การเคลื่อนที่ การสืบพันธุ์และการเจริญเติบโต ฮอร์โมนกับการรักษาดุลยภาพและพฤติกรรมของสัตว์ รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

มาตรฐาน ว 4.5 เข้าใจแนวคิดเกี่ยวกับระบบนิเวศ กระบวนการถ่ายทอดพลังงานและการหมุนเวียนสารในระบบนิเวศ ความหลากหลายของไบโอม การเปลี่ยนแปลงแทนที่ของสิ่งมีชีวิตในระบบ นิเวศ ประชากรและรูปแบบการเพิ่มของประชากร ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ปัญหาและผลกระทบที่เกิดจากการใช้ประโยชน์ และแนวทางการแก้ไขปัญหา

ตาราง 1 ตารางแสดงตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง สาระชีววิทยา

ชั้น	ตัวชี้วัด	สาระการเรียนรู้แกนกลาง
ม.4	1. อธิบาย และสรุปสมบัติที่สำคัญของสิ่งมีชีวิตและความสัมพันธ์ของการจัดระบบในสิ่งมีชีวิตที่ทำให้สิ่งมีชีวิตดำรงชีวิตอยู่ได้	● สิ่งมีชีวิตทุกชนิดต้องการสารอาหารและพลังงานมีการเจริญเติบโต มีการตอบสนองต่อสิ่งเร้า มีการรักษาดุลยภาพของร่างกาย มีการสืบพันธุ์ มีการปรับตัวทางวิวัฒนาการ และมีการทำงานร่วมกันขององค์ประกอบต่าง ๆ อย่างเป็นระบบ สิ่งเหล่านี้จัดเป็นสมบัติที่สำคัญของสิ่งมีชีวิต ● การจัดระบบในสิ่งมีชีวิตเริ่มจากหน่วยเล็กไปหน่วยใหญ่ ได้แก่ เซลล์ เนื้อเยื่อ อวัยวะ ระบบอวัยวะ และสิ่งมีชีวิต ตามลำดับ
	2. อภิปราย และบอกความสำคัญของ	● วิธีการทางวิทยาศาสตร์ในการ

ชั้น	ตัวชี้วัด	สาระการเรียนรู้แกนกลาง
	การระบุปัญหา ความสัมพันธ์ระหว่างปัญหา สมมติฐานและวิธีการตรวจสอบสมมติฐาน รวมทั้งออกแบบการทดลองเพื่อตรวจสอบสมมติฐาน	ค้นหาคำตอบเกี่ยวกับสิ่งมีชีวิต เริ่มจากการตั้งปัญหาหรือคำถามตั้งสมมติฐาน ตรวจสอบสมมติฐาน เก็บรวบรวมข้อมูล วิเคราะห์ข้อมูล และสรุปผล ● วิธีการทางวิทยาศาสตร์ในการค้นหาคำตอบเกี่ยวกับสิ่งมีชีวิต เริ่มจากการตั้งปัญหาหรือคำถามตั้งสมมติฐาน ตรวจสอบสมมติฐาน เก็บรวบรวมข้อมูล วิเคราะห์ข้อมูล และสรุปผล ● การศึกษาสิ่งมีชีวิตต้องอาศัยความรู้จากแขนงวิชาต่าง ๆ ของชีววิทยาและสาขาวิชาอื่นที่เกี่ยวข้อง และควรคำนึงถึงชีวจริยธรรมและจรรยาบรรณการใช้สัตว์ทดลอง
	3. สืบค้นข้อมูล อธิบายเกี่ยวกับสมบัติของน้ำ และบอกความสำคัญของน้ำที่มีต่อสิ่งมีชีวิต และยกตัวอย่างธาตุชนิดต่าง ๆ ที่มีความสำคัญต่อร่างกายสิ่งมีชีวิต	● สิ่งมีชีวิตประกอบด้วย ธาตุและสารประกอบในร่างกายของสิ่งมีชีวิตมีน้ำเป็นองค์ประกอบมากที่สุด น้ำประกอบด้วยธาตุไฮโดรเจนและออกซิเจน มีสมบัติในการเป็นตัวทำละลายที่ดีเก็บความร้อนได้ดีและมีความจุความร้อนสูงซึ่งช่วยรักษาดุลยภาพของเซลล์ได้
	4. สืบค้นข้อมูล อธิบายโครงสร้างของคาร์โบไฮเดรตระบุกลุ่มของคาร์โบไฮเดรต รวมทั้งความสำคัญของคาร์โบไฮเดรตที่มีต่อสิ่งมีชีวิต	● คาร์โบไฮเดรตประกอบด้วยธาตุคาร์บอนไฮโดรเจน และออกซิเจน แบ่งตามขนาดโมเลกุลออกได้เป็น 3 กลุ่ม คือ มอโนแซ็กคาไรด์ไดแซ็กคาไรด์และพอลิแซ็กคาไรด์
	5. สืบค้นข้อมูล อธิบายโครงสร้างของโปรตีนและความสำคัญของโปรตีนที่มีต่อ	● โปรตีนมีกรดอะมิโนเป็นหน่วย

ชั้น	ตัวชี้วัด	สาระการเรียนรู้แกนกลาง
	สิ่งมีชีวิต	ย่อย ประกอบด้วยธาตุคาร์บอน ไฮโดรเจน ออกซิเจน และไนโตรเจนบางชนิดอาจมีธาตุฟอสฟอรัส เหล็ก และกำมะถันเป็นองค์ประกอบ
	6. สืบค้นข้อมูล อธิบายโครงสร้างของลิพิดและความสำคัญของลิพิดที่มีต่อสิ่งมีชีวิต	● ลิพิดประกอบด้วยธาตุคาร์บอน ไฮโดรเจน และออกซิเจน เป็นสารประกอบที่ละลายได้ดีในตัวทำละลายที่เป็นสารอินทรีย์ ลิพิดกลุ่มสำคัญที่พบในสิ่งมีชีวิตได้แก่ กรดไขมัน ไตรกลีเซอไรด์ ฟอสโฟลิพิด สเตอรอยด์
	7. อธิบายโครงสร้างของกรดนิวคลิอิกและระบุชนิดของกรดนิวคลิอิก และความสำคัญของกรดนิวคลิอิกที่มีต่อสิ่งมีชีวิต	● กรดนิวคลิอิกประกอบด้วยหน่วยย่อย เรียกว่านิวคลีโอไทด์โมเลกุลของนิวคลีโอไทด์ประกอบด้วย หมู่ฟอสเฟต น้ำตาลที่มีคาร์บอน 5 อะตอม และเบสที่มีไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบ ● กรดนิวคลิอิกเป็นองค์ประกอบของสารพันธุกรรมทำหน้าที่เก็บและถ่ายทอดข้อมูลทางพันธุกรรมมี2 ชนิด คือ DNA และ RNA
	8. สืบค้นข้อมูล และอธิบายปฏิกิริยาเคมีที่เกิดขึ้นในสิ่งมีชีวิต 9. อธิบายการทำงานของเอนไซม์ในการเร่งปฏิกิริยาเคมีในสิ่งมีชีวิตและระบุปัจจัยที่มีผลต่อการทำงานของเอนไซม์	● เมแทบอลิซึมเป็นปฏิกิริยาเคมีที่เกิดขึ้นภายในเซลล์ของสิ่งมีชีวิต ปฏิกิริยาเคมีประกอบด้วยปฏิกิริยาคายพลังงาน และปฏิกิริยาดูดพลังงาน ปฏิกิริยาเคมีเหล่านี้จะดำเนินไปได้อย่างรวดเร็วจำเป็นต้องอาศัยเอนไซม์ช่วยเร่งปฏิกิริยา ● เอนไซม์ส่วนใหญ่เป็นสารประเภทโปรตีนทำหน้าที่เร่งปฏิกิริยาเคมี

ชั้น	ตัวชี้วัด	สาระการเรียนรู้แกนกลาง
		ในขณะที่เกิดปฏิกิริยาเคมีในเซลล์สารตั้งต้นจะเข้าไปจับกับเอนไซม์ที่บริเวณจำเพาะของเอนไซม์ที่เรียกว่า บริเวณเร่ง ถ้าสารตั้งต้นมีโครงสร้างเข้ากับบริเวณเร่งได้สารตั้งต้นนั้นจะถูกเปลี่ยนเป็นสารผลิตภัณฑ์ ● อุณหภูมิสภาพความเป็นกรด-เบส และตัวยับยั้งเอนไซม์เป็นปัจจัยที่มีผลต่อการทำงานของเอนไซม์
	10. บอกวิธีการ และเตรียมตัวอย่างสิ่งมีชีวิตเพื่อศึกษาภายใต้กล้องจุลทรรศน์ใช้แสงวัดขนาดโดยประมาณ และวาดภาพที่ปรากฏภายใต้กล้อง บอกวิธีการใช้และการดูแลรักษากล้องจุลทรรศน์ใช้แสงที่ถูกต้อง	● กล้องจุลทรรศน์เป็นเครื่องมือที่ใช้ศึกษาสิ่งมีชีวิตขนาดเล็ก ที่ไม่สามารถเห็นได้ด้วยตาเปล่า และรายละเอียดโครงสร้างของเซลล์ ● เอนไซม์ส่วนใหญ่เป็นสารประเภทโปรตีนทำหน้าที่เร่งปฏิกิริยาเคมีในขณะที่เกิดปฏิกิริยาเคมีในเซลล์สารตั้งต้นจะเข้าไปจับกับเอนไซม์ที่บริเวณจำเพาะของเอนไซม์ที่เรียกว่า บริเวณเร่งถ้าสารตั้งต้นมีโครงสร้างเข้ากับบริเวณเร่งได้สารตั้งต้นนั้นจะถูกเปลี่ยนเป็นสารผลิตภัณฑ์ ● อุณหภูมิสภาพความเป็นกรด-เบส และตัวยับยั้งเอนไซม์เป็นปัจจัยที่มีผลต่อการทำงานของเอนไซม์
	11. อธิบายโครงสร้างและหน้าที่ของส่วนที่ห่อหุ้มเซลล์ของเซลล์พืชและเซลล์สัตว์ 12. สืบค้นข้อมูล อธิบาย และระบุชนิดและหน้าที่ของออร์แกเนลล์ 13. อธิบายโครงสร้างและหน้าที่ของ	● เซลล์เป็นหน่วยพื้นฐานที่เล็กที่สุดของสิ่งมีชีวิตโครงสร้างพื้นฐานของเซลล์ประกอบด้วย ส่วนที่ห่อหุ้มเซลล์ไซโทพลาซึม และนิวเคลียส

ชั้น	ตัวชี้วัด	สาระการเรียนรู้แกนกลาง
	นิวเคลียส	● ส่วนที่ห่อหุ้มเซลล์ที่พบในเซลล์ทุกชนิดคือเยื่อหุ้มเซลล์แต่ในแบคทีเรียสาหร่าย ฟังไจและพืชจะมีผนังเซลล์เป็นส่วนห่อหุ้มเซลล์เพิ่มเติมขึ้นมาอีกชั้นหนึ่ง ● โครงสร้างของเยื่อหุ้มเซลล์ประกอบด้วยโมเลกุลของฟอสโฟลิพิดเรียงเป็นสองชั้น และมีโปรตีนแทรกหรืออยู่ที่ผิวทั้งสองด้านของฟอสโฟลิพิด ● ไซโทพลาซึมอยู่ภายในเยื่อหุ้มเซลล์ประกอบด้วยไซโทซอลและออร์แกเนลล์นิวเคลียสเป็นศูนย์กลางควบคุมการทำงานของเซลล์ยูคาริโอตประกอบด้วยเยื่อหุ้ม ซึ่งภายในมีDNA RNA และโปรตีนบางชนิด
	14. อธิบาย และเปรียบเทียบการแพร่ออสโมซิสการแพร่แบบฟาซิลิเทตและแอกทีฟทรานสปอร์ต 15. สืบค้นข้อมูล อธิบาย และเขียนแผนภาพการลำเลียงสารโมเลกุลใหญ่ออกจากเซลล์ด้วยกระบวนการเอกโซไซโทซิสและการลำเลียงสารโมเลกุลใหญ่เข้าสู่เซลล์ด้วยกระบวนการเอนโดไซโทซิส	● สารต่าง ๆ มีการเคลื่อนที่เข้าและออกจากเซลล์อยู่ตลอดเวลาโดยกระบวนการต่าง ๆ ได้แก่การแพร่ออสโมซิส การแพร่แบบฟาซิลิเทต แอกทีฟทรานสปอร์ต กระบวนการเอกโซไซโทซิสกระบวนการเอนโดไซโทซิส ● แก๊สต่าง ๆ เข้าหรือออกจากเซลล์โดยการแพร่ส่วนน้ำเข้าหรือออกจากเซลล์ผ่านเยื่อหุ้มเซลล์โดยออสโมซิส ไอออนและสารบางอย่างที่ไม่สามารถลำเลียงผ่านเยื่อหุ้มเซลล์โดยตรงได้จำเป็นต้องอาศัยโปรตีนที่อยู่บนเยื่อหุ้มเซลล์เป็นตัวพาสารนั้น

ชั้น	ตัวชี้วัด	สาระการเรียนรู้แกนกลาง
		เข้าและออกจากเซลล์เรียกว่า การแพร่แบบฟาซิลิเทต ● แอกทีฟทรานสปอร์ต เป็นการลำเลียงสารจากบริเวณที่มีความเข้มข้นต่ำไปยังบริเวณที่มีความเข้มข้นสูง ● สารบางอย่างที่ไม่สามารถแพร่ผ่านเยื่อหุ้มเซลล์หรือลำเลียง
	16. สังเกตการแบ่งนิวเคลียสแบบไมโทซิสและแบบไมโอซิสจากตัวอย่างภายใต้กล้องจุลทรรศน์พร้อมทั้งอธิบายและเปรียบเทียบการแบ่งนิวเคลียสแบบไมโทซิส และแบบไมโอซิส	● การแบ่งเซลล์ของสิ่งมีชีวิตเป็นการเพิ่มจำนวนเซลล์ซึ่งเป็นกระบวนการที่เกิดขึ้นต่อเนื่องกันเป็นวัฏจักร โดยวัฏจักรของเซลล์ประกอบด้วยอินเตอร์เฟส การแบ่งนิวเคลียส แบบไมโทซิสและการแบ่งไซโทพลาซึม ● การแบ่งนิวเคลียสมี2 แบบ คือการแบ่งนิวเคลียสแบบไมโทซิสและการแบ่งนิวเคลียสแบบไมโอซิส ● การแบ่งนิวเคลียสแบบไมโทซิส ประกอบด้วยระยะโพรเฟส เมทาเฟส แอนาเฟส และเทโลเฟส
	17. อธิบาย เปรียบเทียบ และสรุปขั้นตอนการหายใจระดับเซลล์ในภาวะที่มีออกซิเจนเพียงพอ และภาวะที่มีออกซิเจนไม่เพียงพอ	● การหายใจระดับเซลล์เป็นการสลายสารอาหารที่มีพลังงานสูงโดยมีออกซิเจนเป็นตัวรับอิเล็กตรอนตัวสุดท้าย ประกอบด้วย 3 ขั้นตอนคือ ไกลโคลิซิส วัฏจักรเครบส์และกระบวนการถ่ายทอดอิเล็กตรอน ● การหายใจระดับเซลล์พลังงานส่วนใหญ่ได้จากขั้นตอนการ

ชั้น	ตัวชี้วัด	สาระการเรียนรู้แกนกลาง
		ถ่ายทอดอิเล็กตรอน พลังงานนี้จะถูกเก็บไว้ในพันธะเคมีในโมเลกุลของ ATP ● ในภาวะที่มีออกซิเจนไม่เพียงพอ ทำให้การหายใจของเซลล์ไม่สมบูรณ์จึงเกิดได้เฉพาะไกลโคลิซิสผลที่ได้จากการหายใจในสภาวะนี้ในสัตว์จะได้กรดแลกติก ในจุลินทรีย์และพืชอาจได้กรดแลกติก หรือเอทิลแอลกอฮอล์
ม.5	-	-
ม.6	-	-

การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

ความหมายของการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานเป็นกระบวนการที่นักเรียนใช้เพื่อทำนายและอธิบายปรากฏการณ์ต่าง ๆ ผ่านการปรับปรุงแบบจำลองของปรากฏการณ์นั้น ๆ อย่างต่อเนื่องโดยหลักการในการจัดการเรียนรู้นั้นเริ่มต้นด้วยการสร้างแบบจำลองทางความคิด (Produce mental model) เกี่ยวกับปรากฏการณ์ที่ศึกษา การทำการเปรียบเทียบ (Compare) และประเมินค่า (Evaluate) แบบจำลอง จากนั้นทำการปรับปรุง (Revision) และแก้ไขแบบจำลองเพื่ออธิบายปรากฏการณ์ที่ศึกษาได้ดีขึ้น (Sadler, Friedrichsen, & Zangori, 2019)

ทิศนา (2557) ได้กล่าวว่าการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน มีรากฐานแนวคิดมาจากทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ของตนเอง (Constructivist Theory) ซึ่งจัดเป็นทฤษฎีการเรียนรู้กลุ่มปัญญานิยม (Cognitive Psychology) เน้นการเรียนรู้โดยให้ผู้เรียนเป็นผู้สร้างความรู้จากสามารถช่วยให้ผู้เรียนปรับเปลี่ยนโครงสร้างทางปัญญาของตนได้โดยจัดสภาพการณ์การเรียนรู้ที่เหมาะสมกับผู้เรียนแต่ละบุคคลและยังเชื่อว่าการเรียนรู้ตามแนวคิด Constructivism เป็นผลพวงของความพยายามทางความคิด ผู้เรียนจะสร้างเสริมความรู้ผ่านกระบวนการทางจิตวิทยาด้วยตนเอง ผู้สอนไม่สามารถปรับการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างทางปัญญาของผู้เรียนได้ แต่ผู้สอนสามารถช่วยให้ผู้เรียนปรับเปลี่ยนโครงสร้างทางปัญญาของตนได้โดยจัดสภาพการณ์การเรียนรู้ที่เหมาะสมกับผู้เรียนแต่ละบุคคล

พัณนิดา และร่มเกล้า (2560) การสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เป็นวิธีการจัดการเรียนรู้หนึ่งที่เน้นให้นักเรียนได้เรียนรู้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์จนสามารถทำความเข้าใจเนื้อหาความรู้ผ่านการลงมือปฏิบัติการทดลอง การนำหลักฐานที่ได้จากการทดลองมาสนับสนุนและให้เหตุผลในการอธิบายข้อสรุปจากการทดลอง ยังเป็นลักษณะของการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์

นอกจากนี้ Baek et al. (2010) ยังได้ให้คำจำกัดความของการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานไว้ว่า เป็นการสอนที่เน้นการปฏิบัติการสร้าง การใช้ การประเมินและปรับปรุงแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ ที่เกี่ยวข้องกับการตั้งสมมติฐาน การสังเกต การอภิปรายเพื่อสร้างความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งเกี่ยวข้องกับระบบความคิดและและการให้เหตุผลในการอธิบายปรากฏการณ์ผ่านการพูดและเขียน

ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

ได้มีนักวิชาการหลายท่านทำการเสนอแนวทางการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ดังนี้

Gobert and Buckley (2002) ได้เสนอแนวทางการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานไว้ตามลำดับ ดังนี้

1. นักเรียนสร้างแบบจำลองทางความคิดเกี่ยวกับปรากฏการณ์ที่ศึกษา

2. ครูประเมินและทบทวนแนวคิดที่นักเรียนจำเป็นจะต้องใช้ในการสร้างแบบจำลองเพื่อสรุปอ้างอิงแบบจำลองทางความคิดของนักเรียนจากเหตุผลที่นักเรียนใช้ในการอธิบายปรากฏการณ์ที่ศึกษา

3. นักเรียนลงมือสร้างแบบจำลอง ในขั้นนี้นักเรียนรวบรวมข้อมูลต่าง ๆ เข้าด้วยกัน ทั้งข้อมูลเกี่ยวกับโครงสร้าง หน้าที่การทำงาน พฤติกรรม และสาเหตุการเกิดขึ้นของปรากฏการณ์ นั้น ๆ เขียนเป็นแผนผังแนวคิด (Concept mapping) โดยเปรียบเทียบจากปรากฏการณ์ ที่คล้ายคลึง (Analogous system) ที่นักเรียนทราบ จากนั้นตรวจสอบข้อมูลแล้วจึงลงมือสร้าง แบบจำลอง

4. นำแบบจำลองไปใช้และประเมิน ในขั้นนี้นักเรียนอาจจะพบว่าแบบจำลองที่นักเรียนสร้างขึ้นถูกปฏิเสธ เนื่องจากใช้อธิบายปรากฏการณ์ที่ศึกษาได้ไม่ดีพอ นักเรียนต้องกลับไป ปรับปรุง (Revision) และแก้ไขแบบจำลองเพื่อให้สามารถอธิบายปรากฏการณ์ที่ศึกษาได้ดีขึ้น

5. ขยายแบบจำลอง (Elaboration) ในขั้นนี้นักเรียนอาจจะนำแบบจำลองเดิมไปสร้างเพิ่มเติมหรือนำไปรวมกับแบบจำลองอื่นเพื่อขยายแนวคิดให้กว้างขึ้น

Schawarz et al. (2009) ได้เสนอแนวทางการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ซึ่งประกอบไปด้วย 4 ขั้นตอนได้แก่

1. การให้นักเรียนสร้างแบบจำลองจากความรู้เดิมหรือทฤษฎี เพื่ออธิบายหรือทำนายปรากฏการที่เกิดขึ้น

2. นักเรียนใช้แบบจำลองที่นักเรียนสร้างขึ้นทำการอธิบายและทำนายปรากฏการที่จะเกิดขึ้น

3. นักเรียนทำการเปรียบเทียบและประเมินค่าแบบจำลองว่าสามารถทำการอธิบายปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นได้หรือไม่ และแบบจำลองนั้นสามารถทำนายปรากฏการณ์ที่แตกต่างกันได้หรือไม่

4. นักเรียนทำการแก้ไขแบบจำลองเพื่อให้สามารถอธิบายและทำนาย จากปรากฏการณ์และหลักฐานที่นักเรียนได้ทดลองที่ผ่านมา

Rea-ramirez, Clement and Nunez-Ovedo (2008) ได้เสนอแนวทางการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานไว้ 4 ขั้นตอนดังนี้

1. การสร้างแบบจำลอง (Generating model) ครูเปิดโอกาสให้ผู้เรียนแสดงแบบจำลองความคิดของ ตนเองออกมาให้มากที่สุด โดยการใช้คำถามหรือ กิจกรรมที่เร้าความสนใจผู้เรียนเพื่อกระตุ้นให้ผู้เรียน สังเกตและสร้างแบบจำลองทางความคิดเพื่ออธิบาย หรือทำนายปรากฏการณ์ต่าง ๆ ทางธรรมชาติ สำหรับขั้นนี้จะเป็นชั้นตอนที่จะเข้าใจว่านักเรียนมี แบบจำลองทางความคิดอย่างไร เหมือนหรือแตกต่างกับ แบบจำลองทางวิทยาศาสตร์หรือไม่อย่างไร

2. การประเมินและการดัดแปลงแบบจำลอง (Evaluating model) เป็นขั้นตอนที่ครูกระตุ้นให้ผู้เรียนได้ประเมินความสอดคล้องของ แบบจำลองที่ผู้เรียนสร้างขึ้นกับหลักฐานที่เป็นข้อมูลเชิงประจักษ์ ในชั้นนี้ควรฝึกให้ผู้เรียนได้ออกแบบการทดลอง ดำเนินการทดลอง หรือทำการศึกษาค้นคว้าค้นหาข้อมูล เพื่อรวบรวมข้อมูลเชิงประจักษ์ ซึ่งผู้เรียนอาจจะศึกษา ข้อมูลปรากฏการณ์ผ่านการจำลองด้วยคอมพิวเตอร์ แล้วนำมาใช้เป็นข้อมูลเพื่อประเมินแบบจำลองของตนใน ชั้นที่ 1 (การสร้างแบบจำลอง) ผู้เรียนต้องสำรวจ ตรวจสอบดูว่าแบบจำลองของตนมีความสอดคล้องกับ ข้อมูลเชิงประจักษ์หรือไม่มากน้อยเพียงใดและ แบบจำลองของตนสามารถใช้อธิบายปรากฏการณ์อื่นได้ อย่างกว้างขวางเพียงใด ครูต้องพยายามส่งเสริม แบบจำลองทางความคิดของนักเรียนโดยการเชื่อมโยงความสัมพันธ์ของตัวแปรต่าง ๆ โดยครูและนักเรียนต้อง เป็นผู้ร่วมสร้าง (CO-Construction) และส่งเสริมแบบจำลองทางความคิด ตัวบ่งชี้ที่จะบอกได้ว่า แบบจำลองของนักเรียนเป็นแบบจำลองที่ผ่านการประเมินแล้วก็คือ มีการเพิ่มตัวแปรใหม่ในแบบจำลอง หรือการเพิ่มตัวปรับปรุงในความสัมพันธ์ในแบบจำลอง รวมถึงมีการใช้ความสัมพันธ์ในแบบจำลองเพื่ออธิบาย ผลการทดลองที่เกิดขึ้นใหม่ และอาจมีการเปลี่ยนแปลง กาพวาดเพื่ออธิบายปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้น

3. การดัดแปลงแก้ไขแบบจำลอง (Modifying model) ผู้เรียนจะมีการดัดแปลงแก้ไขแบบจำลอง เพิ่มเติมจนกระทั่งแบบจำลองที่ผ่านการดัดแปลงแก้ไข แล้วสามารถอธิบายข้อมูลที่ได้

อย่างถูกต้อง โดยเมื่อ ผู้เรียนได้ทำกิจกรรมแล้วค้นพบปรากฏการณ์ ข้อเท็จจริง หลักการ หรือกฎใหม่ๆ ที่ไม่อาจอธิบายได้ ด้วยแบบจำลองที่ตั้งไว้ก็จำเป็นต้องมีการปรับปรุง แบบจำลองนั้น ผู้เรียนอาจจะเปรียบเทียบแบบจำลอง ของกลุ่มเพื่อนที่สร้างขึ้นและรวมแบบจำลองของแต่ละ กลุ่มเข้าด้วยกันเพื่อสร้างเป็นแบบจำลองมติของกลุ่ม หรือของชั้นเรียน ผู้เรียนสามารถแลกเปลี่ยนความคิดซึ่งกันและกันเพื่อสร้างเป็นแบบจำลองที่ดีที่สุดและ สอดคล้องกับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ จัดว่าเป็นขั้นตอนสำคัญที่จะทำให้ผู้เรียนเข้าใจกระบวนการสร้าง แบบจำลองและการพัฒนาความรู้ทางวิทยาศาสตร์

4.การขยายแบบจำลอง (Elaborating model) ในขั้นนี้ผู้เรียนจะใช้แบบจำลองที่ผ่านการ ตัดแปลงแก้ไขแล้วมาอธิบายและทำนายปรากฏการณ์อื่น ๆ หรือสถานการณ์อื่น ซึ่งจะทำให้นักเรียนเชื่อและ เข้าใจแบบจำลองที่ตนสร้างขึ้นหรือแบบจำลองที่ได้ เรียนรู้ว่าสามารถอธิบายหรือทำนายปรากฏการณ์อื่นได้หรือไม่

Baek et al. (2010) ได้เสนอการจัดการเรียนการสอนโดยใช้ MCIS (Model-Centered instruction Sequence) ประกอบด้วยขั้นตอนการจัดการเรียนการสอน 9 ขั้นดังนี้

1.ขั้นการมุ่งปรากฏการณ์และตั้งคำถามสำคัญ (Anchoring Phenomena and Central Question) เป็นการนำเข้าสู่บทเรียนด้วยปรากฏการณ์ที่น่าสนใจซึ่งสามารถพบเห็นในชีวิตประจำวันโดยใช้บทความ วีดิทัศน์ ภาพเคลื่อนไหวหรือการสาธิตและมีการใช้คำถามเพื่อให้นักเรียนตั้งคำถามสำคัญเพื่อให้เกิดความคิด สมมติฐานและสนใจที่จะหาคำตอบ

2.ขั้นการสร้างแบบจำลองเบื้องต้น (Construct an Initial Model) เป็นการให้นักเรียนสร้างแบบจำลองเบื้องต้นเป็นรายบุคคล โดยแสดงความเข้าใจของตนเองที่มีอยู่ต่อปรากฏการณ์ที่ จะศึกษาหรือแสดงสมมติฐานออกมาเป็นแบบจำลองที่แสดงด้วยภาพวาดซึ่งประกอบด้วย ความสัมพันธ์ของสิ่งต่าง ๆ ในปรากฏการณ์

3.ขั้นการสำรวจตรวจสอบเชิงประจักษ์ (Empirical Investigations) เป็นการให้นักเรียน แลกเปลี่ยนสมมติฐานกันในกลุ่ม ร่วมกันทำงานเป็นกลุ่มด้วยการสำรวจตรวจสอบจากปรากฏการณ์ โดยวางแผนการสำรวจตรวจสอบด้วยการสร้างแบบจำลองที่นำเสนอการทดลอง ศึกษาความสัมพันธ์ สังเกตผลการสำรวจตรวจสอบ วิเคราะห์ผลที่เกิดขึ้นด้วยแบบจำลองที่แสดง ด้วยผังกราฟิก หรือแบบจำลองที่แสดงด้วยสมการทางคณิตศาสตร์ อธิบายผลและสะท้อนผลที่ สัมพันธ์กับแบบจำลองด้วยการเก็บรวบรวมข้อมูลและหลักฐานที่จะนำไปใช้สนับสนุนและ ปรับเปลี่ยนแบบจำลองที่แสดงด้วยภาพวาดในขั้นต่อไป

4.ขั้นการประเมินและปรับปรุงแบบจำลองเบื้องต้น (Evaluate and Revise the initial Model) เป็นการประเมินแบบจำลองเบื้องต้นด้วยหลักฐานที่ค้นพบและปรับปรุงแก้ไขแบบจำลองของตนเอง

5. ขั้นการแนะนำความคิดทางวิทยาศาสตร์และสถานการณ์จำลอง (Introduce Scientific Ideas and Simulations) เป็นการเชื่อมโยงความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่สอดคล้องกับปรากฏการณ์หรือแบบจำลองที่ไม่สามารถเข้าถึงได้ด้วยการสำรวจตรวจสอบ ซึ่งนักเรียนจะได้ ศึกษาจากสถานการณ์จำลองและอภิปรายถึงความคิดทางวิทยาศาสตร์หรือทฤษฎีที่เกี่ยวข้องในสถานการณ์จำลอง โดยผลการศึกษาในชั้นนี้จะช่วยทำให้ความคิดของนักเรียนเกี่ยวกับ ปรากฏการณ์มีความชัดเจนมากยิ่งขึ้น

6. ขั้นการประเมินและปรับปรุงแบบจำลอง (Evaluate and Revise the Model) เป็นการ ให้นักเรียนประเมินและปรับปรุงแบบจำลองของตนเองโดยใช้ความคิดทางวิทยาศาสตร์และสถานการณ์จำลองเพื่อสนับสนุนข้อสรุปที่แสดงความสัมพันธ์ของปรากฏการณ์

7. ขั้นการประเมินโดยเพื่อน (Peer Evaluation) เป็นการให้นักเรียนแต่ละคนนำเสนอแบบจำลองและอภิปรายเพื่อประเมินแบบจำลองภายในกลุ่มย่อย และเพื่อนภายในกลุ่มเป็นผู้ ให้ผลสะท้อนกลับโดยจะทำหน้าที่อภิปรายโดยใช้เกณฑ์การประเมินแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์

8. ขั้นการลงมติแบบจำลองที่สร้าง (Construct a Consensus Model) เป็นการให้นักเรียนแต่ละคนหรือตัวแทนของกลุ่มนำเสนอแบบจำลองต่อชั้นเรียน จากนั้นนักเรียนเปรียบเทียบลักษณะของแบบจำลองที่แตกต่างกัน และนำลักษณะที่สำคัญของแบบจำลองที่แต่ละคนนำเสนอ มาสร้างแบบจำลองที่เป็นมติของชั้นเรียน และสรุปความคิดสำคัญเป็นแบบจำลองที่แสดงด้วย ข้อความมโนทัศน์

9. ขั้นการใช้แบบจำลองเพื่อทำนายหรืออธิบาย (Use the Model to Predict or Explain) เป็นการนำแบบจำลองที่เป็นมติไปใช้ทำนายอธิบายปรากฏการณ์ หรือแก้ปัญหาจากสถานการณ์ ใหม่ที่กำหนดในปรากฏการณ์ที่สอดคล้องกัน

จากแนวทางการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานข้างต้น ผู้วิจัยได้เลือกใช้วิธีการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานของ Rea-ramirez ซึ่งได้มีการปรับปรุงขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ดังนี้

1.ขั้นการสร้างแบบจำลอง เป็นขั้นตอนที่ครูผู้สอนเร้าความสนใจผู้เรียนเพื่อกระตุ้นให้ผู้เรียนโดยการตั้งคำถามผ่านการนำสารที่จะนำมาจัดการเรียนรู้มาเป็นสื่อการเรียนรู้ โดยคำถามนั้นจะต้องมีความเกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวันที่นักเรียนคุ้นเคย ซึ่งคำถามนั้นจะนำไปสู่ปัญหาที่ต้องการให้เรียนรู้ จากนั้นนักเรียนคิด วางแผน อภิปรายโดยใช้ ความรู้ที่มีอยู่ออกแบบและสร้างแบบจำลองตามแนวคิดของตนเอง

2.ขั้นการประเมินแบบจำลอง เป็นขั้นตอนที่นักเรียนได้ทำการประเมินแบบจำลองทางความคิดที่นักเรียนได้สร้างขึ้นว่าสามารถนำไปอธิบายหรือทำนายปรากฏการณ์ที่ศึกษา หรือ

แบบจำลองนั้นมีความถูกต้องด้านเนื้อหาที่ศึกษาหรือไม่ ผ่านการนำเสนอแบบจำลองที่นักเรียนได้สร้างขึ้น จากนั้นทำการอภิปรายหาข้อสรุปและการศึกษาค้นคว้าข้อมูลของนักเรียนว่าแบบแบบจำลองที่นักเรียนสร้างขึ้นนั้นถูกต้องมากเพียงใด

3.ขั้นการดัดแปลงแก้ไขแบบจำลอง เป็นขั้นตอนที่นักเรียนได้ทำการปรับปรุงแบบจำลองของนักเรียนให้สามารถอธิบายหรือทำนายปรากฏการณ์ที่ศึกษาได้อย่างถูกต้อง จากนั้นทำการอภิปรายว่าแบบจำลองของนักเรียนนั้นมีความสอดคคล้องกับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์มากน้อยเพียงใด (มีความถูกต้องมากเพียงใด) ผ่านการอภิปรายร่วมกันระหว่างนักเรียนและครูผู้สอน

4.ขั้นการขยายแบบจำลอง เป็นขั้นตอนที่นักเรียนนำแบบจำลองของนักเรียนนั้นไปใช้อธิบายในสถานการณ์อื่น ๆ รวมถึงตรวจสอบว่าแบบจำลองที่นักเรียนได้สร้างขึ้นนั้นสามารถอธิบายปรากฏการณ์อื่นได้หรือไม่

แบบจำลอง

ความหมายของแบบจำลอง

ได้มีนักวิชาการหลายท่านได้ให้ความหมายของแบบจำลองได้หลายท่านดังนี้

ชาตรี ฝ่ายคำตา (2557) ได้กล่าวว่า แบบจำลองคือสิ่งที่สร้างขึ้นมาเพื่อใช้อธิบายแนวคิด หลักการ ทฤษฎี หรือกฎ ซึ่งเป็นสิ่งที่เชื่อมโยงระหว่างทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์กับความจริง โดยแบบจำลองสามารถทำให้เข้าใจแนวคิดต่าง ๆได้ง่ายขึ้น

Buckley and Boulter (2000) ได้กล่าวว่า แบบจำลองคือสิ่งที่แสดงถึงระบบของการรับรู้ในการใช้เหตุผลเกี่ยวกับปรากฏการณ์ โดยการบรรยายอธิบาย ทำนาย และในบางครั้งเป็นสิ่งที่ควบคุมระบบการรับรู้

Bucklet (2004) ได้กล่าวว่า แบบจำลองหมายถึง กระบวนการทำความเข้าใจ และอธิบายปรากฏการณ์ต่าง ๆ โดยผ่านการปรับปรุงแบบจำลองของปรากฏการณ์นั้นอย่างต่อเนื่อง

Clement (2007) ได้ให้ความหมายของแบบจำลองไว้ว่า เป็นวิธีการจัดการเรียนรู้ที่มีรากฐานมาจากทฤษฎีการเปลี่ยนแปลงแนวคิด การศึกษาทางด้านวิทยาศาสตร์ และจิตวิทยาเกี่ยวกับแบบจำลองทางความคิด

Justi and Gilbert (2002) ได้ให้ความหมายของแบบจำลองไว้ว่า แบบจำลองเป็นตัวแทนของปรากฏการณ์ต่าง ๆที่ซับซ้อนให้เข้าใจได้ง่ายขึ้น รวมไปถึงทำให้สิ่งที่เป็นนามธรมมีความชัดเจนสามารถเข้าใจได้ง่ายขึ้น

Gilbert (2003) ได้ให้ความหมายของแบบจำลองไว้ว่า คือ สิ่งที่นักวิทยาศาสตร์สร้างขึ้นเพื่อใช้อธิบายแนวคิด หลักการ ทฤษฎี กฎ หรือเป็นสิ่งที่ใช้เป็นตัวแทนของ ระบบ แนวคิด วัตถุ เหตุการณ์ กระบวนการ หรือปรากฏการณ์ต่างๆ

สรุปได้ว่า แบบจำลองหมายถึง สิ่งที่สร้างขึ้นเพื่อใช้เป็นตัวแทนและอธิบายแนวคิดหรือปรากฏการณ์ต่างๆ รวมไปถึง สิ่งที่เป็นนามธรรม หลักการ ทฤษฎี กฎ กระบวนการ เหตุการณ์ วัตถุ ให้สามารถเข้าใจได้ง่ายขึ้น นอกจากนี้ยังใช้ทำนายปรากฏการณ์ที่ศึกษาได้อีกด้วย

ประเภทของแบบจำลอง

Gilbert (2004) ได้แบ่งประเภทของแบบจำลองออกเป็น 2 ประเภทหลักๆ ได้แก่ แบบจำลองตามสถานะทางภววิทยา (ontological status) และ แบบจำลองตามลักษณะภายนอก

แบบจำลองตามสถานะทางภววิทยา (ontological status) สามารถแบ่งออกเป็น 4 ประเภท ได้แก่

1. แบบจำลองทางความคิด (mental model) คือ ตัวแทนของปรากฏการณ์ ทางธรรมชาติที่แต่ละบุคคลสร้างขึ้น ซึ่งอาจเหมือน สอดคล้อง หรือแตกต่างจากแบบจำลอง ที่เป็นที่ยอมรับในทางวิทยาศาสตร์หรือไม่ก็ได้ ตัวอย่างเช่น นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 บางคนอาจสร้างแบบจำลองทางความคิดว่า แรงทางแม่เหล็กเกิดขึ้นโดยแม่เหล็กส่งอำนาจ ในรูปแบบของคลื่นไปยังวัตถุต่าง ๆ ที่มีเหล็กเป็นส่วนประกอบ ในขณะที่บางคนอาจมี แบบจำลองทางความคิดว่า แรงแม่เหล็กเกิดขึ้นในลักษณะที่คล้ายกับการเกิดแรงโน้มถ่วง อันเนื่องมาจากสนามโน้มถ่วงของโลก (Ladapa Sutakun & Luecha Ladachart, 2013) โดยปกติแล้ว แบบจำลองทางความคิดเป็นสิ่งที่เกิดขึ้นในความคิดของแต่ละบุคคล ไม่ว่าใครก็ไม่สามารถเข้าถึงหรือล่วงรู้แบบจำลองทางความคิดของผู้อื่นได้ ยกเว้นเสียแต่ว่า ผู้เป็นเจ้าของแบบจำลองทางความคิดนั้นยินยอมเปิดเผยให้ผู้อื่นได้รับทราบผ่าน การแสดงออกในรูปแบบต่าง ๆ

2. แบบจำลองที่ผ่านการแสดงออก (expressed model) คือ แบบจำลองทางความคิด ที่บุคคลเปิดเผยให้ผู้อื่นได้ล่วงรู้และรับทราบผ่านการแสดงออกในรูปแบบต่าง ๆ เช่น คำพูด ข้อความ ท่าทาง หรือภาพวาด อย่างไรก็ตาม แบบจำลองประเภทนี้ยังคงเป็น เรื่องส่วนบุคคล ดังนั้น มันจึงอาจเหมือน สอดคล้อง หรือแตกต่างจากแบบจำลอง ทางวิทยาศาสตร์หรือไม่ก็ได้ แบบจำลองทางความคิดของนักเรียนที่ปรากฏในรายงาน วิจัยต่าง ๆ (Nattharit Kuathan, Chatree Faikhamta, & Sudjit Sanguanruang, 2011) จึงเป็นแบบจำลองที่ผ่านการแสดงออก ทั้งนี้ เพราะนักเรียนได้เปิดเผยแบบจำลอง ทางความคิดของตนเองให้ผู้วิจัยและสาธารณะชนได้รับทราบแล้ว

นอกจากนี้พรรณวิไล ชมชิด (2550) ได้แบ่งแบบจำลองที่ผ่านการแสดงออก ออกเป็น 5 ประเภท ดังนี้

1. แบบจำลองที่เป็นรูปธรรม (concrete model) เป็น แบบจำลองที่สร้างจากวัสดุที่คงทน สร้างเป็นสามมิติ เช่น แบบจำลองร่างกายมนุษย์

2. แบบจำลองที่เป็นคำพูด (verbal model) เป็น คำอธิบายเกี่ยวกับข้อความรู้หรือความสัมพันธ์ของ ข้อความรู้กับลักษณะที่แสดงออก เช่น นิยามศัพท์ ต่างๆ

3. แบบจำลองที่เป็นสัญลักษณ์ (Syrmbolic model) เป็น แบบจำลองในรูปสัญลักษณ์ที่เข้าใจง่ายเช่น สัญลักษณ์ของธาตุ สูตรเคมี เป็นต้น

4. แบบจำลองภาพ (virtual model) เป็นแบบจำลองที่ เป็นภาพต่างๆ เช่น กราฟ แผนผัง รูปภาพ ภาพเคลื่อนไหว ภาพจำลองบนคอมพิวเตอร์

5. แบบจำลองที่เป็นลักษณะท่าทาง (gesture model) เป็นการใช้การเคลื่อนไหวของส่วนต่างๆ ของร่ายกายเพื่อจำลองถึงสิ่งต่างๆ เช่น จำลองการเคลื่อนที่ของวัตถุ

3. แบบจำลองที่สอดคล้องกันภายในกลุ่ม (consensus model) คือ แบบจำลอง ทางความคิดที่บุคคลต่าง ๆ เปิดเผยสู่สาธารณะและเป็นที่ยอมรับกันภายในกลุ่มบุคคล เหล่านั้น ตัวอย่างเช่น เมื่อนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ในโรงเรียนเดียวกันได้แสดงความคิดเกี่ยวกับโครงสร้างของอะตอม และพวกเขาเห็นสอดคล้องตรงกันว่าอะตอม ประกอบด้วยนิวเคลียสขนาดเล็กตรงกลางและมีอิเล็กตรอนโคจรอยู่รอบนิวเคลียสนั้น (Porntip Supatchaiyawong, Chatree Faikhamta, & Pochanat Suwanruji, 2014) แบบจำลองเกี่ยวกับโครงสร้างของอะตอมเช่นนี้จึงเป็นแบบจำลองที่สอดคล้องกันภายใน กลุ่มนักเรียน ซึ่งอาจเป็นที่ยอมรับในทางวิทยาศาสตร์หรือไม่ก็ได้

4. แบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ (Scientific model) คือ แบบจำลองทางความคิด ที่เหล่านักวิทยาศาสตร์ให้การยอมรับ แบบจำลองทางวิทยาศาสตร์มักผ่านการทดสอบ โดยนักวิทยาศาสตร์มาอย่างละเอียด จนกระทั่งนักวิทยาศาสตร์ในปัจจุบันเห็นพ้องต้องกัน ตัวอย่างเช่น นักวิทยาศาสตร์ในปัจจุบันยึดถือ “แบบจำลองอะตอมแบบกลุ่มหมอก อิเล็กตรอน" (cloud electron model of atom) แต่ทั้งนี้ทั้งนั้น แบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ อาจเปลี่ยนแปลงได้ในอนาคต หากแบบจำลองนั้นไม่สามารถอธิบายกับหลักฐานที่เกิดขึ้น ในอนาคตหรือนักวิทยาศาสตร์มีแบบจำลองอื่นที่สามารถอธิบายหลักฐานนั้นได้ดีกว่า แบบจำลองในปัจจุบัน

แบบจำลองตามลักษณะภายนอก สามารถแบ่งออกเป็น 5 ประเภท

1. แบบจำลองที่เป็นรูปธรรม (concrete mode) หรือแบบจำลองที่เป็นวัสดุ (material mode) เป็นแบบจำลอง 3 มิติ ที่อยู่ในรูปแบบของวัสดุต่าง ๆ เช่น การใช้ลูกบอล และกิ่งไม้แทนโมเลกุลของสารต่าง ๆ การใช้พลาสติกแทนอวัยวะต่าง ๆ ในร่างกายมนุษย์

2. แบบจำลองในรูปแบบภาษา (verbal mode) เป็นแบบจำลองที่เป็นข้อความบรรยายความสัมพันธ์ของสิ่งต่าง ๆ ซึ่งอาจอยู่ในรูปแบบของภาษาพูดหรือภาษาเขียน ก็ได้ เช่น ข้อความที่บรรยายกฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน ข้อความที่บรรยายทฤษฎีจลน์ ของแก๊ส และคำอธิบายการเกิดระบบสุริยะ แบบจำลองในรูปแบบนี้อาจอ้างถึงทั้งสิ่ง ที่เป็นรูปธรรม เช่น วัตถุ ภาชนะ และดาวเคราะห์ และสิ่งที่เป็นนามธรรม เช่น ความเร่ง โมเลกุล และแรงโน้มถ่วง

3. แบบจำลองในรูปแบบสัญลักษณ์ (symbolic mode) เป็นแบบจำลองที่มีการใช้สัญลักษณ์ต่าง ๆ ที่นักวิทยาศาสตร์ตกลงร่วมกัน เช่น การใช้ c แทนอะตอมของคาร์บอน การใช้เส้นเล็ก ๆ แทนพันธะระหว่างอะตอม การใช้ลูกศรแทนแรง และการใช้สมการแทน ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร

4. แบบจำลองในรูปแบบของแผนภาพและกราฟ (visual mode) เป็นแบบจำลอง ที่มีการใช้แผนภาพ 2 มิติ แทนกระบวนการที่เกิดขึ้นในธรรมชาติ เช่น การใช้แผนภาพ ที่ประกอบด้วยสิ่งมีชีวิตและลูกศรเพื่อแทนการถ่ายทอดพลังงานในระบบนิเวศ การใช้แผนภาพรังสีของแสงแทนกระบวนการเกิดภาพจากกระจก และการใช้กราฟแทน ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วและเวลา แผนภาพเหล่านี้อาจอยู่ในรูปแบบของภาพวาด ด้วยลายมือหรือภาพจากคอมพิวเตอร์ก็ได้

5. แบบจำลองในรูปแบบของท่าทาง (gestural mode) เป็นแบบจำลองที่มีการใช้ ส่วนต่าง ๆ ของร่างกายในการจำลองกระบวนการที่เกิดขึ้น เช่น การให้นักเรียนเคลื่อนที่ ในกรณีต่าง ๆ ทั้งการเกี่ยวแขนกัน การจับมือกัน และการปล่อยมือกัน ทั้งนี้ เพื่อแทน การเคลื่อนที่ของอะตอมของสสารในสถานะของแข็ง ของเหลว และแก๊ส ตามลำดับ และ การใช้นิ้วมือแทนทิศทางของแรง (F) ความเร็วของอนุภาค (v) และสนามแม่เหล็ก (B) ในกรณีที่อนุภาคที่มีประจุไฟฟ้าเคลื่อนที่ในบริเวณที่มีสนามแม่เหล็ก

Harrison และ Treagust (2000) ได้จัดประเภทของแบบจำลองเป็น 7 ประเภท ดังนี้

1. แบบจำลองขนาด (scale model) เป็นแบบจำลองที่ย่อหรือขยายขนาดของ สิ่งต่างๆ เช่น แบบจำลองไดโนเสาร์ แบบจำลองเซลล์ และแบบจำลองโครงสร้างร่างกาย ของมนุษย์ แบบจำลองแบบนี้มักถูกใช้เพื่อนำเสนอองค์ประกอบและโครงสร้างของ สิ่งต่างๆ ที่นักเรียนไม่สามารถสังเกตเห็นได้ด้วยตาเปล่า

2. แบบจำลองเชิงอุปมาอุปไมยเพื่อการสอน (pedagogical analogical model) เป็นแบบจำลองที่ครูใช้ประกอบคำอธิบายต่างๆ เพื่อให้นักเรียนเข้าใจกระบวนการเกิด ปรากฏการณ์ทางธรรมชาติได้ง่ายและเป็นรูปธรรมยิ่งขึ้น เช่น การใช้ลูกปิงปองแทน อะตอม การใช้หลอดไฟแทนดวง

อาทิตย์ และการใช้ลูกบอลแทนดวงจันทร์ แบบจำลอง แบบนี้มักมีสิ่งที่เป็นนามธรรมต่างๆ (เช่น พันธะระหว่างอะตอม และรังสีของแสง) รวมอยู่ ในคำอธิบายด้วย

3. แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ (mathematical model) เป็นแบบจำลองที่ครูใช้ สมการและกราฟแทนความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร เช่น PV = nRT แทนกฎของแก๊ส ในอุดมคติ และ f = uN แทนกฎแรงเสียดทาน

4. แบบจำลองทางทฤษฎี (theoretical model) เป็นแบบจำลองที่ครูใช้สัญลักษณ์ ต่างๆ แทนสิ่งสมมติทางทฤษฎี เช่น การใช้ลูกศรแทนสนามแม่เหล็ก การใช้ลูกศรแทน รังสีของแสง การใช้ลูกศรแทนแรงที่กระทำต่อวัตถุ ทั้งนี้ เพื่ออธิบายปรากฏการณ์ ทางธรรมชาติ

5. แบบจำลองที่เป็นแผนภาพและตาราง (diagrams and ตารางs) เป็นแบบจำลอง ที่ครูใช้เพื่อแสดงแบบแผนบางอย่างในปรากฏการณ์ทางธรรมชาติ เช่น แผนภาพวัฏจักร ของน้ำ แผนภาพการวิเคราะห์เครือญาติ ตารางธาตุ และแผนภาพอนุกรมวิธานของสัตว์

6. แบบจำลองแนวคิดและกระบวนการ (concept-process model) เป็นแบบจำลอง ที่แสดงแนวคิดเกี่ยวกับกระบวนการที่เกิดขึ้นในปรากฏการณ์ทางธรรมชาติ เช่น การใช้ สมการเคมีแทนปฏิกิริยาเคมี การใช้แผนภาพแทนกระบวนการหมุนเวียนของเลือด และ การใช้แผนภาพแทนการหักเหของแสง

7. แบบจำลองคอมพิวเตอร์ (simulations) เป็นแบบจำลองที่ครูใช้โปรแกรม คอมพิวเตอร์เพื่อแสดงพลวัตที่เกิดขึ้นในปรากฏการณ์ทางธรรมชาติ ซึ่งนักเรียนไม่สามารถ สังเกตเห็นได้โดยตรงจากประสบการณ์ในชีวิตประจำวัน เช่น การใช้คอมพิวเตอร์จำลอง การคัดเลือกโดยธรรมชาติ การใช้คอมพิวเตอร์จำลองปฏิกิริยานิวเคลียร์แบบลูกโซ่ และ การใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์จำลองการเคลื่อนที่ของวัตถุในสภาพที่ไร้แรงโน้มถ่วงหรือ ไร้แรงเสียดทาน

จากที่กล่าวมาข้างต้นสามารถสรุปได้ว่า แบบจำลองสามารถแบ่งออกเป็น 4 ประเภท ได้แก่

1. แบบจำลองทางความคิด คือ แบบจำลองของแต่ละบุคคลที่สร้างขึ้นจากความรู้ความเข้าใจของแต่ละบุคคล

2. แบบจำลองที่แสดงออก คือ แบบจำลองที่ใช้ในการแสดงความคิดของแต่ละบุคคลเพื่อนำเสนอสิ่งต่าง ๆ ให้เข้าใจได้มากขึ้น โดยสามารถแบ่งย่อยออกเป็น

2.1. แบบจำลองที่เป็นรูปธรรม (concrete model) เป็น แบบจำลองที่สร้างจากวัสดุที่คงทน สร้างเป็นสามมิติ เช่น แบบจำลองร่างกายมนุษย์

2.2. แบบจำลองที่เป็นคำพูด (verbal model) เป็น คำอธิบายเกี่ยวกับข้อความรู้หรือความสัมพันธ์ของ ข้อความรู้กับลักษณะที่แสดงออก เช่น นิยามศัพท์ ต่าง ๆ

2.3. แบบจำลองที่เป็นสัญลักษณ์ (Syrmbolic model) เป็น แบบจำลองในรูปสัญลักษณ์ที่เข้าใจง่ายเช่น สัญลักษณ์ของธาตุ สูตรเคมี เป็นต้น

2.4. แบบจำลองภาพ (virtual model) เป็นแบบจำลองที่ เป็นภาพต่าง ๆ เช่น กราฟ แผนผัง รูปภาพ ภาพเคลื่อนไหว ภาพจำลองบนคอมพิวเตอร์

2.5. แบบจำลองที่เป็นลักษณะท่าทาง (gesture model) เป็นการใช้การเคลื่อนไหวของส่วนต่าง ๆ ของร่ายกายเพื่อจำลองถึงสิ่งต่าง ๆ เช่น จำลองการเคลื่อนที่ของวัตถุ

3. แบบจำลองที่สอดคล้องกันภายในกลุ่ม เป็นแบบจำลองที่ได้รับการยอมรับของกลุ่มคนที่ศึกษาเรื่องนั้นๆ

4. แบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ เป็นแบบจำลองที่ใช้อธิบายปรากฏการณ์ต่าง ๆ ทางวิทยาศาสตร์ โดยที่แบบจำลองนั้นได้รับการยอมรับจากผู้ที่ศึกษาเรื่องนั้น ๆ

ทักษะการสร้างแบบจำลอง

สมาคมอเมริกันเพื่อความก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์ (American Association for the Advancement of science – AAAS) ได้จัดจำแนกทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ออกเป็น 13 ทักษะ โดยถูกแบ่งออกเป็น ทักษะขั้นพื้นฐาน 8 ทักษะ (Basic science process skill) และทักษะขั้นบูรณาการ 5 ทักษะ (Integrated science process skill) (Science, 1970) ได้แก่

ทักษะขั้นพื้นฐาน 8 ทักษะ

1. ทักษะการสังเกต
2. ทักษะการวัด
3. ทักษะการจำแนกประเภท
4. ทักษะการคำนวณ
5. ทักษะการหาความสัมพันธ์ระหว่างสเปสกับสเปสและสเปสกับเวลา
6. ทักษะการจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล
7. ทักษะการลงความคิดเห็นจากข้อมูล
8. ทักษะการพยากรณ์

ทักษะขั้นบูรณาการ 5 ทักษะ

1. ทักษะการตั้งสมมุติฐาน
2. ทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ
3. ทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร
4. ทักษะการทดลอง

5. ทักษะการตีความหมายข้อมูลและการลงข้อสรุป

ต่อมาสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีได้มีการเพิ่มทักษะกระบวนทาง ต่อมาสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีได้มีการเพิ่มทักษะกระบวนทางแบ่งเป็น ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐาน และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ ดังนี้ (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2556)

ทักษะขั้นพื้นฐาน 8 ทักษะ

1. ทักษะการสังเกต
2. ทักษะการวัด
3. ทักษะการจำแนกประเภท
4. ทักษะการคำนวณ
5. ทักษะการหาความสัมพันธ์ระหว่างสเปสกับสเปสและสเปสกับเวลา
6. ทักษะการจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล
7. ทักษะการลงความคิดเห็นจากข้อมูล
8. ทักษะการพยากรณ์

ทักษะขั้นบูรณาการ 5 ทักษะ

1. ทักษะการตั้งสมมุติฐาน
2. ทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ
3. ทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร
4. ทักษะการทดลอง
5. ทักษะการตีความหมายข้อมูลและการลงข้อสรุป
6. ทักษะการสร้างแบบจำลอง

โดยทักษะการสร้างแบบจำลอง หมายถึง การนำเสนอข้อมูล แนวคิด ความคิดรวบยอด เพื่อให้ผู้อื่นเข้าใจในรูปของแบบจำลองต่าง ๆ เช่น กราฟ รูปภาพ ภาพเคลื่อนไหว วัสดุ สิ่งของ สิ่งประดิษฐ์ หุ่นเป็นต้น (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2556) การวัดทักษะกระบวนการนั้นสามารถวัดได้โดย พฤติกรรมด้านพุทธิพิสัย โดยนักเรียนจะแสดงความรู้ผ่านทางการนำเสนอข้อมูลในรูปแบบต่าง ๆที่กล่าวมาข้างต้น

สรุปได้ว่า ทักษะการสร้างแบบจำลอง หมายถึง การนำเสนอข้อมูล แนวคิด ความคิดรวบยอด เพื่อให้ผู้อื่นเข้าใจในรูปของแบบจำลองต่าง ๆ เช่น กราฟ รูปภาพ ภาพเคลื่อนไหว วัสดุ สิ่งของ

สิ่งประดิษฐ์ สามารถวัดได้โดยวัดความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับเนื้อหาที่นักเรียนศึกษา และพฤติกรรมที่นักเรียนแสดงออกขณะสร้างแบบจำลอง

แนวทางการวัดความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์

จากการทบทวนเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความสามารถในการสร้างแบบ จำลองทางวิทยาศาสตร์ข้างต้นพบว่า ความสามารถในการสร้างแบบ จำลองทางวิทยาศาสตร์มีลักษณะ เป็นการเรียนรู้ด้วยการปฏิบัติงาน (Learning Performance) เนื่องจากภาระงานของนักเรียนเป็น การสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ที่เน้นขั้นตอนการปฏิบัติและผลงาน ทำให้วิธีการประเมิน งานหรือกิจกรรมที่ผู้สอนมอบหมายให้นักเรียนปฏิบัติงานจัดเป็นการประเมินการปฏิบัติงาน (Performance Assessment) ซึ่งจะต้องประกอบด้วยส่วนประกอบที่สำคัญ 2 ส่วน คือ 1. ภาระ งานที่ต้องการให้นักเรียนปฏิบัติ (Performance Task) คือ กิจกรรมที่ให้นักเรียนได้ประยุกต์ใช้ ความรู้และทักษะ โดยอาจประเมินผลงานที่นักเรียนสร้างขึ้นและ/หรือกระบวนการที่นักเรียนใช้ สร้างผลงานจนสำเร็จ 2. เกณฑ์การให้คะแนน (Scoring Rubrics) คือ เกณฑ์ที่ใช้ประเมิน คุณภาพการปฏิบัติงานของนักเรียน (Jackson, 2001) ฉะนั้นแนวทางการวัดและประเมินความสามารถในการสร้างแบบ จำลองทางวิทยาศาสตร์ จึงประกอบด้วย 2 ส่วน คือ 1. การประเมินการสร้างแบบ จำลองทางวิทยาศาสตร์ทั้ง 5 แบบ ซึ่งถือ เป็นการประเมินผลงาน (Product) 2. การประเมินกระบวนการสร้างแบบ จำลองทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งถือเป็นการประเมินกระบวนการ (Process) โดยตัวอย่างแนวทางการวัดและประเมินทั้ง 2 ส่วน มีดังนี้

การวัดและประเมินการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์

การวัดและประเมินการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ทั้ง 5 แบบใช้วิธีการทดสอบด้วยแบบวัดและประเมินด้วยเกณฑ์การให้คะแนนซึ่งมีตัวอย่างดังต่อไปนี้

1.แบบวัด (Test) มีลักษณะเป็นการกำหนดข้อคำถามที่เป็นสถานการณ์ที่มี ข้อมูลประกอบ ลักษณะของข้อคำถามเป็นแบบให้เติมคำตอบโดยการวาดแบบจำลองและอธิบาย คำตอบหรือการจับคู่แบบถูกผิด ตัวอย่างเช่น

1.Gutersrud (2007) ได้ศึกษาความสามารถในการสร้างแบบจำลองของนักเรียน และได้มีการสร้างแบบวัดโดยมีพฤติกรรมบ่งชี้คือ การใช้และเปลี่ยนแบบ จำลองที่หลากหลายในการ ทำความเข้าใจและอธิบายปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นเช่น แบบวัดเรื่องความต้านทานไฟฟ้า ที่กำหนดรูปแสดงวงจรไฟฟ้าจากนั้นจึงให้จับคู่ภาพที่เป็นตัวแทนของการทดลอง

2. Chang (2008) ได้ศึกษาความสามารถในการสร้างแบบจำลอง โดยแบบทดสอบที่ใช้วัดคือแบบทดสอบการสร้างแบบจำลองโดยใช้บริบทเป็นฐาน (Context-Based Modeling Test) ในเรื่องภาวะ โลกร้อนดังตัวอย่างต่อไปนี้

จากปัญหาที่เกิดจากสภาวะโลกร้อน นักวิจัยหลายคนได้เริ่มสำรวจตรวจสอบโรงงานที่มีผลทำให้อุณหภูมิของโลกเพิ่มขึ้น เนื่องจากผลที่เป็นอยู่ในปัจจุบันเรารู้ดีว่าสาเหตุที่ทำ ให้เกิดสภาวะโลกร้อนนั้นเกิดจากแก๊สเรือนกระจก ข้อมูลที่แสดงในตารางคือ ปริมาณของโรงงาน และแก๊สที่ผลิตขึ้นในปี 2005 จงตอบคำถามต่อไปนี้

แก๊สชนิดต่างๆ / ปริมาณของโรงงาน	แก๊ส A	แก๊ส B	แก๊ส C	แก๊ส D	แก๊สอื่นๆ
มาก	45%	10%	35%	5%	5%
ปานกลาง	35%	10%	30%	5%	20%
น้อย	25%	10%	25%	5%	35%

1.จงวาดแผนภูมิ (เส้น แท่ง วงกลม) เพื่อแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของโรงงาน (มาก ปานกลาง น้อย) และแก๊ส 4 ชนิด

2.จากแผนผังที่วาดในข้อที่ 1 จงอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของ โรงงานและแก๊ส 4 ชนิด

2. เกณฑ์การให้คะแนน (Scoring Rubrics) มีลักษณะเป็นเกณฑ์การประเมิน แบบรูบริกส์แบบแยกแยะประเด็น (Analytical Rubrics) ซึ่งใช้ประเมินคุณภาพแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ที่นักเรียนสร้างขึ้น ดังตัวอย่างต่อไปนี้

Jackson (2001) ได้ยกตัวอย่างเกณฑ์การให้คะแนนแบบจำลองที่ นำเสนอด้วยภาพวาดและการอธิบายของนักเรียนในลักษณะการประเมินแบบรูบริกส์แบบ แยกแยะประเด็นเป็น 3 ประเด็น กล่าวคือ 1. ภาพวาด 2. ความสอดคล้องระหว่างภาพวาดและ คำอธิบาย 3. คำอธิบาย โดยแบ่งระดับความสามารถออกเป็น 4 ระดับ ดังตารางต่อไปนี้

ตาราง 2 ตารางแสดงเกณฑ์การให้คะแนนแบบจำลองตามแนวคิดของ Jackson

ระดับความสามารถ	รายการประเมิน		
	ภาพวาด	**ความสอดคล้องคำอธิบายระหว่างภาพวาด**	**คำอธิบาย**
ระดับดี	วาดภาพแสดงการเปลี่ยนแปลงการเติบโตของผัก การเปลี่ยนแปลงจากหน้าดินที่ไม่มีประโยชน์ไปเป็นไม้ล้มลุกหรือต้นไม้เตี้ยไปสู่ไม้เถาเนื้อแข็งได้อย่างชัดเจน	คำอธิบายสอดคล้องกับการวาดภาพ	คำอธิบายมีความสมบูรณ์ ระบุการเปลี่ยนแปลงของผักตลอดเวลาจากหน้าดินที่ไม่มีประโยชน์ไปเป็นไม้ล้มลุกหรือ หรือต้นไม้เตี้ยไปสู่ไม้เถาเนื้อแข็ง และเปลี่ยนแปลงจนคงที่ รวมถึงการระบุพืชอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องในแต่ละขั้น
ระดับพอใช้	วาดภาพได้ไม่ชัดเจน	คำอธิบายส่วนใหญ่สอดคล้องกับการวาดภาพ	คำอธิบายขาดรายละเอียดเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงของผักตลอดเวลาจากหน้าดินที่ไม่มีประโยชน์ไปเป็นไม้ล้มลุกหรือ หรือต้นไม้เตี้ยไปสู่ไม้เถาเนื้อแข็ง และเปลี่ยนแปลงจนคงที่ รวมถึงการระบุพืชอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องในแต่ละขั้น
ระดับต้องปรับปรุง	วาดภาพแสดงการเปลี่ยนแปลงคลาดเคลื่อน	วาดภาพไม่สอดคล้องกับคำอธิบาย	คำอธิบายผิด
ไม่ผ่าน	วาดภาพไม่สอดคล้อง	วาดภาพและคำอธิบายผิด	คำอธิบายผิด

Jackson (2001) ได้เสนอตัวอย่างเครื่องมือโดยใช้เกณฑ์การประเมิน ที่ใช้ ประเมินการวางแผนการทดลองและการปฏิบัติการทดลอง โดยการประเมินดังกล่าวมีความ สอดคล้องกับแบบจำลองที่แสดงการทดลอง ซึ่งกำหนดไว้ 4 ด้าน โดยมีด้านหนึ่งที่สอดคล้องกับ แบบจำลองที่แสดงการทดลอง คือ ด้านการออกแบบหรือวางแผนการทดลอง โดยกำหนดระดับ คะแนนของรายการการประเมินเป็น 6 ระดับ ดังตัวอย่างต่อไปนี้

ตาราง 3 ตัวอย่างรายการเกณฑ์การประเมินความสามารถในการเขียนภาพวาดและคำอธิบาย

คะแนน	รายการประเมิน
5	รายการประเมินออกแบบการทดลองที่สามารถปฏิบัติได้และมีความชัดเจน วีไดอะแกรมมีความสมบูรณ์เหมาะสมและแสดงรายละเอียดเลือกตัวแปรควบคุมและตัวแปรตามได้ถูกต้อง
4	ออกแบบการทดลองที่สามารถปฏิบัติได้เลือกตัวแปรควบคุมและตัวแปรตามได้ถูกต้อง
3	ออกแบบการทดลองที่อาจจะปฏิบัติได้วีไดอะแกรมโดยส่วนใหญ่มีความสมบูรณ์ แต่ขาดความเหมาะสมและขาดรายละเอียด มีการระบุตัวแปรควบคุมและ ตัวแปรตาม
2	ออกแบบการทดลองที่ไม่สามารถปฏิบัติใช้แก้ปัญหาได้ วีไดอะแกรมขาดความสมบูรณ์ ไม่มีการระบุตัวแปรควบคุมและตัวแปรตามหรือระบุได้ไม่ถูกต้อง
1	ออกแบบการทดลองได้ไม่ชัดเจนและไม่สมบูรณ์
0	นักเรียนไม่พยายามที่จะปฏิบัติตามภาระที่กำหนด

สรุปได้ว่า การประเมินการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์นั้นสามารถแบ่งออกเป็น 2 ประเภทได้แก่ การประเมินโดยใช้แบบทดลอง (Test) โดยมีลักษณะเป็นข้อคำถามมีการให้คะแนนเป็นถูกหรือผิด และการประเมินโดยให้คะแนน ซึ่งมีเกณฑ์การประเมินแบบรูบริคเป็นเกณฑ์ที่ใช้ในการวัด โดยพิจารณาของจุดประสงค์ของแบบจำลองได้แก่ ความสามารถอธิบายปรากฏการณ์ที่ศึกษา ความสามารถในการแสดงสิ่งที่เป็นนามธรรมให้เป็นรูปธรรมได้ ความสามารถในการทำนายปรากฏการณ์ที่ศึกษาได้ ความสมบูรณ์ของแบบจำลอง และความถูกต้องเชิงข้อมูลของแบบจำลอง

การวัดและการประเมินกระบวนการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์

การวัดและการประเมินกระบวนการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ใช้วิธีการประเมินด้วยเกณฑ์การให้คะแนน ซึ่งมีตัวอย่างดังต่อไปนี้

Baek et al. และ Fortus et al. (2010) ได้ศึกษาวิธีการกระตุ้นส่งเสริมให้นักเรียนระดับชั้น ประถมให้เข้าไปมีส่วนร่วมในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ และศึกษาเกี่ยวกับการสร้าง แบบจำลองของนักเรียนในระดับชั้นมัธยมตามลำดับในโครงการการออกแบบการสร้างแบบจำลองเพื่อการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (Modeling designs for Learning Science: MoDeLS) โดยออกแบบการประเมินการสร้างแบบจำลองใน 2 ด้าน คือ ด้านการสร้าง (Generative Dimension) และด้านการปรับเปลี่ยน (Change Dimension) ซึ่งถือเป็นพฤติกรรมบ่งชี้ที่แสดงถึงกระบวนการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ในการวิจัยครั้งนี้ซึ่งตัวอย่างเครื่องมือมีดังต่อไปนี้

ตาราง 4 ตัวอย่างเกณฑ์การประเมินกระบวนการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ด้านการสร้างแบบจำลอง

รายการประเมิน	**ระดับความสามารถ**			
	1	**2**	**3**	**4**
1.ลักษณะของแบบจำลอง	สร้างและใช้แบบจำลองที่เป็นตัวแทนของสิ่งที่รับรู้ได้ด้วยประสาทสัมผัสทั้ง 5	สร้างและใช้แบบจำลองที่เป็นตัวแทนของสิ่งที่ไม่มารถรับรู้ได้ด้วยประสาทสัมผัสทั้ง 5	สร้างและใช้แบบจำลองที่สามารถแสดงหรือพยากรณ์ที่สอดคล้องกับปรากฏการณ์	สร้างและใช้แบบจำลองที่สามารถก่อให้เกิดคำถามใหม่ๆเกี่ยวกับปรากฏการณ์
2.วัตถุประสงค์ที่ใช้สื่อความหมายด้วยแบบจำลอง	สร้างหรือใช้แบบจำลองเพื่อแสดงลักษณะที่เหมือนกันแต่ขาดทุนมุ่งหมายที่ชัดเจนในการสนับสนุนความเข้าใจหรือการ	สร้างโดยใช้แบบจำลองเพื่อเป็นตัวแทนการคิดของตนเองหรือช่วยให้ผู้อื่นเข้าใจปรากฏการณ์	สร้างหรือใช้แบบจำลองเพื่อช่วยตนเองในการสื่อสารแนวคิดที่เฉพาะเจาะจงของหลักฐาน กลไกหรือกระบวนการไปยังบุคคลอื่น	สร้างแบบจำลองและใช้เพื่อสื่อสารแนวคิดของด้วยตนเอง

รายการประเมิน	ระดับความสามารถ			
	1	2	3	4
	สื่อสาร			
3.แหล่งอ้างอิงที่ใช้ในการพิจารณาแบบจำลอง	สร้างโดยใช้แบบจำลองจากความพอใจส่วนบุคคล	สร้างหรือใช้แบบจำลองจากการอ้างอิงเนื้อหาความรู้แหล่งเรียนรู้จากตำราหรือการสังเกตหรือหลักฐานที่ได้จากการทดลอง	สร้างและใช้แบบจำลองเพื่อสนับสนุนองค์ประกอบและความสัมพันธ์ในแบบจำลองที่ได้มาจากเนื้อหาความรู้หรือสังเกต	สร้างและใช้แบบจำลองเพื่อสนับสนุนองค์ประกอบและความสัมพันธ์ในแบบจำลองที่ได้มาจากเนื้อหา
4.ความเป็นตัวแทนของแบบจำลองในการอธิบายปรากฏการณ์	ใช้แบบจำลองเป็นเครื่องมือในการแสดงออกโดยไม่แสดงความสัมพันธ์กับปรากฏการณ์	ใช้หรือสร้างแบบจำลองเพื่ออธิบายความสัมพันธ์ทั่วไปของปรากฏการณ์	ใช้และสร้างแบบจำลองเพื่ออธิบายกลไกกระบวนการ ถึงความเชื่อมโยงระหว่างองค์ประกอบของแบบจำลองและปรากฏการณ์	ใช้และสร้างแบบจำลองในการอธิบายปรากฏการณ์ใหม่ที่เกี่ยวข้องด้วยตนเอง

ตาราง 5 ตัวอย่างเกณฑ์การประเมินกระบวนการสร้างแบบจำลองในด้านการปรับเปลี่ยนแบบจำลอง

รายการประเมิน	ระดับความสามารถ			
	1	2	3	4
1.ลักษณะของ	เปลี่ยนแบบจำลอง	เปลี่ยนแบบจำลอง	เปลี่ยน	เปลี่ยน

รายการประเมิน	ระดับความสามารถ			
	1	2	3	4
แบบจำลอง	เมื่อตัดสินใจว่าถูกหรือผิด นักเรียนเปลี่ยนแบบจำลองเพื่อทำให้แบบจำลองมีความถูกต้อง	เพื่อให้เป็นตัวแทนที่ดีขึ้นโดยการเพิ่มหรือนำลักษณะของปรากฏการณ์ออกโดยไม่ได้ลง	แบบจำลองให้มีความชัดเจนมากขึ้นซึ่งสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในปรากฏการณ์ได้	แบบจำลองเดิมเพื่อก่อให้เกิดคำถามใหม่ๆ เกี่ยวกับปรากฏการณ์
2.วัตถุประสงค์ที่ใช้สื่อความหมายด้วยแบบจำลอง	เปลี่ยนแบบจำลองเพื่อแสดงว่ามีบางสิ่งมีลักษณะเหมือนกันแต่ไม่มีวัตถุประสงค์ที่จะสนับสนุนความเข้าใจของตนเองหรือสื่อความหมายของแบบจำลอง	เปลี่ยนแบบจำลองโดยพิจารณาว่าแบบจำลองสามารถสะท้อนความคิดของตนได้อย่างไรหรือผู้อื่นสามารถเข้าใจแบบจำลองที่ตนเองสร้างขึ้นได้อย่างไร	เปลี่ยนแบบจำลองเพื่อช่วยสื่อความหมายของแนวคิดที่เฉพาะเจาะจงของหลักฐานกลไก และกระบวนการไปยังคนอื่น	เปลี่ยนแบบจำลองเพื่อสื่อความหมายไปยังแบบจำลองของคนอื่นด้วยตนเอง
3.แหล่งอ้างอิงที่ใช้ในการพิจารณาแบบจำลอง	เปลี่ยนแบบจำลองเช่น สี รูปร่าง ขนาด บนพื้นฐานความพอใจส่วนบุคคล	เปลี่ยนแบบจำลองโดยใช้เนื้อหาความรู้ แหล่งเรียนรู้จากตำราหรือหลักฐานที่ได้จากการสังเกตหรือทดลอง	เปลี่ยนแบบจำลองเพื่อปรับให้สนับสนุนกับองค์ประกอบและความสัมพันธ์ในแบบจำลองที่มาจากเนื้อหาความรู้หรือหลักฐานที่ได้จากการสังเกตหรือทดลอง	เปลี่ยนแบบจำลองเพื่อปรับให้สนับสนุนกับองค์ประกอบและความสัมพันธ์ในแบบจำลองที่มาจากเนื้อหาความรู้หรือหลักฐานที่ได้จากการสังเกต

รายการประเมิน	ระดับความสามารถ			
	1	2	3	4
				หรือทดลองด้วยตนเอง
4.ความเป็นตัวแทนของแบบจำลองในการอธิบายปรากฏการณ์	เปลี่ยนแบบจำลองเพื่อแสดงหรือบอกบางสิ่งโดยทั่วไปแต่ขาดความสัมพันธ์กับปรากฏการณ์	เปลี่ยนแบบจำลองเพื่ออธิบายความสัมพันธ์กับปรากฏการณ์แต่ขาดการอธิบายว่าเพราะเหตุใด	เปลี่ยนแบบจำลองเพื่อปรับปรุงคำอธิบายของกลไกกระบวนการหรือความเชื่อมโยงระหว่างองค์ประกอบของแบบจำลองและปรากฏการณ์	เปลี่ยนแบบจำลองเพื่ออธิบายปรากฏการณ์อื่นที่เกี่ยวข้องด้วยตนเอง

Schwarz (2009) ได้ศึกษาความก้าวหน้าทางการเรียนรู้ (Learning Progression) สำหรับการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ที่มีลักษณะใช้ได้ง่ายและมี ความหมายต่อผู้เรียนโดยกำหนดเกณฑ์การให้คะแนนเพื่อใช้ประเมินพฤติกรรมบ่งชี้ที่เกี่ยวข้องกับ กระบวนการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ไว้ 2 ด้าน คือ 1. ด้านการสร้างและการใช้ แบบจำลอง 2. ด้านการปรับปรุงและเปลี่ยนแปลงแบบจำลองโดยมีตัวอย่างดังนี้

ตาราง 6 ตัวอย่างเกณฑ์การประเมินกระบวนการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ด้านการสร้างและใช้แบบจำลอง

ระดับ	ความสามารถ

ระดับ	ความสามารถ
4	นักเรียนสร้างและใช้แบบจำลองเพื่อช่วยในการคิดด้วยตนเอง นักเรียนพิจารณาว่าปรากฏการณ์สอดคล้องกับแบบจำลองที่หลากหลาย นักเรียนสร้างและใช้แบบจำลองเพื่อก่อให้เกิดคำถามใหม่ๆเกี่ยวกับพฤติกรรมหรือการมีอยู่ของปรากฏการณ์ธรรมชาติ
3	นักเรียนสร้างและใช้แบบจำลองที่หลากหลายเพื่ออธิบายและทำนายลักษณะของกลุ่มปรากฏการณ์ธรรมชาติที่เกี่ยวข้องทั้งหมด นักเรียนมองแบบจำลองในฐานะที่เป็นเครื่องมือที่สามารถสนับสนุนความคิดของตนเองเกี่ยวกับการมีอยู่ของปรากฏการณ์ธรรมชาติและปรากฏการณ์ธรรมชาติใหม่ๆ นักเรียนวิเคราะห์ประโยชน์ที่แตกต่างจากการพิจารณาตัวเลือกในการสร้างแบบ จำลองเพื่ออธิบายและทำนายแบบจำลองในลักษณะที่หลากหลาย
2	นักเรียนสร้างและใช้แบบจำลองเพื่อที่จะอธิบายและยกตัวอย่างว่าปรากฏการณ์เกิดขึ้นได้อย่างไร รวมทั้งแบบจำลองมีความสอดคล้องกับหลักฐานเกี่ยวกับปรากฏการณ์ธรรมชาตินั้นๆ นักเรียนมองแบบจำลองเป็นการสื่อสารความเข้าใจปรากฏการณ์ธรรมชาติมากกว่าเป็นเครื่องมือที่สนับสนุนแนวคิดของเขาอย่างเดียว
1	นักเรียนสร้างและใช้แบบจำลองที่แสดงตัวอย่างของปรากฏการณ์เดี่ยว ๆ นักเรียนไม่สามารถมองแบบจำลองในฐานะที่เป็นเครื่องมือที่ทำให้เกิดความรู้ใหม่แต่มองแบบจำลองว่าเป็นวิธีในการแสดงให้ผู้อื่นเห็นว่าปรากฏการณ์เป็นอย่างไร

ตาราง 7 ตัวอย่างเกณฑ์การประเมินกระบวนการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ด้านด้านการปรับปรุงและเปลี่ยนแปลงแบบจำลอง

ระดับ	ความสามารถ
4	นักเรียนมองว่าการเปลี่ยนแปลงในแบบจำลองทำให้การอธิบายดีขึ้นมากกว่าก่อนที่จะได้รับ

	หลักฐานที่สนับสนุนการเปลี่ยนแปลงนี้ การเปลี่ยนแปลงแบบจำลองนี้ถูกมองว่าเป็นไปเพื่อพัฒนาคำถามที่สามารถถูกทดสอบกับหลักฐานจากปรากฏการณ์ นักเรียนประเมินแบบจำลองที่สมบูรณ์เพื่อที่จะรวมลักษณะของแบบจำลอง เพื่อทำให้การทำนายและการอธิบายดีขึ้น
3	นักเรียนปรับปรุงแบบจำลองเพื่อให้สอดคล้องกับหลักฐานที่ได้รับปรากฏมากขึ้นและเพื่อปรับปรุงความคิดเกี่ยวกับกลไกในแบบจำลอง ดังนั้นแบบจำลองถูกปรับปรุงเพื่อ พัฒนาการอธิบาย นักเรียนเปรียบเทียบแบบจำลองและเห็นองค์ประกอบที่แตกต่างหรือความสัมพันธ์ที่สอดคล้องกับหลักฐานที่สมบูรณ์มากขึ้นและให้คำอธิบายของปรากฏการณ์ในเชิงกลไกมากขึ้น
2	นักเรียนปรับปรุงแบบจำลองบนพื้นฐานของข้อมูลจากครู ตำราเรียน หรือเพื่อนๆ มากกว่าหลักฐานที่รวบรวมมาจากปรากฏการณ์หรือการอธิบายกลไกใหม่ๆ นักเรียนเปลี่ยนแปลงเพื่อปรับปรุงรายละเอียด ความชัดเจน และเพิ่มข้อมูลใหม่ โดยไม่ได้คำนึงถึงการอธิบายของแบบจำลอง หรือความสอดคล้องกับหลักฐานที่ได้จากการทดลองที่ปรับปรุงแก้ไขแล้ว
1	นักเรียนไม่ได้คาดหวังว่าแบบจำลองจะเปลี่ยนความเข้าใจใหม่ โดยสนใจแบบจำลองในแง่ความสมบูรณ์ของคำตอบที่ถูกหรือผิด แต่ไม่มองว่าแบบจำลองสามารถเปลี่ยนแปลงได้ นักเรียนเปรียบเทียบแบบจำลองเพื่อให้ใช้ได้ง่าย

Tekin Dede และ Bukova Güzel (2018) ได้เสนอแนวทางการวัดและประเมินผลทักษะการสร้างแบบจำลอง (Modeling skill) ในสาขาวิชาคณิตศาสตร์ โดนพิจจารณา 6 ด้านดังนี้ 1.ความเข้าใจโจทย์ 2.การลดความซ้ำซ้อนของโจทย์ 3.การคำนวณ 4.ความถูกต้องด้านคณิตศาสตร์ 5.การอธิบายแบบจำลอง 6.การพิสูจน์โจทย์ โดยแต่ละด้านมีรายละเอียดดังนี้

ตาราง 8 เกณฑ์การประเมินทักษะการสร้างแบบจำลอง สาขาคณิตศาสตร์ ด้านความเข้าใจโจทย์ปัญหา

ระดับ	ความสามารถ
1	นักเรียนไม่เข้าใจโจทย์และเป้าหมายของการสร้างแบบจำลอง ไม่เข้าใจความสัมพันธ์ของโจทย์และเป้าหมายของโจทย์

2	นักเรียนเข้าใจโจทย์และเป้าหมายแค่บางส่วน แต่ไม่เข้าใจความสัมพันธ์ของโจทย์และเป้าหมายของโจทย์
3	นักเรียนเข้าใจโจทย์และเป้าหมายได้เป็นอย่างดี แต่ไม่เข้าใจความสัมพันธ์ของโจทย์และเป้าหมายของโจทย์
4	นักเรียนเข้าใจโจทย์ได้เป็นอย่างดี เข้าใจความสัมพันธ์ของโจทย์และเป้าหมายของโจทย์ได้เพียงเล็กน้อย
5	นักเรียนเข้าใจโจทย์ได้เป็นอย่างดี และเข้าใจความสัมพันธ์ของโจทย์และเป้าหมายของโจทย์เป็นอย่างดี

ตาราง 9 เกณฑ์การประเมินทักษะการสร้างแบบจำลอง สาขาคณิตศาสตร์ ด้านความลดความซับซ้อนของโจทย์

ระดับ	**ความสามารถ**
1	ไม่ลดความซับซ้อนของโจทย์ ไม่สามารถกำหนดตัวแปรที่จำเป็นได้ และตั้งสมมติฐานที่ผิด
2	ลดความซับซ้อนของโจทย์ลงเล็กน้อย สามารถกำหนดตัวแปรที่จำเป็นได้บางส่วน แต่ตั้งสมมติฐานที่ผิด
3	ลดความซับซ้อนของโจทย์ได้ดี สามารถกำหนดตัวแปรได้เป็นอย่างดี แต่สมมติฐานบางส่วนยังผิด
4	ลดความซับซ้อนของโจทย์ได้ดี สามารถกำหนดตัวแปรได้เป็นอย่างดี ตั้งสมมติฐานได้อย่างถูกต้อง

ตาราง 10 เกณฑ์การประเมินทักษะการสร้างแบบจำลอง สาขาคณิตศาสตร์ ด้านการคำนวณ

ระดับ	**ความสามารถ**
1	ไม่สร้างหรือมีความผิดพลาดในแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่สร้างขึ้น
2	สร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่ผิดหรือไม่สมบูรณ์ โดยมีพื้นฐานบางส่วนมาจากทฤษฎีที่เป็นที่ยอมรับ

3	สร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่ถูกต้อง โดยมีพื้นฐานบางส่วนมาจากทฤษฎีที่เป็นที่ยอมรับ
4	สร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่ผิดหรือไม่สมบูรณ์ โดยมีพื้นฐานจากสมมติฐานที่เป็นจริง และสามารถเชื่อมโยงแบบจำลองกับโจทย์ปัญหาอื่นได้
5	สร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่ถูกต้องสมบูรณ์ โดยมีพื้นฐานจากสมมติฐานที่เป็นจริง สามารถอธิบายแบบจำลองและสามารถเชื่อมโยงแบบจำลองกับโจทย์ปัญหาอื่นได้

ตาราง 11 เกณฑ์การประเมินทักษะการสร้างแบบจำลอง สาขาคณิตศาสตร์ ด้านความถูกต้องทางคณิตศาสตร์

ระดับ	ความสามารถ
1	ไม่นำเสนอวิธีแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ การแก้แบบจำลองที่สร้างขึ้นอย่างไม่ถูกต้อง หรือพยายามแก้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่ไม่ถูกต้อง
2	รวบรวมปัญหาหรือข้อบกพร่องของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ได้บางส่วนหรือไม่สมบูรณ์
3	แก้ไขโจทย์ปัญหาได้ถูกต้อง แต่องค์ประกอบของแบบจำลองผิดหรือไม่สมบูรณ์
4	รวบรวมปัญหาหรือข้อบกพร่องของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ได้อย่างครบถ้วนสมบูรณ์
5	แบบจำลองสามารถแก้ไขโจทย์ปัญหาได้อย่างถูกต้องแม่นยำ

ตาราง 12 เกณฑ์การประเมินทักษะการสร้างแบบจำลอง สาขาคณิตศาสตร์ ด้านการอธิบายแบบจำลอง

ระดับ	ความสามารถ
1	อธิบายแบบจำลองผิด หรือไม่ได้อธิบายแบบจำลอง
2	ไม่สามารถอธิบายและไม่สามารถแก้ไขปัญหาโจทย์ได้ไม่สมบูรณ์
3	สามารถอธิบายข้อผิดพลาดของโจทย์ได้อย่างถูกต้อง
4	สามารถอธิบายโจทย์แต่ไม่สมบูรณ์แต่สามารถแก้ไขปัญหาโจทย์ได้สมบูรณ์
5	อธิบายโจทย์ที่ให้มาได้อย่างถูกต้องสมบูรณ์

ตาราง 13 เกณฑ์การประเมินทักษะการสร้างแบบจำลอง สาขาคณิตศาสตร์ ด้านการพิสูจน์โจทย์

ระดับ	ความสามารถ
1	ไม่มีการพิสูจน์โจทย์ หรือทำการพิสูจน์โจทย์ผิด
2	สามารถพิสูจน์โจทย์ได้บางส่วน แต่ไม่มีความถูกต้อง
3	สามารถพิสูจน์โจทย์ได้บางส่วน มีการแก้ไขข้อผิดพลาดที่กำหนดให้บางส่วน
4	สามารถพิสูจน์โจทย์ได้บางส่วน มีการแก้ไขข้อผิดพลาดที่กำหนด
5	สามารถพิสูจน์โจทย์ได้สมบูรณ์ แต่ไม่แก้ไขข้อผิดพลาดที่กำหนด
6	สามารถพิสูจน์โจทย์ได้สมบูรณ์ มีการแก้ไขข้อผิดพลาดที่กำหนดให้บางส่วน
7	สามารถพิสูจน์โจทย์ได้สมบูรณ์ มีการแก้ไขข้อผิดพลาดที่กำหนด

สรุปได้ว่า การประเมินทักษะกระบวนการสร้างแบบจำลองนั้นคือ การประเมินพฤติกรรมของผู้เรียนขณะที่ทำการสร้างแบบจำลอง โดยการพิจารณาพฤติกรรมนั้นพิจารณาจาก ด้านความสามารถในการสร้างแบบจำลองว่านักเรียนสามารถสร้างแบบจำลองให้สามารถอธิบาย ทำนาย หรือเป็นตัวแทนของปรากฏการณ์ที่ศึกษาได้หรือไม่ ด้านการใช้แบบจำลองเป็นการประเมินความสามารถของผู้เรียนว่าสามารถนำแบบจำลองไปอธิบายหรือทำนายปรากฏการณ์ที่ศึกษาได้หรือไม่ ด้านการปรับปรุงและเปลี่ยนแปลงเป็นการประเมินความสามารถของผู้เรียนว่าสามารถทำการปรับปรุงแก้ไขแบบจำลองให้มีความถูกต้องเชิงเนื้อหา หรือให้มีความสามารถในการอธิบายหรือทำนายปรากฏการณ์ที่ศึกษาได้หรือไม่

จากที่กล่าวมาข้างต้น ผู้วิจัยได้เลือกใช้แนวทางการประเมินทักษะการสร้างแบบจำลองของโดยวิธีใช้เกณฑ์การให้คะแนน ซึ่งมีลักษณะเป็นเกณฑ์การประเมินแบบรูบริคแบบแยกแยะประเด็นใช้ประเมินคุณภาพของแบบจำลองที่นักเรียนสร้างขึ้น ตามแนวทางการประเมินของ (Jackson, 2001) และการประเมินกระบวนการสร้างแบบจำลอง ผู้วิจัยได้เลือกใช้แนวทางการประเมินกระบวนการสร้างแบบจำลองของ (Christine Schwarz et al., 2009) ซึ่งประกอบไปด้วยเกณฑ์การประเมินกระบวนการสร้างแบบจำลองด้านการสร้างและใช้แบบจำลอง และเกณฑ์การประเมินกระบวนการสร้างแบบจำลองด้านการปรับปรุงและเปลี่ยนแบบจำลอง

ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2551) ได้ให้ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนไว้ว่าเป็น พฤติกรรมการเรียนรู้ที่ด้านสติปัญญาหรือความรู้ ซึ่งสามารถประเมินได้จากพฤติกรรมการแสดงออกของผู้เรียนในด้านความรู้ความจำ ความเข้าใจ การนำไปใช้ การวิเคราะห์ การสังเคราะห์และการประเมินค่า ตามหลักทฤษฎีการเรียนรู้ของบลูม

ล้วน สายยศ (2543) ได้ให้ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนไว้ว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเป็นความรู้ความสารถของผู้เรียนอันเกิดมากจากผลของการเรียนการสอน

ภพ เลาหไพบูลย์ (2542) ได้ให้ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนไว้ว่า พฤติกรรมที่แสดงออกถึงความสามารถในการทำสิ่งใดสิ่งหนึ่งได้ จากที่ไม่เคยทำหรือทำได้น้อยก่อนที่จะมีการเรียนการสอนซึ่งเป็นพฤติกรรที่มีการวัดได้

พิมพันธ์ เดชะคุปต์ (2548) ได้ให้ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนไว้ว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคือ ขนาดของความสำเร็จที่ได้จากกระบวนจัดการเรียนการสอน

บุญชม ศรีสะอาด (2541) ได้ให้ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนไว้ว่าคือ ผลการเรียนที่ได้จากการทดสอบที่มุ่งให้ผู้เรียนบรรลุจุดประสงค์ที่กำหนดไว้

จากที่กล่าวมาข้างต้นสามารถสรุปความหมายของ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนได้ว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหมายถึง พฤติกรรมการเรียนรู้ที่ด้านสติปัญญา ความสารถของผู้เรียนในการทำสิ่งใดสิ่งหนึ่งอันเกิดมากจากผลของการเรียนการสอน

การวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

จุดมุ่งหมายของการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคือ เป็นการตรวจสอบความสามารถของสมรรถภาพของบุคคลว่าเรียนแล้วรู้อะไรบ้างและมีความสามารถด้านใดมากน้อยเท่าใด เช่น พฤติกรรมการจำ ความเข้าใจ การนำไปใช้ การวิเคราะห์ การสังเคราะห์และการประเมินค่ามากน้อยอยู่ในระดับใด (พวงรัตน์ ทวีรัตน์, 2530)

พวงรัตน์ ทวีรัตน์ (2530) ได้กล่าวว่า การวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนนั้นเป็นการตรวจสอบพฤติกรรมของผู้เรียนในด้านพุทธิพิสัย ซึ่งสามารถวัด 2 องค์ประกอบตามจุดมุ่งหมายที่เรียนได้แก่

1. การวัดด้านการปฏิบัติ เป็นการตรวจสอบความรู้ความสามารถทางการปฏิบัติโดยให้ผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติจริงให้เห็นเป็นผลงานปรากฏออกมาให้ทำการสังเกตและวัดได้ เช่น การทำอาหารในววิชาการงานอาชีพ ซึ่งการประเมินผลจะพิจารณาที่การปฏิบัติ และผลงานที่ปฏิบัติ โดยใช้ข้อสอบภาคปฏิบัติ

2. การวัดด้านเนื้อหา เป็นการตรวจสอบความรู้ความสามารถที่เกี่ยวกับเนื้อหาวิชา รวมถึงพฤติกรรมความสามารถในด้านต่าง ๆ อันเป็นผลมาจากการเรียนการสอนมีวิธี การสอบวัดได้ 2 ลักษณะคือ

2.1 การสอบปากเปล่า (Oral test) การสอบแบบนี้มักกระทำเป็นรายบุคคล ซึ่งเป็นการสอบที่ต้องการดูผลเฉพาะอย่างเช่นการสอบอ่านฟังเสียงการสอบสัมภาษณ์ซึ่งต้องการดู การใช้ถ้อยคำในการตอบคำถามรวมทั้งการแสดงความคิดเห็นและบุคลิกต่าง ๆ เช่นการสอบปริญญานิพนธ์ซึ่งต้องการวัดความรู้ความเข้าใจในเรื่องที่ทำตลอดจนแง่มุมต่าง ๆ การสอบปากเปล่าสามารถวัดได้ละเอียดลึกซึ้งและคำถามที่สามารถเปลี่ยนแปลงหรือเพิ่มเติมได้ตามต้องการ

2.2 การสอบแบบให้เขียนตอบ (Paper-pencil Test or written Test) เป็นการสอบวัดที่ให้ผู้สอบเขียนเป็นตัวหนังสือซึ่งมีรูปแบบการตอบอยู่ 2 แบบคือ

2.2.1 แบบไม่จำกัดคำตอบ (Free Response Type) ซึ่งได้แก่การสอบ วัดที่ใช้ข้อสอบแบบอัตนัยหรือความเรียง (Essay Test)

2.2.2 แบบจำกัดคำถาม (Fixed Response Type) ซึ่งเป็นการสอบที่กำหนดขอบเขตของคำถามที่จะให้ตอบหรือกำหนดคำตอบมาให้เลือก

สมนึก ภัททิยะธนี (2553) ได้กล่าวว่า แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนว่าหมายถึง แบบทดสอบวัดสมรรถภาพทางสมองต่างๆ ที่นักเรียนได้รับการเรียนรู้ผ่านมาแล้วซึ่งแบ่งได้เป็น 2 ประเภท คือ แบบทดสอบที่ครูสร้างและแบบทดสอบมาตรฐาน แต่เนื่องจากครูต้องทำหน้าที่วัดผลนักเรียนคือเขียนข้อสอบวัดผลสัมฤทธิ์ที่ตนได้สอนซึ่งเกี่ยวข้องโดยตรงกับแบบทดสอบที่ครูสร้างและมีหลายแบบแต่ที่นิยมใช้มี 6 แบบ ดังนี้

1. ข้อสอบแบบอัตนัยหรือความเรียง ลักษณะทั่วไปเป็นข้อสอบที่มีเฉพาะคำถามแล้วให้นักเรียนเขียนตอบอย่างเสรีเขียนบรรยายตามความรู้และข้อคิดเห็นแต่ละคน

2. ข้อสอบแบบกาถูก-ผิด ลักษณะทั่วไปถือได้ว่าข้อสอบแบบกาถูก-ผิดคือ ข้อสอบแบบเลือกตอบที่มี 2 ตัวเลือกแต่ตัวเลือกดังกล่าวเป็นแบบคงที่และมีความหมายตรงกันข้าม เช่น ถูก-ผิด ใช่-ไม่ใช่ จริง-ไม่จริง เหมือนกัน-ต่างกัน เป็นต้น

3. ข้อสอบแบบเติมคำลักษณะทั่วไปเป็นข้อสอบที่ประกอบด้วยประโยคหรือข้อความที่ยังไม่สมบูรณ์ให้ผู้ตอบเติมคำหรือประโยคหรือข้อความลงในช่องว่างที่เว้นไว้นั้นเพื่อให้มีใจความสมบูรณ์และถูกต้อง

4. ข้อสอบแบบตอบสั้นๆ ลักษณะทั่วไปข้อสอบประเภทนี้คล้ายกับข้อสอบแบบเติมคำแต่แตกต่างกันที่ข้อสอบแบบตอบสั้นๆ เขียนเป็นประโยคคำถามสมบูรณ์ (ข้อสอบเติมคำเป็นประโยคที่ยัง

ไม่สมบูรณ์) แล้วให้ผู้ตอบเป็นคนเขียนตอบคำตอบที่ต้องการจะสั้นและกะทัดรัดได้ใจความสมบูรณ์ ไม่ใช่เป็นการบรรยายแบบข้อสอบอัตนัยหรือความเรียง

5. ข้อสอบแบบจับคู่ ลักษณะทั่วไปเป็นข้อสอบเลือกตอบชนิดหนึ่งโดยมีคำหรือข้อความแยกจากกันเป็น 2 ชุดแล้วให้ผู้ตอบเลือกจับคู่ว่าแต่ละข้อความในชุดหนึ่ง (ตัวยืน) จะคู่ กับคำหรือข้อความใดในอีกชุดหนึ่ง (ตัวเลือก) ซึ่งมีความสัมพันธ์กันอย่างใดอย่างหนึ่งตามที่ผู้ออกข้อสอบกำหนดไว้

6. ข้อสอบแบบเลือกตอบ ลักษณะทั่วไปข้อสอบแบบเลือกตอบนี้จะประกอบด้วย 2 ตอน ตอนนำหรือคำถามกับตอนเลือก ในตอนเลือกนี้จะประกอบด้วยตัวเลือกที่เป็นคำตอบถูกและตัวเลือกที่เป็นตัวลวงปกติจะมีคำถามที่กำหนดให้นักเรียนพิจารณาแล้วหาตัวเลือกที่ถูกต้องมากที่สุดเพียงตัวเลือกเดียวจากตัวเลือกอื่นๆ และคำถามแบบเลือกตอบที่ดีนิยมใช้ตัวเลือกที่ใกล้เคียงกันดูเผินๆ จะเห็นว่าทุกตัวเลือกถูกหมด แต่ความจริงมีน้ำหนักถูกมากน้อยต่างกัน

สมชาย รัตนทองคำ (2554) ได้กล่าวว่า แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน (achievement test) เป็นแบบทดสอบที่ใชวัดความรูทักษะ และความสามารถสมอง ด้านต่างๆ เชน ความรูความจำ ความเขาใจ การนำไปใชการวิเคราะห์สังเคราะห์และการประมาณค่า ซึ่งแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรูอาจเป็นประเภทที่ผู้สอนสร้างขึ้นเอง เชน ข้อสอบปลายภาค หรือเป็นแบบทดสอบมาตรฐาน ที่มีผู้สร้างไวแลว เชน ข้อสอบ TOFEL รูปแบบและวิธีการใชแบบทดสอบแบ่งเป็น 3 ลักษณะคือ

1. แบบสอบปากเปลา (Oral test) เป็นการทดสอบที่อาศัยการซักถามเป็นรายบุคคล เหมาะสำหรับผู้สอบจำนวนน้อย ข้อดีคือ สามารถถามได้ละเอียด และสามารถโตตอบได้

2. แบบเขียนตอบ (Paper-pencil test) เป็นการทดสอบที่มีการเขียนตอบ แบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ แบบทดสอบอัตนัย หมายถึงแบบทสอบที่ถามใหตอบยาวๆ สามารถแสดงความคิดเห็นได้อย่างกว้างขวาง เหมาะสำหรับการวัดความสามารถในการใชภาษาและแสดงความคิดเห็นที่หลากหลาย และแบบทดสอบปรนัย หมายถึงแบบทดสอบประเภท ถูก-ผิด จับคู เติมคำ และเลือกตอบ เหมาะสำหรับสอบผู้สอบจำนวนมาก ๆมีเวลาตรวจข้อสอบน้อย

3. แบบปฏิบัติ (performance test) เป็นการทดสอบที่ผู้สอบได้แสดงพฤติกรรมออกมาโดยการกระทำหรือลงมือปฏิบัติจริง เชน การสอบนวด การสอบปฏิบัติทางกายภาพบำบัด เป็นตน

จากที่กล่าวมาสามารถสรุปได้ว่าการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนนั้นสามารถวัดได้โดย วัดผ่านพฤติกรรมทางด้านพุทธิพิสัย ได้แก่ การจำ ความเข้าใจ การนำไปใช้ การวิเคราะห์ การสังเคราะห์ และการประเมินค่า โดยการวัดนั้นสามารถแบ่งออกเป็น 2 ประเภทได้แก่ การวัดด้านการปฏิบัติ และการวัดด้านเนื้อหา โดยการวัดด้านเนื้อหาแบ่งออกเป็น การสอบปากเปล่า และการสอบแบบให้เขียนตอบ

เครื่องมือวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

พฤติกรรมการศึกษาของผู้เรียนจำแนกออกเป็น 3 ด้าน ได้แก่ พุทธพิสัย จิตพิสัย และทักษะพิสัย วิธีการที่ผู้สอนจะได้รับข้อมูลเพื่อใช้เป็นหลักฐานตรวจสอบแสดงว่าผู้เรียนได้ประสบความสำเร็จในการเรียนรู้แล้ว จำเป็นจะต้องใช้เครื่องมือวัดพฤติกรรมการศึกษาที่มีประสิทธิภาพ และสามารถเลือกใช้เครื่องมือวัดในแต่ละพฤติกรรมการศึกษาได้อย่างหลากหลาย ถูกต้อง และเหมาะสม ซึ่งเครื่องมือที่ใช้ในการวัดพฤติกรรมการศึกษานั้นได้แก่ (มณีญา สุราช, 2560)

แบบทดสอบ (Test)

ความหมายของแบบทดสอบ ได้มีนักการศึกษาหลายคนให้ความหมายของแบบทดสอบไว้ได้นี้

ศิริชัย กาญจนวาสี (2556) ได้กล่าวว่า แบบทดสอบ หมายถึงเครื่องมือวัดผลชนิดหนึ่งซึ่งประกอบด้วย ชุดของคำถามที่ใช้วัดกลุ่มตัวอย่างพฤติกรรมเกี่ยวกับความสามารถทางสมอง หรือความรู้สึกนึกคิดทางจิตใจหรือทักษะการดำเนินงานของบุคคล หรือกลุ่มบุคคลภายใต้สถานการณ์ที่เป็นมาตรฐาน และมีการกำหนดหลักเกณฑ์การให้คะแนนที่ชัดเจน

สมชาย รัตนทองคำ (2554) ได้กล่าวว่า แบบทดสอบคือชุดของคำถามหรือสิ่งเราทีนำไปใชให้ผู้สอบตอบสนองออกมา ชุดของสิ่งเร้านี้มักอยู่ในรูปของข้อคำถาม ซึ่งอาจใหเขียนตอบ แสดงพฤติกรรม ใหพูดออกทางวาจาก็ได้ทำใหสามารถวัดได้สังเกตได้และนำไปสู่การแปลความหมายได้ แบบทดสอบนี้สามารถใชได้กับการวัดพฤติกรรมด้านพุทธิพิสัย จิตพิสัย และทักษะนิสัย แต่สวนใหญ่นิยมวัดทางด้านพุทธิพิสัย แบบทดสอบแบ่งตามจุดมุ่งหมายออกเป็น 3 ชนิด ได้แก่ 1.แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน 2.แบบทดสอบวัดความถนัดหรือทักษะ 3.แบบทดสอบวัดความสัมพันธของบุคคล

มณีญา สุราช (2560) ได้ให้ความหมายของแบบทดสอบไว้ว่า เป็นชุดของข้อสอบหรือข้อคำถามที่นำกระตุ้นให้ผู้เรียนแสดงพฤติกรรมการศึกษาด้านพุทธิพิสัยหรือด้านสติปัญญาออกมา โดยผ่านการทดสอบอย่างเป็นระบบ

สรุปได้ว่า แบบทดสอบ หมายถึง คำถามหรือชุดของคำถามที่ใช้วัดพฤติกรรมทางการเรียนรู้ โดยกระตุ้นให้ผู้เรียนแสดงพฤติกรรมการศึกษาด้านพุทธิพิสัยหรือด้านสติปัญญาออกมาผ่านการทดสอบ

ประเภทของแบบทดสอบ

มณีญา สุราช (2560) ได้จัดจำแนกประเภทของแบบทดสอบตามสมรรถภาพที่วัดไว้ 3 ประเภท ดังนี้

1. แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน (Achievement Test) เป็นแบบทดสอบที่ใช้วัดความรู้ทักษะ และสมรรถภาพทางสติปัญญาที่เกิดขึ้นจากการเรียนรู้ โดยผ่านกิจกรรมการเรียนการสอน จำแนกเป็น 2 ลักษณะ ดังนี้

1.1. แบบทดสอบที่ครูสร้างขึ้นเอง (Teacher Made Test) เป็นแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้ที่ผู้สอนได้สร้างขึ้น เพื่อใช้กับผู้เรียนที่ตนเองได้สอนไปแล้วเนื่องจากจะสามารถสร้างและพัฒนาปรับเปลี่ยนแบบทดสอบให้มีความสอดคล้องกับจุดประสงค์และเนื้อหาที่กำหนดไว้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

1.2.แบบทดสอบมาตรฐาน (Standardized Test) เป็นแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้ที่สร้างขึ้นเพื่อเก็บไว้ใช้โดยผู้เชี่ยวชาญ และได้ผ่านการตรวจสอบคุณภาพและมีมาตรฐานในการดำเนินการทดสอบและการแปลความหมายของคะแนนที่ได้รับอย่างชัดเจนทำให้คะแนนที่ได้รับจากแบบทดสอบประเภทนี้สามารถนำไปเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มผู้เรียนได้วินิจฉัยสมรรถภาพ และพยากรณ์ความสำเร็จ เป็นต้น

2. แบบทดสอบวัดความถนัด (Aptitude Test) เป็นแบบทดสอบที่ใช้วัดความสามารถที่เกิดจากการสะสมประสบการณ4การเรียนรู้ของผู้เรียนตั้งแต่อดีตถึงปัจจุบัน เพื่อนำผลมาใช้ในการพยากรณ์อนาคตของผู้เรียนว่ามีแนวโน้มที่จะเกิดพฤติกรรมดังกล่าวจะเป็นอย่างไรจำแนกเป็น 2 ลักษณะ ดังนี้

2.1. แบบทดสอบวัดความถนัดทางการเรียน (Scholastic Aptitude Test) เป็นแบบทดสอบความถนัดที่มีวัตถุประสงค์วัดความรู้ความสามารถด้านวิชาการ เช่น ความถนัดด้านวิทยาศาสตร์ ความถนัดด้านภาษา ความถนัดทางคณิตศาสตร์ ฯลฯ เพื่อนำไปใช้พยากรณ์ความสามารถที่จะศึกษาต่อให้ประสบความสำเร็จสูงสุด

2.2. แบบทดสอบวัดความถนัดเฉพาะอย่าง (Specific Aptitude Test) เป็นแบบทดสอบวัดความถนัดที่มีวัตถุประสงค์วัดความรู้ความสามารถเฉพาะอย่างที่เกี่ยวกับการประกอบอาชีพ หรือความสามารถเฉพาะอย่าง

3. แบบทดสอบบุคคลและสังคม (Personal Social Test) เป็นแบบทดสอบที่ใช้วัดบุคลิกภาพที่ดีของบุคคล หรือความสามารถในการปรับตัวสู่สังคม เช่น แบบทดสอบวัดบุคลิกภาพ

สุทธิวรรณ พีรศักดิ์โสภณ (2560) ได้แบ่งประเภทของแบบทดสอบออกเป็น 2 ประเภท ตามจุดประสงค์ในการวัดได้แก่

1. แบบทดสอบที่ครูเป็นผู้สร้างขึ้น ซึ่งสามารถแบ่งย่อยออกได้เป็น

1.1. แบบทดสอบชนิดที่ผู้สอบเป็นผู้ให้คำตอบ ได้แก่

1.1.1. แบบทดสอบอัตนัย หรือความเรียง (Subject test or Essay test) หมายถึง ข้อสอบที่ต้องเขียนตอบตามความรู้และความเข้าใจของผู้สอบ อาจมีกำหนดความยาวหรือไม่มีก็ได้ การตอบข้อสอบแบบ อัตนัย สามารถสะท้อนทักษะหลาย ๆ ด้านของผู้ตอบ เช่น ทักษะการคิด การใช้เหตุผล การอธิบาย การเขียน การเรียบเรียงความคิดการวิพากษ์วิจารณ์ แสดงเหตุผล เห็นด้วยไม่เห็นด้วย สามารถบูรณาการเนื้อหาสาระจากองค์ความรู้ จากประสบการณ์หรือจากทฤษฎี พร้อมยกตัวอย่างประกอบคำอภิปรายเพื่อให้ผู้อ่านเห็นภาพได้ ชัดเจนเป็นจริง ลงในกระดาษคำตอบ เป็นข้อสอบที่ให้ผู้ตอบเขียนคำตอบได้อย่างเสรีตามความรู้ ความคิดเห็นของแต่ละบุคคล ผู้ตอบต้องเรียบเรียงคำตอบให้ตรงกับคำถามที่กำหนดให้ สามารถจำแนกออกเป็น

1.1.1.1. แบบจำกัดคำตอบ (Restricted-response type) คือ ให้ผู้ตอบแสดงความคิดเห็นอย่างอิสระ สามารถวัดสมรรถภาพด้านความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ ทัศนคติ การประเมินค่าได้อย่างกว้างขวาง การกำหนดเวลาให้เขียนตอบจึงต้องกำหนดให้เหมาะสม ข้อสอบแบบนี้ส่งเสริมให้ผู้เรียนรู้จักการรวบรวมความคิดต่าง ๆ และการใช้วิธีการต่าง ๆ ในการเขียนตอบ

1.1.1.2. แบบไม่จำกัดคำตอบ (Unrestricted-response type) ข้อสอบแบบนี้จะถามแบบจำเพาะเจาะจงและต้องการคำตอบเฉพาะเรื่อง ซึ่งผู้ตอบต้องจัดเรียงความคิดให้เป็นระเบียบ เพื่อให้ตรงประเด็นของคำถามเพียงสั้น ๆ

1.1.2. แบบททดสอบแบบเติมคำหรือตอบสั้น (Completion or Short answer type) คือ แบบทดสอบที่ต้องกำหนดให้ผู้ตอบแสดงความสามารถในการแก้ปัญหาด้วยการเขียนตอบ โดยตัวคำตอบจะมีลักษณะเป็นคำเดี่ยว ๆ หรือประโยคสั้น ๆ

1.2. แบบทดสอบชนิดให้ผู้สอบเลือกคำตอบ ได้แก่

1.2.1. แบบทดสอบชนิดถูกผิด (True-false test) คือ แบบทดสอบที่ให้พิจารณาข้อความที่เป็นปัญหานั้นว่าถูกหรือผิดตามหลักวิชา โดยผู้ตอบต้องทำรหัสหรือเครื่องหมายลงที่ข้อความนั้น ๆ ตามที่โจทย์กำหนด เช่น ถูก-ผิด ใช่-ไม่ใช่ เห็นด้วย-ไม่เห็นด้วย เป็นต้น

1.2.2. แบบทดสอบชนิดจับคู่ (Matching test) คือ แบบสอบจะประกอบไปด้วยคำถาม และคำตอบ โดยผู้ตอบจะต้องจับคู่ระหว่างคำถามและคำตอบที่กำหนดให้ตรงกัน หรือสัมพันธ์กันอย่างมีเหตุผล

1.2.3. แบบทดสอบชนิดเลือกตอบ (Multiple choice test) คือ แบบทดสอบที่ประกอบด้วยโจทย์หรือข้อความที่เป็นประโยคที่สมบูรณ์เป็นตัวคำถาม (stem) เพื่อวัดความรู้ความสามารถ และตัวเลือกตั้งแต่ 3 ตัวเลือกขึ้นไปอีก 1 ชุด รวมเป็น 1 ข้อ ในตัวเลือกนั้นจะมีทั้งคำตอบถูก (key) และคำตอบผิด (distracter) ที่เป็นตัวลวงมาให้นักเรียนพิจารณา

2. แบบทดสอบมารฐาน คือ แบบทดสอบที่สร้างขึ้นด้วยกระบวนการ หรือวิธีการที่ซับซ้อนมากกว่าแบบทดสอบที่ครูสร้างขึ้นเอง เมื่อสร้างขึ้นแล้วมีการนำไปทดลองสอบ วิเคราะห์ด้วยวิธีการทางสถิติหลายครั้ง เพื่อปรับปรุงให้มีคุณภาพดี มีความเป็นมาตรฐาน ซึ่งมาตรฐานสามารถแบ่งออกได้ดังนี้

2.1. มาตรฐานในการดำเนินการสอบ เพื่อควบคุมตัวแปรที่จะมีผลกระทบต่อคะแนนของผู้สอบ

2.2. มาตรฐานในการแปลความหมายคะแนน ข้อสอบมาตรฐานมีเกณฑ์สำหรับเปรียบเทียบคะแนนให้เป็นมาตรฐานเดียวกัน ซึ่งเรียกว่า เกณฑ์ปกติ (Norm)

สมชาย รัตนทองคำ (2554) ได้แบ่งประเภทของแบบทดสอบออกเป็น 3 ประเภทหลัก ๆ ได้แก่

1. แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เป็นแบบทดสอบที่ใชวัดความรู ทักษะ และความสามารถสมอง ด้านต่างๆ เชน ความรูความจำ ความเขาใจ การนำไปใช การวิเคราะห์ สังเคราะห์ และการประมาณค่า ซึ่งแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรูอาจเป็นประเภทที่ผู้สอนสรางขึ้นเอง เชน ข้อสอบปลายภาค หรือเป็นแบบทดสอบมาตรฐาน ที่มีผู้สร้างไวแลว รูปแบบและวิธีการใชแบบทดสอบแบ่งเป็น 3 ลักษณะคือ

1.1. สอบปากเปล่า (Oral test) เป็นการทดสอบที่อาศัยการซักถามเป็นรายบุคคล เหมาะสำรับผู้สอบจำนวนน้อย ข้อดีคือ สามารถถามได้ละเอียด และสามารถโต้ตอบได้

1.2. แบบเขียนตอบ (Paper-pencil test) เป็นแบบทดสอบที่มีการเขียนตอบ สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภทคือ

1.2.1. แบบทดสอบอัตนัย หมายถึง แบบทดสอบที่ถามให้ตอบยาวๆ สามารถแสดงความคิดเห็นได้อย่างกว้างขวาง เหมาะสำหรับการวัดความสามารถในการใช้ภาษและแสดงความคิดที่หลากหลาย

1.2.2. แบบทดสอบปรนัย หมายถึง แบบทดสอบประเภทถูก-ผิด จับคู่ เติมคำ และเลือกตอบ เหมาะสำหรับผู้สอบจำนวนมาก ๆ มีเวลาตรวจข้อสอบน้อย

1.3. แบบทดสอบปฏิบัติ เป็นการทดสอบที่ผู้สอบได้แสดงพฤติกรรมออกมาโดยการกระทำหรือลงมือปฏิบัติจริง

2. แบบทดสอบวัดความถนัดหรือทักษะ (Aptitude test) เป็นแบบทดสอบที่ใช้วัดศักยภาพระดับสูงของบุคคลว่า สมรรถภาพในการเรียนรู้นั้นมีมากน้อยเพียงใด และควรเรียนด้านใดหรือทำงานด้านใดจึงเหมาะสมและประสบความสำเร็จ โดยแบ่งประเภทย่อยออกได้เป็น 2 ประเภท คือ

2.1. แบบทดสอบความถนัดในการเรียน (Scholastic aptitude test)

2.2. แบบทดสอบความถนัดเฉพาะ (Specific test) ซึ่งแบ่งความถนัดออกเป็น 7 ด้าน ได้แก่ ด้านภาษา การใช้คำ ตัวเลข มิติสัมพันธ์ ความจำ การสังเกตรับรู้ และการใช้เหตุผล

3. แบบทดสอบความสัมพันธ์ของบุคคล เป็นแบบทดสอบที่ใช้วัดเกี่ยวกับบุคลิกภาพหรือการปรับตนเองของบุคคลในสังคม วัดความสนใจต่อสิ่งต่างๆ ในรูปแบบทดสอบวัดลักษณะบุคคล เช่น แบบทดสอบความเกรงใจ แบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์ เป็นต้น

สรุปได้ว่าประเภทของแบบทดสอบนั้นสามารถแบ่งออกเป็น 3 ประเภทหลักๆได้แก่ 1. แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน คือแบบทดสอบที่วัดพฤติกรรมการเรียนรู้ ความรูความจำ ความเขาใจ การนำไปใช การวิเคราะห์ สังเคราะห์ และการประมาณค่า โดยแบบทดสอบประเภทนี้สามารถแบ่งย่อยออกได้เป็น 2 ประเภทแก่ 1.1.แบบทดสอบที่ครูผู้สอนสร้างขึ้น ประกอบไปด้วย 1) แบบทดสอบแบบปากเปล่า (Oral test) 2)แบบทดสอบแบบเขียนตอบ ซึ่งประกอบไปด้วย 1.1)แบบอัตนัย ประกอบไปด้วย แบบทดสอบแบบจำกัดคำตอบ แบบทดสอบที่ไม่จำกัดคำตอบ และแบบทดสอบแบบตอบสั้น 1.2)แบบปรนัย ประกอบไปด้วย แบบทดสอบจับคู่ แบบทดสอบถูกผิด แบบทดสอบเลือกตอบ 1.2แบบทดสอบมาตรฐาน 2.แบบทดสอบความถนัด 3.แบบทดสอบบุคคล

แบบตรวจสอบรายการ

แบบตรวจสอบรายการหมายถึง เครื่องมือที่กำหนดรายการพฤติกรรมคุณหรือลักษณะของผู้เรียนที่ต้องการตรวจสอบว่ามีหรือไม่มี เช่น พฤติกรรมความร่วมมือ พฤติกรรมการทำงานกลุ่ม พฤติกรรมการเรียน โดยแบบตรวจสอบรายการมีหลักการใช้ดังนี้ (มณีญา สุราช, 2560)

1. ใช้สำหรับการตรวจสอบรายการประเมินทักษะพื้นฐานของผู้เรียนก่อนที่จะเรียนเนื้อหาสาระใหม่ว่ามีความพร้อมหรือไม่ หรือขาดทักษะพื้นฐานในเรื่องใด

2. ใช้สำหรับตรวจสอบรายการประเมินทักษะการปฏิบัติที่มีลำดับขั้นตอนที่ชัดเจน ว่ามีผลการปฏิบัติงานที่ควรปฏิบัติอย่างไร มีความพึงพอใจหรือไม่

3. ใช้สำหรับตรวจสอบรายการประเมินผลการปฏิบัติ โดยการกำหนดคุณลักษณะของผลงานที่สำเร็จแล้วว่าควรจะพิจารณาคุณลักษณะใดและคุณลักษณะนั้น ๆ มีการปฏิบัติอย่างไร

4. ใช้สำหรับตรวจสอบรายการประเมินพัฒนาการทางสังคม เป็นการบันทึกข้อมูลของผู้สอนเกี่ยวกับพัฒนาการทางสังคมที่เกิดจากการเรียนการสอน

สมชาย รัตนทองคำ (2554) ได้กล่าวว่า แบบสำรวจรายการนั้นประกอบไปด้วย 2 ส่วนสำคัญได้แก่ ส่วนที่เป็นข้อคำถามหรือสถานการณ์ที่กำหนด มักจะมีลักษณะสอบถามความคิดเห็น

ความรู้สึก ทัศนคติ หรือพฤติกรรมที่แสดงออกของบุคคลที่ต้องการวัด ซึ่งข้อความดังกล่าวอาจเป็นได้ทั้งทางบวกและทางลบ และส่วนที่เป็นคำตอบ ที่มีการกำหนดคำตอบไว้เป็น มี-ไม่มี, ใช่-ไม่ใช่, เคย-ไม่เคย เป็นต้น

พีระพงษ์ เครื่องสนุก (2558) ได้กล่าวว่า แบบตรวจสอบรายการ (Check list) เป็นมาตรที่ใช้วัดพฤติกรรมโดยมีรายการให้ตรวจสอบ เป็นการสร้างแบบทดสอบจาก สังเกต เป็นรายการขั้นตอนกิจกรรม หรือพฤติกรรมที่ผู้สังเกตบันทึกเมื่อมีเหตุการณ์เกิดขึ้น แบบตรวจสอบรายการต้องเป็นแบบที่ผู้สังเกตสามารถบันทึกได้อย่างรวดเร็ว และมีประสิทธิภาพ ผู้สังเกตจะไม่ประเมินคุณภาพ ระดับหรือความถี่ของพฤติกรรมที่เกิดโดยเฉพาะแต่จะตรวจสอบว่ามีพฤติกรรมหรือเหตุการณ์ใดเกิดขึ้นเช่น มี/ไม่มี ทำ/ไม่ทำ และแบบตรวจสอบรายการเป็นการสร้างแบบทดสอบจากแบบข้อคำถามปลายปิด คือเป็นการสร้างรายการของข้อคำถามที่สัมพันธ์กับคุณลักษณะของพฤติกรรม ข้อคำถามแต่ละข้อจะมีคำตอบอย่างน้อย 2 ตัวเลือกหรือมากกว่า 2 ตัวเลือกขึ้นไป บางข้อคำถามอาจให้เลือกคำตอบได้เพียงตัวเลือกเดียวแต่บางข้อคำถามอาจให้เลือกตอบได้มากกว่า 1 ตัวเลือก

สรุปได้ว่าแบบตรวจสอบรายการคือ เครื่องมือที่ใช้วัดคุณลักษณะหรือพฤติกรรมที่แสดงของบุคคลที่ต้องการที่จะวัด โดยประกอบไปด้วย 2 ส่วนคือ ส่วนที่เป็นคำถามหรือพฤติกรรมที่แสดงออกและส่วนที่เป็นข้อคำตอบ ที่กำหนดคำตอบไว้เป็น 2 คำตอบที่ตรงข้ามกัน เช่น มี-ไม่มี, ใช่-ไม่ใช่, เคย-ไม่เคย เป็นต้น

แบบประเมินมาตราส่วนประมาณค่า

มณีญา สุราช (2560) ได้กล่าวว่า แบบประเมินมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) หมายถึง เครื่องมือวัดที่ใช้ตรวจสอบพฤติกรรมหรือคุณลักษณะที่ต้องการของผู้เรียนว่าแสดงออกว่าเกิดขึ้นในระดับที่มากหรือน้อยเพียงใด โดยแบบมาตราส่วนประมาณค่า คือแบบประเมินที่มีลักษณะของตัวเลือกที่แตกต่างกัน เช่น ตัวเลข (1,2,3,4,5) สัญลักษณ์(>,<,=) ระดับความพึงพอใจ (มากที่สุด,มาก,ปานกลาง,น้อย,น้อยที่สุด)

สมชาย รัตนทองคำ (2554) ได้กล่าวว่า ลักษณะของมาตราส่วนประมาณค่าของประกอบด้วยส่วนสำคัญ 2 ส่วน คือ 1) ส่วนที่เป็นข้อความ คำถามหรือสถานการณ์ที่กำหนด มักจะมีลักษณะสอบถามความคิดเห็น ความรู้สึก หรือทัศนคติ หรือพฤติกรรมที่ แสดงออกของบุคคลที่ต้องการวัด ซึ่งข้อความดังกล่าวอาจเป็นได้ทั้งทางบวกหรือทางลบ เช่น กายภาพบำบัดมี ประโยชน์สำหรับประชาชนระดับใด ขณะเดินท่านมีความรู้สึกปวดระดับใด เป็นต้น 2) ส่วนที่เป็นคำตอบ มักเป็น การกำหนดค่าระดับความรู้สึก ความคิดเห็น ทัศนคติ หรือพฤติกรรมที่แสดงออก แบบลิเคิร์ทจะ

กำหนดคำตอบเป็น 5 ระดับ ในระดับสนับสนุนถึงระดับไม่สนับสนุน ระดับเห็นด้วยถึงระดับไม่เห็นด้วย เป็นต้น ดังตารางที่ 2 ซึ่งมาตรา ส่วนลิเคิร์ท อาจใช้ตัวเลขแสดงการจำแนกระดับพฤติกรรมได้ 5 ระดับคือ 5, 4, 3, 2, 1 โดยให้ 5 หมายถึง ความรู้สึกหรือพฤติกรรมที่แสดงออกมาในระดับมาก และลดลงเรื่อย ๆ จนถึงระดับ 1 ซึ่งหมายถึงระดับน้อย

บุญชม ศรีสะอาด (2543) ได้กล่าวว่า มาตราส่วนประมาณค่า เป็นมาตราการวัดชนิดหนึ่ง สร้างเป็นเครื่องมือ ประเภทแบบ สอบถาม แบบวัดด้านจิตพิสัย เช่น เจตคติ แรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์ มโนภาพเกี่ยวกับตนเอง ฯลฯ และแบบวัดภาคปฏิบัติที่อาศัยการสังเกตกระบวนการ และ/หรือผลงาน เป็นเครื่องมือที่ได้รับ ความนิยมอย่างแพร่หลายมากที่สุดประเภทหนึ่งในการนำไปใช้เก็บรวบรวมข้อมูลในการวิจัย เนื่องจากเป็นเครื่องมือที่สร้างได้ง่าย สะดวกในการนำไปใช้และวิเคราะห์ผล มีความเชื่อถือได้ สูง และสามารถนำไปตัดแปลงเพื่อใช้ในโครงการต่างๆ ได้มากมาย ซึ่งมาตราส่วนประมาณค่า มีลักษณะที่สำคัญดังนี้คือ

1. ผู้ตอบจะต้องตอบด้วยการพิจารณาหรือประเมินสถานการณ์ที่เป็นสิ่งเร้าที่กำหนด ให้ตามความคิดเห็น เหตุผล สภาพความเป็นจริง ที่มีระดับความเข้มข้นตั้งแต่ 3 ระดับขึ้นไป (โดยทั่วไปนิยม 5 ระดับ) โดยเลือกตอบเพียงคำตอบเดียว

2. ระดับที่ให้เลือกอาจเป็นชนิดที่มีทั้งด้านบวกและด้านลบในข้อเดียวกัน หรือมี เฉพาะด้านบวก หรือมีเฉพาะด้านลบโดยที่อีกด้านหนึ่งจะเป็นศูนย์หรือระดับน้อยมาก

3. บางขอจะมีลักษณะเชิงนิมาน (Positive scale) บางข้อมีลักษณะเชิงนิเสธ (Negative)

4. สามารถแปลงผลการตอบเป็นคะแนนได้ จึงสามารถวัดความคิดเห็น คุณลักษณะ ด้านจิตพิสัย และการประเมินกระบวนการและผลงานออกมาในเชิงปริมาณได้

มาตราส่วนประมาณค่าประกอบด้วยส่วนที่เป็นลักษณะที่ ต้องการให้ประเมิน หรือขอคำถามกับส่วนคำตอบที่เป็นมาตรา (Scale) ความแตกต่างกันนั้น มักอยู่ส่วนหลัง ซึ่งอาจใช้วิธีการกำหนดมาตราเป็นตัวเลข ตัวอักษร คำบรรยาย หรือคำ คุณศัพท์มาให้เลือกก็ได้ รูปแบบที่พบใช้กันได้แก่ มาตราส่วนประมาณค่าแบบตัวเลข แบบ กราฟ แบบบรรยาย และแบบใช้สัญลักษณ์ แต่ละรูปแบบมีลักษณะแตกต่างกัน ดังนี้

1. แบบตัวเลข (Numerical rating scale) ใช้ตัวเลขชี้บ่งระดับของลักษณะหรือ พฤติกรรมที่ต้องการประเมิน เช่น ให้ประเมินพฤติกรรมของนักเรียนโดยวงกลมล้อมรอบตัวเลข หมายเลข 1 เมื่ออยู่ในระดับต่ำ, 2 ระดับเกือบปานกลาง, 3 ระดับปานกลาง, 4 ระดับสูงกว่า ปานกลาง และ 5 ระดับสูง

2. แบบกราฟ (Graphic Rating Scale) ให้ทำเครื่องหมายลงบนเส้นตรง เพื่อชี้ ค่าที่ประเมิน เช่น ให้ทำเครื่องหมายลงบนเส้นตรงในตำแหน่งที่ตรงกับลักษณะของนักเรียนมากที่สุด

3. แบบบรรยาย (Descriptive rating scale) มีคำบรรยายหรือข้อความแสดงระดับของลักษณะที่ต้องการ เช่น ให้ทำเรื่องหมายลงในช่องที่ตรงกับพฤติกรรมของนักเรียน

4. แบบใช้สัญลักษณ์ ใช้สัญลักษณ์หรือภาพแสดงระดับที่ผู้ตอบหรือผู้ ประเมินจะพิจารณาเลือกตอบ เช่น ใช้วงกลมที่มีขนาดต่างกัน ใช้ภาพสิ่งต่างๆ

สรุปได้ว่า มาตราส่วนประมาณค่าของ ประกอบด้วยส่วนสำคัญ 2 ส่วน คือ 1) ส่วนที่เป็นข้อความ คำถามหรือสถานการณ์ที่กำหนด มักจะมีลักษณะสอบถามความคิดเห็น ความรู้สึก หรือทัศนคติ หรือพฤติกรรมที่ แสดงออกของบุคคลที่ต้องการวัด ซึ่งข้อความดังกล่าวอาจเป็นได้ทั้งทางบวกหรือทางลบ 2) ส่วนที่เป็นคำตอบ มักเป็น การกำหนดค่าระดับความรู้สึก ความคิดเห็น ทัศนคติ หรือพฤติกรรมที่แสดงออกโดยกำหนดคำตอบเป็น 5 ระดับ คือ 5, 4, 3, 2, 1 โดยให้ 5 หมายถึง ความรู้สึกหรือพฤติกรรมที่แสดงออกมาในระดับมาก และลดลงเรื่อย ๆ จนถึงระดับ 1 ซึ่งหมายถึงระดับน้อย

การสังเกต

มณีญา สุราช (2560) ได้กล่าวว่า การสังเกต (Observation) หมายถึงวิธีการเก็บรวบรวมข้อมูลโดยใช้ประสาทสัมผัสทั้งห้าของผู้สังเกตจากผู้ถูกสังเกต โดยการเฝ้าดูพฤติกรรมในสภาวะแวดล้อมต่าง ๆเพื่อทำความเข้าใจหรือประเมินผลว่าเป็นอย่างไร ซึ่งประเภทของการสังเกต มีอยู่ประเภท ดังนี้

1.การสังเกตแบบมีส่วนร่วม เป็นการสังเกตโดยตรงที่ผู้สังเกตจะต้องมีส่วนร่วมในกิจกรรมที่ต้องการสังเกตกับผู้ถูกสังเกตเพื่อที่ความใกล้ชิดจะทำให้ได้รับข้อมูลที่ถูกต้อง ชัดเจน ซึ่งสามารถแบ่งย่อยเป็น 2 ประเภทคือ

1.1. การสังเกตแบบมีส่วนร่วมโดยสมบูรณ์ เป็นการสังเกตที่ผู้สังเกตเข้าไปเป็นสมาชิกของกลุ่มโดยผู้ถูกสังเกตไม่รู้ตัวและผู้สังเกตไม่ระบุสถานภาพของตนเอง

1.2. การสังเกตแบบมีส่วนร่วมโดยไม่สมบูรณ เป็นการสังเกตที่ผู้สังเกตเข้าร่วมหรือไม่เข้าร่วมกิจกรรมตามโอกาสที่เหมาะสมและกลุ่มที่ถูกสังเกตรู้ตัว และระมัดระวังการแสดงพฤติกรรม

2.การสังเกตแบบไม่มีส่วนร่วม เป็นการสังเกตโดยทางอ้อมที่ผู้ถูกสังเกตไม่ได้เข้าไปมีส่วนร่วมในกิจกรรมนั้น ๆ แต่จะคอยเฝ้าดูพฤติกรรมอยู่ห่าง ๆ

ซึ่งลักษณะของการสังเกตนั้น สามารถแบ่งออกเป็น 2 แบบคือ 1.การสังเกตแบบมีโครงสร้าง คือการสังเกตที่ได้กำหนดประเด็นหรือพฤติกรรมที่ต้องการสังเกตไว้แล้วและมีการจัดเตรียมเครื่องมือในการเก็บข้อมูลไว้แล้ว 2.การสังเกตแบบไม่มีโครงสร้าง คือการสังเกตที่ไม่ได้กำหนดประเด็นหรือพฤติกรรมการสังเกต กล่าวคือการบันทึกพฤติกรรมทั้งหมดแล้วจึงนำไปวิเคราะห์

สมชาย รัตนทองคำ (2554) ได้กล่าวไว้ว่า การสังเกตการใช้ประสาทสัมผัสของผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับการ ประเมินได้สังเกตพฤติกรรมที่สนใจในตัวผู้ถูกวัด ผลการสังเกตจะมีความเที่ยงตรงเพียงใดขึ้นกับองค์ประกอบ 3 ประการ คือ 1.สิ่งที่สังเกตควรเป็นรูปธรรมและสังเกตได้จริง เช่น ผลการรักษาที่ดี มุมการเคลื่อนไหวของข้อที่ เพิ่มขึ้น แต่บางสิ่งบางอย่างสังเกตได้ยาก เช่น อารมณ์พอใจ ความรู้สึกเจ็บปวด ทัศนคติ เป็นต้น 2.ตัวผู้สังเกต มี ความตั้งใจ สามารถสังเกตได้อย่างมีประสิทธิภาพ มีประสบการณ์ในการสังเกตตีความหมายตรวจสอบเรื่องนั้น ๆได้ เป็นอย่างดี และสามารถสังเกตรับรู้ได้โดยไม่มีอคติหรือความมลำเอียง 3.ตัวผู้ถูกสังเกต ต้องไม่รู้ว่ากำลังถูกสังเกต หรือเฝ้ามอง เพราะหากรู้ว่ากำลังถูกสังเกตหรือเฝ้ามอง ก็จะไม่เป็นไปตามธรรมชาติ อาจมีพฤติกรรมเสแสร้ง เช่น แกล้งเป็นคนที่เรียบร้อยผิดธรรมชาติของตนเอง การสังเกตที่ดีควรแบ่งเป็นช่วงๆ ไม่นานเกินไป และไม่ควรติดต่อกันเป็นระยะยาวนาน ควรมีแบบฟอร์ม สำหรับการสังเกตไว้ล่วงหน้า เพื่อเป็นแนวทางและสำหรับการบันทึกพฤติกรรมต่าง ๆ ที่สังเกตได้ หลักการสังเกตที่ดี พอสรุปได้ดังนี้ 1.สังเกตเฉพาะเรื่องที่กำลังสนใจเท่านั้น 2.สังเกตอย่างมีจุดมุ่งหมาย 3.ควรพินิจพิเคราะห์จนเข้าใจ ในรายละเอียด 4.มีการจดบันทึกสิ่งที่ตรงกับจุดมุ่งหมายของการสังเกตไว้อย่างครบถ้วน 5.ข้อมูลที่ได้จากการสังเกต ควรตรวจสอบจนมั่นใจ อาจตรวจสอบกับผู้สังเกตอื่น ๆ หรือหลักฐานอื่น ๆ ประกอบยืนยันตรงกัน

พีระพงษ์ เครื่องสนุก (2558) ได้กล่าวไว้ว่า แบบสังเกตพฤติกรรม เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการรวบรวมข้อมูลที่ได้จากการสังเกตพฤติกรรมการแสดงออก ซึ่งเป็นคุณลักษณะด้านจิตพิสัย โดยการสังเกตสามารถแบ่งประเภทได้ออกเป็น 3 ประเภทดังนี้

1. การใช้การสังเกตเป็นเกณฑ์ แบ่งได้ 2 ชนิด คือ การสังเกตทางตรง (Direct observations) คือวิธีการสังเกตที่ ผู้สังเกตไปสังเกตด้วยตนเองตลอดเวลา และการสังเกตทางอ้อม (Indirect observations) คือวิธีที่ผู้สังเกตไม่ได้สังเกตด้วยตนเองแต่ส่งตัวแทนไป แล้วกลับมาเล่าพฤติกรรมที่สังเกตได้ให้ฟัง

2. ใช้ผู้สังเกตเป็นเกณฑ์ แบ่งได้ 2 ชนิด คือ การสังเกตโดยการเข้าร่วม (Participant observations) คือการที่ผู้สังเกตเข้าไปอยู่ในสถานการณ์ที่สังเกต โดยทำตนเป็นเหมือนสมาชิกในกลุ่มนั้น เช่น การศึกษาพฤติกรรมของคนในหมู่บ้าน โดยการเข้าไปอยู่ในหมู่บ้าน และการสังเกตโดยการไม่เข้าร่วม(Non-participant observations) คือการที่ผู้สังเกตไม่ได้เข้าไปอยู่ในสถานการณ์เพียงแต่อยู่ภายนอกสถานการณ์เพื่อคอยสังเกตเพียงอย่างเดียว

3. ใช้ผู้ถูกสังเกตเป็นเกณฑ์ แบ่งออกได้ 2 ชนิด คือ การสังเกตเป็นทางการ (Formal observations) คือ การที่ ผู้ถูกสังเกตรู้ตัวว่าถูกสังเกต เพราะมีการบอกจุดมุ่งหมาย วัน เวลา สถานที่ที่จะสังเกตไว้ล่วงหน้า และการสังเกตแบบไม่เป็นทางการ (Informal observation) คือการสังเกตที่ผู้ถูกสังเกตไม่รู้ตัวว่าถูกสังเกต

สรุปได้ว่า แบบสังเกตคือเครื่องมือที่ใช้ในการรวบรวมข้อมูลที่ได้จากการสังเกตพฤติกรรมการแสดงออกของบุคคล โดยแบ่งประเภทได้ดังนี้ การสังเกตทางตรง (Direct observations) การสังเกตทางอ้อม (Indirect observations) การสังเกตโดยการเข้าร่วม (Participant observations) การสังเกตโดยการไม่เข้าร่วม(Non-participant observations) การสังเกตเป็นทางการ (Formal observations) และการสังเกตแบบไม่เป็นทางการ (Informal observation)

การสัมภาษณ์

การสัมภาษณ์ (Interview) หมายถึง วิธีการได้มาซึ่งข้อมูลโดยใช้การสนทนาโต้ตอบอย่างมีจุดหมายระหว่างผู้สัมภาษณ์ (Interviewer) และผู้ให้สัมภาษณ์ (Interviewees) เพื่อให้ได้ความรู้ความจริงเกี่ยวกับพฤติกรรมคุณลักษณะที่ต้องการบางประการไม่ได้จากวิธีการอื่น ๆ ซึ่งการสำภาษณ์สามารถแบ่งออกเป็น 2 ลักษณะ ได้แก่ (มณีญา สุราช, 2560)

1. การสัมภาษณ์แบบมีโครงสร้าง เป็นการสัมภาษณ์ที่ใช้แบบสัมภาษณ์ที่สร้างขึ้นเพื่อใช้เป็นกรอบของคำถามในการสัมภาษณ์ที่เหมือนกันกับผู้ให้สัมภาษณ์แต่ละคน กลุ่มหรือเป็นแบบให้เลือกตอบ

2. การสัมภาษณ์แบบไม่มีโครงสร้าง สัมภาษณ์ที่ใช้เพียงประเด็น หัวข้อเป็นแนวทางในการตั้งคำถามโดยที่ผู้สัมภาษณ์สามารถเปลี่ยนแปลงได้ตามสถานการณ์ ทำให้ได้ข้อมูลที่หลากหลายและลึกซึ้งในการนำมาพิจารณาประกอบการวิเคราะห์ข้อมูล

พีระพงษ์ เครื่องสนุก (2558) ได้กล่าวไว้ว่า การสัมภาษณ์ คือ การสื่อสารระหว่างบุคคลซึ่งแตกต่างจากการสนทนาโดยทั่วไป เพราะการสัมภาษณ์จะต้องมีจุดมุ่งหมาย ต้องเตรียมคำถามและติดต่อกับผู้ให้สัมภาษณ์โดยมีกำหนดเวลาที่แน่นอนการสัมภาษณ์มีจุดมุ่งหมายทำนองเดียวกับการใช้แบบสอบถาม จึงมีผู้เรียกการสัมภาษณ์ว่าเป็นแบบสอบถามปากเปล่า (Oral Questionnaire) แต่มีความแตกต่างกันตรงวิธีการ กล่าวคือ การสัมภาษณ์ ผู้สัมภาษณ์เป็นฝ่ายซักถามโดยการพูด ผู้ตอบก็ตอบโดยการพูดแล้วผู้สัมภาษณ์เป็นฝ่ายบันทึกคำตอบ ส่วนการใช้แบบสอบถาม ผู้ตอบตอบโดยการเขียนตอบลงในแบบสอบถามการสัมภาษณ์จะได้ข้อมูลที่ดีหรือไม่เพียงใดขึ้นอยู่กับผู้สัมภาษณ์เป็นสำคัญ ในการสัมภาษณ์บางกรณีก็มีการใช้แบบสัมภาษณ์ช่วยเป็นแนวทางสำหรับผู้สัมภาษณ์ แต่ในบางกรณีก็ไม่ได้ใช้แบบสัมภาษณ์ประกอบการสัมภาษณ์แต่อย่างใด ดังนั้นถือว่าตัวผู้สัมภาษณ์เป็นเครื่องมือเก็บรวบรวมข้อมูล ส่วนแบบสัมภาษณ์เป็นเพียงเครื่องช่วยบันทึกข้อมูลด้วย เช่น แถบบันทึกเสียง โดยได้รับความยินยอมจากผู้ถูกสัมภาษณ์ โดยประเภทของแบบสัมภาษณ์ แบ่งออกเป็น 2 ประเภท ดังนี้

1. การสัมภาษณ์แบบไม่มีคำถามแน่นอน (Unstructured interview) เป็นการสัมภาษณ์ที่ไม่มีกำหนดคำถามที่แน่นอนตายตัว หรือหากมีการกำหนดไว้บ้างก็เป็นคำถามประเด็นหลัก ในการสัมภาษณ์ก็ไม่จำเป็นต้องใช้คำถามเหมือนกัน การเรียงลำดับคำถามก็ไม่ต้องเหมือนกัน ผู้ถามสามารถปรับเปลี่ยนให้เหมาะกับสถานการณ์และผู้ตอบ เป็นการสัมภาษณ์ที่ยืดหยุ่นและเปิดกว้าง ผู้ถามมีอิสระในการถามเพื่อให้ได้คำตอบตามจุดมุ่งหมายของการวิจัย ข้อมูลที่ได้รับไม่นิยมเอามาเปรียบเทียบกัน ไม่ได้มุ่งเอามาพิสูจน์สมมุติฐาน นอกจากนี้คำถามที่ใช้และคำตอบที่ได้รับ อาจนำมาใช้ประโยชน์ในการสร้างแบบสัมภาษณ์ สำหรับใช้ในการสัมภาษณ์แบบมีคำถามที่แน่นอนในครั้งต่อ ๆ ไปได้

2. การสัมภาษณ์แบบมีคำถามที่แน่นอน (Structured Interview) เป็นการสัมภาษณ์ที่มีการกำหนดข้อคำถามไว้ล่วงหน้า และในการสัมภาษณ์ผู้ตอบแต่ละคนจะต้องได้รับการถามเช่นเดียวกัน และในลำดับขั้นตอนเดียวกันด้วย ดังนั้น การสัมภาษณ์แบบนี้จำเป็นต้องใช้แบบสัมภาษณ์ที่จัดเตรียมไว้ก่อน การสัมภาษณ์แบบมีคำถามแน่นอนช่วยให้ผู้ถาม ถามตรงประเด็นที่ต้องการ ไม่ออกนอกเรื่อง ไม่เกินขอบเขตที่กำหนดไว้ และข้อมูลที่ได้รับสามารถนำมาเปรียบเทียบกันได้

สมชาย รัตนทองคำ (2554) ได้กล่าวว่า การสัมภาษณ์นั้นเป็นวิธีการวัดผลด้วยการซักถาม สนทนา โต้ตอบ เพื่อประเมินบุคคลด้านความคิด ทัศนคติ หรือเพื่อต้องการทราบถึงคำตอบที่ต้องการ โดยสามารถแบ่งประเภทของการสัมภาษณ์ออกเป็น 2 ประเภทได้แก่

1. แบบสัมภาษณ์ชนิดมีโครงสร้าง เป็นการสัมภาษณ์ที่มีการใช้แบบฟอร์มที่มีการเตรียมการ มีแผนการสัมภาษณ์ และการบริหารการสัมภาษณ์จัดเตรียมไว้อย่างค่อนข้างแน่นอนเป็นการล่วงหน้า การสัมภาษณ์แบบมีโครงสร้างนี้มีลักษณะการดำเนินงานที่เป็นมาตรฐานหรือเป็นทางการมาก ผู้ให้สัมภาษณ์ทุกคนจะตอบคำถามเดียวกัน และถามคำถามก่อนหลังเรียงตามลำดับเหมือนกัน ผู้สัมภาษณ์จะต้องอ่านคำถามตามลำดับในแบบสัมภาษณ์

2. แบบสัมภาษณ์ชนิดไม่มีโครงสร้าง เป็นการสัมภาษณ์ที่มีความยืดหยุ่นสูง เป็นการเปิดกว้าง และไม่เป็นทางการมากนัก ผู้สัมภาษณ์จะถามเรื่องใดก่อนหรือหลังก็ได้ รวมทั้งไม่จำเป็นต้องถามคำถามเหมือนกันทุกคนก็ได้ ผู้สัมภาษณ์มีอิสระในการถามและสามารถปรับเปลี่ยนการซักถามให้เหมาะสมกับผู้ให้สัมภาษณ์แต่ละคนได้

สรุปได้ว่า การสัมภาษณ์คือ วิธีการได้มาซึ่งข้อมูลโดยใช้การสนทนาโต้ตอบอย่างมีจุดหมายระหว่างผู้สัมภาษณ์ (Interviewer) และผู้ให้สัมภาษณ์ (Interviewees) เพื่อให้ได้ความรู้ความจริงเกี่ยวกับพฤติกรรมคุณลักษณะที่ต้องการบางประการไม่ได้จากวิธีการอื่น ๆ ซึ่งแบบสัมภาษณ์สามารถแบ่งออกเป็น 2 ประเภทได้แก่ แบบสัมภาษณ์ชนิดมีโครงสร้าง และแบบสัมภาษณ์ชนิดไม่มีโครงสร้าง

สรุปได้ว่า เครื่องมือในงานวิจัยมี 5 ประเภท แต่ละประเภทนั้นสามารถเก็บข้อมูลได้แตกต่างกัน ได้แก่

1. แบบทดสอบ สามารถใช้วัดผลสัมฤทธิ์ทางการศึกษาและทักษะกระบวนการได้

2. แบบตรวจสอบรายการ คือเครื่องมือที่สามารถวัดพฤติกรรมของนักเรียนในเชิงการมีหรือไม่มีพฤติกรรมนั้น ๆ

3. แบบประเมินมาตราส่วนประมาณค่า สามารถประเมินพฤติกรรมของนักเรียนว่าพฤติกรรมนั้นของนักเรียนเกิดมากหรือน้อยเพียงใด

4. แบบสังเกต เป็นเครื่องมือที่ใช้ประสาททั้ง 5 ในการเก็บรวบรวมข้อมูล ซึ่งข้อมูลที่เก็บรวบรวมนั้นมีหลากหลายรูปแบบเช่น พฤติกรรมในห้องเรียน พฤติกรรมที่ก่อให้เกิดการเรียนรู้

5. แบบสัมภาษณ์ เป็นเครื่องมือที่ใช้การสัมภาษณ์ให้ได้ซึ่งข้อมูลออกมา โดยข้อมูลนั้นมุ่งเน้นไปที่พฤติกรรมหรือคุณลักษณะบางประการที่ต้องการวัด

จากข้างต้นที่กล่าวมา ผู้วิจัยได้เลือกใช้เครื่องมือที่จะนำมาใช้ในงานวิจัย ดังนี้ 1. แบบทดสอบ โดยแบบทดสอบที่ใช้เป็นแบบทดสอบชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก เนื่องจากต้องการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน 2. แบบทดสอบชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก วัดความรู้ความเข้าใจ เนื่องจากต้องการวัดความสามารถในด้านการสร้างแบบจำลอง 3. แบบสังเกตพฤติกรรมชนิดมีโครงสร้าง เนื่องจากต้องการตรวจสอบว่านักเรียนได้แสดงพฤติกรรมที่เป็นทักษะกระบวนการทางด้านการออกแบบหรือไม่ 4. แบบสัมภาษณ์ชนิดกึ่งโครงสร้าง เนื่องจากต้องการศึกษาข้อดี ข้อด้วย ความพึงพอใจและข้อเสนอแนะของนักเรียนในการจัดกกิจกรรมการเรียนการสอนโดยใช้ปัญหาเป็นฐาน

การสร้างและพัฒนาแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

สำนักทดสอบทางการศึกษาได้เสนอขั้นตอนการสร้างและพัฒนาเครื่องมือวัดโดยภาพรวมมีขั้นตอนการสร้างและพัฒนา 4 ขั้นตอนดังนี้ (กรมวิชาการ, 2544)

1. ทำความเข้าใจพฤติกรรมที่ต้องการวัด โดยศึกษาพฤติกรรมที่ต้องการทดสอบนั้นหมายถึงอะไร มีลักษณะอย่างไร นักเรียนแสดงออกอย่างไร จึงจะสรุปได้ว่านักเรียนมีพฤติกรรมทที่ต้องการวัดแล้ว

2. เลือกใช้สถานการณ์หรือเนื้อหาในการตรวจสอบ ในขั้นตอนนี้เป็นการเลือกสถานการณ์หรือเนื้อหาที่สามารถให้นักเรียนแสดงพฤติกรรมที่ต้องการวัดออกมาให้เห็นได้อย่างชัดเจนมากที่สุดเพื่อนามาใช้ในการเขียนข้อคำถามหรือสิ่งที่นักเรียนต้องปฏิบัติ

3. กำหนดความคิดรวบยอดของสถานการณ์หรือเนื้อหา เป็นการนำสถานการณ์หรือเนื้อหาที่เลือกมาทาความเข้าใจและเขียนความคิดรวบยอดของเนื้อหาเพื่อเป็นกรอบความคิดในการเขียนข้อคำถามหรือสิ่งที่นักเรียนต้องปฏิบัติ

4. เขียนข้อคำถามหรือสิ่งที่นักเรียนจะต้องปฏิบัติ การเขียนข้อคำถามหรือสิ่งที่นักเรียนจะปฏิบัติจะต้องคำนึงสิ่งที่ต่อไปนี้เพื่อให้ข้อคำถามมีคุณภาพ

4.1. ถามให้ตรงจุดและถามให้ชัดเจน

4.2. คำถามกะทัดรัดไม่ใช้คำฟุ่มเฟือย

4.3. ช่วยให้ได้ความคิดในการตอบ

4.4. ใช้ภาษาให้เหมาะสมกับระดับหรือวัยของนักเรียน

4.5. เขียนตัวเลือกเกณฑ์การให้คะแนน ถ้าเป็นแบบทดสอบชนิดเลือกตอบจะต้องมีคำตอบที่ถูกต้องที่สุดตามหลักวิชาเพียงคาตอบเดียว ส่วนตัวลวงทุกตัวจะต้องเป็นตัวลวงที่มีความเป็นไปได้

4.6. ตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือ เพื่อเป็นการยืนยันว่าเครื่องมือวัดที่ใช้นั้นมีคุณภาพอย่างน้อย 3 ประการ คือ ความเชื่อมั่น ความเป็นปรนัย และความเที่ยงตรง

สมชาย รัตนทองคำ (2554) ได้กล่าวว่า การวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนนั้น เป็นพฤติกรรมด้านความสามารถทางสติปัญญาของบุคคล ลักษณะการวัดจึงเป็นการวัดทางออมจากพฤติกรรมที่แสดงออกของผู้ถูกวัดภายใตเครื่องมือวัดหรือสถานการณีที่ผู้สอบกำหนด ซึ่งมีการจำแนกความสามารถอกเป็น 6 ระดับ เรียงจากความสามารถขั้นต่ำไปสูงดังนี้ 1)ความรูความจำ 2)ความเขาใจ 3)การนำไปใช 4)การวิเคราะห์ 5)การสังเคราะห์ 6)การประเมินค่า โดยมีหลักการประเมินคือการประเมินความรูความเขาใจ ซึ่งเป็นทักษะของสมอง ดังนั้นการประเมินจึงเป็นการประเมินทางออมจากพฤติกรรมที่ผู้ถูกประเมินแสดงออก เพื่อบงชี้ถึงทักษะของสมองดังกล่าว ลักษณะของแบบทดสอบวัดพฤติกรรมด้านพุทธิพิสัยที่ดี คือ

1. มีความเที่ยงตรง ที่มีความเที่ยงตรงจะสามารถวัดเนื้อหาที่ตองการวัดได้ครบถวน และวัดได้ตรงตามจุดมุ่งหมายที่ตองการวัด

2. เชื่อมั่นได้ แบบทดสอบที่มีความเชื่อมั่นได้หากนำมาใชสอบวัดกับคนกลุมเดิมหลายๆครั้งผลการวัดจะเหมือนเดิมหรือเปลี่ยนแปลงน้อยมาก

3. มีความเป็นปรนัย หมายถึงมีความชัดเจนของคำถามทุกคนอ่านแลวเขาใจตรงกัน ใครตรวจก็ใหคะแนนตรงกัน และแปลความหมายของคะแนนได้ค่าตรงกัน

4. มีความยากง่ายพอเหมาะ หมายถึงแบบทดสอบไม่ยากเกินไปและไม่ง่ายเกินไป ข้อสอบข้อใดที่มีคนตอบถูกมากแสดงวาง่าย และข้อสอบที่มีคนตอบถูกน้อยแสดงวายาก (ค่าความยากง่ายของข้อสอบ หรือค่า p มีค่าอยู่ระหว่าง 0-1.00) ข้อสอบที่ดี ค่า p อยู่ระหว่าง 0.20-0.80

5. มีอำนาจจำแนกหมายถึงความสามารถแบ่งแยกกลุมออกเป็นประเภทต่าง ๆได้ถูกตอง ข้อสอบที่มีอำนาจจำแนกดีหมายถึง ข้อสอบที่คนเก่งตอบถูก คนออนตอบผิด ข้อสอบที่จำแนกไม่ได้ คนเก่งและคนออนจะตอบถูกผิดพอๆกัน ไม่มีความแตกต่างกัน โดยทั่วไปค่าอำนาจจำแนกข้อสอบ หรือค่า r อยู่ระหว่าง -1.00 ถึง +1.00 ถาค่า r มีเครื่องหมายลบ หมายถึงการจำแนกกลับทาง คนเก่งตอบถูกน้อยกว่าคนออน ค่า r ใกลศูนย์ (r= -.19 ถึง +.19) ข้อสอบจำแนกไม่ได้เพราะคนเก่งและคนออนตอบถูกผิดพอๆกัน ข้อสอบที่ดี ค่า r ควรมีค่าอยู่ระหว่าง 0.20 ถึง 1.00

6. มีประสิทธิภาพคือเครื่องมือที่สามารถทำใหได้ข้อมูลที่ดีที่สุด เชื่อถือได้มากโดยใชวิธีการที่สะดวก รวดเร็ว คลองตัว แต่เสียเวลาน้อยลงทุนน้อยและใชแรงงานน้อย

7. มีความยุติธรรม ไม่เปิดโอกาสใหมีการได้เปรียบเสียบเปรียบกันระหว่างผู้ที่ถูกวัดด้วยกัน

8. ใชคำถามถามลึก ข้อสอบที่ดีตองถามใหผู้ตอบใชความสามรถในการคิดคนกอนที่จะตอบ ใชคำถามยั่วยุ มีลักษณะที่ทาทายใหผู้สอบอยากคิดอยากตอบและทำด้วยความเต็มใจ

9. คำถามจำเพาะเจาะจง ไม่ถามกว้างเกินไป หรือถามคลุมเครือใหคิดได้หลายแงหลายมุม

ทั้งนี้หลักการสร้างเครื่องมือในการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนนั้นมีหลักการที่ต้องคำนึงถึงในการสร้างดังนี้

1. การสร้างข้อสอบอัตนัย ข้อสอบอัตนัยเป็นข้อสอบที่เปิดโอกาสให้ผู้ตอบได้แสดงความสามารถในด้านความรู้ ภาษา ความคิดริเริ่ม วิเคราะห์ข้อความได้อย่างเหมาะสม แบ่งออกเป็น 2 ลักษณะคือ แบบไม่จำกัดคำตอบ และแบบจำกัดคำตอบ ซึ่งทั้ง 2 ลักษณะมีหลักการสร้างดังต่อไปนี้

1.1. คำนึงถึงความสำคัญของจุดมุ่งหมาย ที่วางไว้ตามตารางวิเคราะห์หลักสูตร โดยพิจารณาน้ำหนักจาก จุดมุ่งหมาย และเนื้อหาที่ได้สอน

1.2. วางแนวทางการออกข้อสอบว่า จะเป็นแบบ จำกัดหรือไม่จำกัดคำตอบ

1.3. เขียนคำสั่งให้ชัดเจนว่า ต้องการให้ผู้สอบตอบอย่างไร เกณฑ์การให้คะแนนเป็นอย่างไร

1.4. ตั้งประเด็นคำถาม ที่ประเมินความรู้จริงของผู้เรียน โดยเน้นด้านใดบ้าง เช่น การสังเคราะห์ วิเคราะห์ หรือประมาณค่า

1.5. พยายามใช้คำถามหลาย ๆ แบบ มิใช้มีแต่คำถามประเภท ใคร อะไร ที่ไหน ที่มุ่งถามเพื่อวัดความรู้ ความจำเท่านั้น แต่ควรใช้คำถาม เหตุใด อย่างไร เพื่อให้ผู้เรียน อธิบายและแสดงเหตุผล หรือถามความคิดเห็น เชิง วิเคราะห์ในเชิงเปรียบเทียบ แสดงความสัมพันธ์ ความขัดแย้ง ตีความ เป็นต้น

1.6. ทบทวน และพยายามปรับปรุงให้ข้อคำถามมีความชัดเจน ไม่กำกวม

2. การสร้างข้อสอบปรนัย

2.1. แบบทดสอบแบบถูกผิด

2.1.1. เขียนคำถาม คำตอบ และข้อความให้ชัดเจน กระชับไม่ ยอกย้อนไม่ต้องตีความ

2.1.2. ไม่ใช้ข้อความปฏิเสธซ้อน

2.1.3. หลีกเลี่ยงลอกข้อความจากคำบรรยายหรือหนังสือ

2.1.4. ข้อ ผิด ถูกควรใกล้เคียงกัน

2.2. แบบทดสอบแบบเติมคำ

2.2.1. เขียนคำสั่งให้รัดกุมว่าตอบตรงไหนอย่างไร

2.2.2. คำถามควร ชัดเจนถามเจาะไม่ถามกว้างและไม่ควรลอกข้อความคำบรรยายหรือจากหนังสือมาถาม

2.2.3. เว้นช่องให้มากพอสำหรับเขียนตอบและควรอยู่ตอนท้ายประโยค ไม่ควรมีหลายแห่งในแต่ละข้อ

2.3. แบบทดสอบแบบจับคู่

2.3.1. ในแถวที่เป็นคำตอบควรมีมากกว่าคำถามเพื่อป้องกัน การเดาและควรเป็นคำตอบที่สั้น ๆ

2.3.2. คำถามควรระบุเงื่อนหรือหลักการจับคู่ให้ชัดเจน

2.3.3. ข้อคำถามและคำตอบ ควรจัดให้อยู่ในหน้าเดียวกัน

2.3.4. วิธีตอบไม่ยุ่งยาก เช่นการเลือกเฉพาะอักษรมาตอบแทนการลอกทั้งข้อความ

2.4. แบบทดสอบแบบเลือกตอบ

2.4.1. คำถามควรอยู่ในรูปประโยคคำถามที่สมบูรณ์เจาะจง สั้น และชัดเจนตรงจุดอาจนำคำตอบที่ได้มาเชื่อมต่อกับคำถาม

2.4.2. หลีกเลี่ยงคำถามปฏิเสธซ้อนปฏิเสธหากจำเป็นต้องใช้ควรเน้นหรือขีดเส้นให้ชัด

2.4.3. ข้อเดียวควรมีคำตอบเดียว

2.4.4. ควรมีตัวถูกและตัวลวงที่มีควรเป็นไปได้ตามหลักวิชา

สุทธิวรรณ พีรศักดิ์โสภณ (2560) ได้กล่าวว่า เนื่องจากแบบทดสอบเป็นเครื่องมือวัดผลชนิดหนึ่งที่มีความสำคัญอันจะทำให้ครูได้ทราบถึงพฤติกรรมการเรียนของผู้เรียน และทราบถึง

ประสิทธิภาพในการจัดการเรียนการสอน การสร้างแบบทดสอบที่ดีมีคุณภาพควรมีขั้นตอนการสร้างแบบทดสอบ ดังนี้

1. กำหนดจุดมุ่งหมายของการสอบให้แน่ชัดว่าจะสอบเพื่ออะไร สอบกับใคร ในระดับชั้นใด

2. กำหนดลักษณะของสิ่งที่จะวัด ในการสร้างเครื่องมือวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนผู้วัดต้องรู้ว่าสิ่งที่ต้องการจะวัดนั้นคืออะไร เช่น ต้องการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ ในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ผู้วัดจะต้องรู้ว่าในสาระของกลุ่มวิชาคณิตศาสตร์นี้มีจุดมุ่งหมายของการเรียนการสอนอย่างไร ประกอบด้วยเนื้อหาใดบ้างต้องการให้ผู้เรียนบรรลุพฤติกรรมใดบ้าง พฤติกรรมเหล่านั้นเป็นอย่างไร ต้องกำหนดให้ชัดเจน

3. กำหนดชนิดของเครื่องมือที่ใช้ในการวัด

4. เขียนข้อสอบ โดยเขียนให้สอดคล้องกับคุณลักษณะหรือพฤติกรรมที่ต้องการจะวัด และให้ถูกต้องตามหลักวิชาของการเขียนข้อสอบแต่ละชนิดด้วย

5. ให้ผู้เชี่ยวชาญพิจารณาตรวจสอบแก้ไข

6. การทดลองใช้ข้อสอบ หลังจากที่ให้ผู้เชี่ยวชาญพิจารณาตรวจสอบแก้ไขแล้ว ก็นำแบบทดสอบไปทดลองใช้แล้วนำผลจากการทดลองมาวิเคราะห์เพื่อหาคุณภาพ และพัฒนาแบบทดสอบต่อไป

7. สร้างเกณฑ์ในการแปลความหมายคะแนน

8. การเขียนรายงานและคู่มือการใช้ จะทำให้ผู้นำไปใช้ได้รู้ถึงละรายละเอียดเกี่ยวกับการดำเนินกาสอบว่าจะปฏิบัติอย่างไร คะแนนที่แต่ละคนสอบได้จะแปลความหมายอย่างไร

สรุปได้ว่าการขั้นตอนการสร้างแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนนั้นมีขั้นตอนดังนี้

1. กำหนดจุดประสงค์ ในเนื้อหาที่ทำการศึกษา

2. ทำการเลือกเนื้อหาที่จะใช้ในการวัด ว่าเนื้อหาใดมีความเหมาะสม

3. ทำการสร้างตารางความสัมพันธ์ระหว่างจุดประสงค์และพฤติกรรมที่ต้องการจะวัด

4. ทำการสร้างคำถามที่ต้องการจะวัดจุดประสงค์นั้น ๆ โดยที่คำถามจะต้อง

4.1. ถามให้ตรงจุดและถามให้ชัดเจน

4.2. คำถามกะทัดรัดไม่ใช้คำฟุ่มเฟือย

4.3. ช่วยให้ได้ความคิดในการตอบ

4.4. ใช้ภาษาให้เหมาะสมกับระดับหรือวัยของนักเรียน

4.5. เขียนตัวเลือกเกณฑ์การให้คะแนน ถ้าเป็นแบบทดสอบชนิดเลือกตอบจะต้องมีคำตอบที่ถูกต้องที่สุดตามหลักวิชาเพียงคำตอบเดียว ส่วนตัวลวงทุกตัวจะต้องเป็นตัวลวงที่มีความเป็นไปได้

5. ทำการตรวจสอบและพิจารณาแก้ไขโดยผู้เชี่ยวชาญ

6. ทำการหาคุณภาพของเครื่องมือ

การหาคุณภาพของเครื่องมือวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

บุญศรี พรหมมาพันธุ์ (2545) ได้อธิบายไว้ว่าเทคนิคการตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือวิจัยเป็นสิ่งที่มีผลต่อความน่าเชื่อถือของผลงานวิจัย เทคนิคการตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือวิจัยทำได้โดยการวิเคราะห์หาค่าความตรงและความเที่ยงในกรณีที่ต้องการวิเคราะห์รวมทั้งฉบับ และค่าเครื่องมือนั้นเป็นแบบทดสอบ จะต้องวิเคราะห์หาค่าระดับความยากและอำนาจจำแนกของข้อสอบเป็นรายข้อด้วย

การตรวจสอบความตรง (Validity)

1.1. การตรวจสอบความตรงตามเนื้อหา (Content validity) โดยอาศัยผู้เชี่ยวชาญทางด้านเนื้อหา (Subject matter specialists) อย่างน้อย 3 คน แล้วหาค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับคุณลักษณะตามวัตถุประสงค์ของการวิจัยที่ต้องการวัด ดังนี้

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

เมื่อ IOC แทน ดัชนีความสอดคล้อง

$\sum R$ แทน ผลรวมของคะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ

n แทน จำนวนผู้เชี่ยวชาญ

โดยมีการกำหนดคะแนนที่ผู้เชี่ยวชาญให้ดังนี้

+1 หมายถึง คำถามนั้นสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของการวิจัยหรือนิยามศัพท์ปฏิบัติการ

0 หมายถึง ไม่แน่ใจว่าคำถามนั้นสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของการวิจัยหรือนิยามปฏิบัติการ

-1 หมายถึง คำถามนั้นไม่สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของการวิจัยหรือนิยามศัพท์ปฏิบัติการ

เกณฑ์แปลความหมายมีดังนี้

ค่า IOC ≥ .05 หมายความว่า คำถามนั้นวัดตรงวัตถุประสงค์ของการวิจัย

ค่า IOC < .50 หมายความว่า คำถามนั้นวัดไม่ตรงวัตถุประสงค์ของการวิจัย

การตรวจสอบความเที่ยง (Reliability)

2.1. การหาความเที่ยงเชิงความคงที่ (Stability) โดยใช้วิธีการนำ เครื่องมือฉบับเดียวไปทดสอบกับคนกลุ่มเดียวกัน 2 ครั้ง (test-retest) ห่างกันประมาณ 2 สัปดาห์ แล้วนำคะแนนผลการวัด มาหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบเพียร์สัน (Pearson's Product Moment Correlation Coefficient) ดังนี้

$$R_{xy} = \frac{N\sum xy - \sum x \sum y}{\sqrt{[N\sum x^2 - (\sum x)^2][N\sum y^2 - (\sum y)^2]}}$$

เมื่อ _ Rxy แทน ค่าความเที่ยง

x แทน คะแนนสอบครั้งที่ 1

y แทน คะแนนสอบครั้งที่ 2

N แทน จำนวนผู้เข้าสอบ

2.2. ใช้สูตรสัมประสิทธิ์แอลฟา (Alpha coefficient) ของ (Cronbach) โดยใช้คะแนนที่ได้จากเครื่องมือวิจัยไม่ใช่เป็นระบบ 0 กับ 1 แต่อาจเป็น 5,4,3,2,1 จากมาตราส่วนประมาณค่า หรือคะแนนจากแบบทดสอบอัตนัย โดยใช้สูตรดังนี้

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

เมื่อ α แทน สัมประสิทธิ์แอลฟา

K แทน จำนวนข้อคำถามหรือข้อสอบ

S_i^2 แทน ความแปรปรวนของคะแนนข้อที่ i

S_t^2 แทน ความแปรปรวนของคะแนนรวม t

3. การตรวจสอบระดับความยาก (Level of difficulty) ของแบบทดสอบระดับความยาก คือ สัดส่วนหรือร้อยละของผู้ตอบข้อสอบถูกต่อจำนวนทั้งหมดของผู้สอบ ในการคัดเลือกแบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เพื่อประเมินคุณภาพของแบบทดสอบโดยอาศัยค่าความยาก โดยมีสูตรดังนี้

$$P = \frac{R}{N}$$

เมื่อ P แทน ความยากง่าย

R แทน จำนวนผู้เรียนที่ตอบคำถามข้อนั้นถูกต้อง

N แทน จำนวนผู้เรียนทั้งหมด

โดยค่าความยากจะมีค่าอยู่ระหว่าง 0 ถึง 1 ข้อสอบที่มีค่าความยากใกล้ 1 หมายถึง ข้อสอบที่ค่อนข้างง่าย ส่วนข้อสอบที่มีค่าใกล้ 0 หมายถึง ข้อสอบที่ค่อนข้างยากโดยที่ข้อสอบที่ถือว่าอยู่ในเกณฑ์ใช้ได้ต้องมีค่าความยากอยู่ระหว่าง 0.20 - 0.80 การแปลความหมายค่าความยากโดยทั่วไปยึดเกณฑ์ ดังนี้

ค่าความยาก	ความหมาย
0.81-1	ข้อสอบง่ายมาก
0.61-0.80	ข้อสอบค่อนข้างง่าย
0.41-0.60	ข้อสอบยากง่ายพอเหมาะ
0.21-0.40	ข้อสอบค่อนข้างยาก
0.00-0.19	ข้อสอบยากมาก

4. การตรวจสอบอำนาจจำแนก (Power of Discrimination) ของแบบทดสอบ

อำนาจจำแนก คือ สัดส่วนของผลต่างระหว่างจำนวนผู้ตอบข้อสอบถูกในกลุ่มสูงและกลุ่มต่ำต่อจำนวนผู้สอบในกลุ่มสูงหรือกลุ่มต่ำการคัดเลือกข้อสอบเพื่อประเมินคุณภาพของแบบทดสอบโดยมีสูตร ดังนี้

$$R = \frac{R_H - R_L}{N}$$

เมื่อ R แทน ค่าอำนาจจำแนก

R_H แทน จำนวนผู้สอบที่ตอบถูกในกลุ่มคะแนนสูง

R_L แทน จำนวนผู้สอบที่ตอบถูกในกลุ่มคะแนนต่ำ

N แทน จำนวนผู้สอบทั้งหมดในกลุ่มคะแนนสูงหรือกลุ่มคะแนนต่ำ

ข้อสอบที่ถือว่าอยู่ในเกณฑ์ใช้ได้ต้องมีค่าอำนาจจำแนก .20 ขึ้นไป โดยอาศัยค่าอำนาจการจำแนกสามารถพิจารณาได้ ดังนี้

ค่าอำอาจจำแนก	ความหมาย
0.40 ขึ้นไป	ข้อสอบจำแนกได้ดีมาก
0.30-0.39	จำแนกได้ค่อนข้างดี แต่อาจต้องปรับปรุง
0.20-0.29	จำแนกได้พอใช้ แต่ต้องปรับปรุง
ต่ำกว่า 0.20	จำแนกได้น้อย ต้องปรับปรุง

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยภายในประเทศ

ภรทิพย์ สุภัทรชัยวงศ์ (2558) ได้การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานเพื่อพัฒนาแบบจำลองทางความคิดเรื่อง โครงสร้างอะตอมและความเข้าใจธรรมชาติของแบบจำลองของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยมีจุดประสงค์เพื่อศึกษาลักษณะการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานที่สามารถส่งเสริมแบบจำลองทางความคิดเรื่องโครงสร้างอะตอมและความเข้าใจธรรมชาติของแบบจำลองของนักเรียน โดยมีกลุ่มเป้าหมายเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 26 คน โดยมีเครื่องมือในการวิจัยได้แก่ แบบวัดแบบจำลองทางความคิดเรื่องโครงสร้างอะตอม แบบวัดความเข้าใจธรรมชาติของแบบจำลอง ผลจากการศึกษาพบว่า เมื่อนักเรียนได้เรียนรู้จากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน นักเรียนส่วนใหญ่มีแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องและสอดคล้องกับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์และแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องและสอดคล้องกับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์

ธณัฏฐา คงทน (2559) ได้ทำการศึกษาการพัฒนาแนวคิดเรื่อง เคมีอินทรีย์ ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยการจัดการเรียนรู้ที่ใช้แบบจำลองเป็นฐาน โดยมีกลุ่มตัวอย่างคือนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 39 คน ของโรงเรียนมัธยมศึกษาขนาดใหญ่พิเศษแห่งหนึ่ง เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยได้แก่ แบบทดสอบวัดแนวคิดเรื่อง เคมีอินทรีย์ แบบบันทึกหลังการจัดการเรียนรู้ของผู้วิจัย และอนุทินบันทึกการเรียนรู้ของนักเรียน ผลการวิจัยพบว่า การจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานช่วยให้เกิดการอภิปรายแลกเปลี่ยนความคิดเห็นกัน ส่งเสริมให้นักเรียนลงมือปฏิบัติจริง มีปฏิสัมพันธ์กับเพื่อนในชั้นเรียน ใช้กระบวนการสร้าง แสดงออก ทดสอบ ประเมิน และขยายแบบจำลองที่สร้างขึ้น ประกอบกับการใช้สื่อการเรียนรู้ที่หลากหลาย ทำให้นักเรียนส่วนใหญ่ร้อยละ 45.8 สามารถพัฒนาแนวคิด เรื่อง เคมีอินทรีย์ ให้มีแนวคิดที่ถูกต้องได้

วรวัฒน ศีลบุตร (2561) ได้ศึกษาการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับวิธีการแบบเปิด เพื่อพัฒนาแนวคิด เรื่อง สารชีวโมเลกุล โดยมีกลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้น

มัธยมศึกษาปีที่ 6 จำนวน 36 คน ในโรงเรียนแห่งหนึ่งในจังหวัดปทุมธานี เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย ได้แก่ แบบวัดแนวคิดเรื่องสารชีวโมเลกุล แบบสะท้อนการเรียนรู้ของนักเรียน และแบบบันทึกการสอนผู้สอน ผลการศึกษาพบว่า การจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับวิธีการแบบเปิดสามารถช่วยให้นักเรียนมีแนวคิดถูกต้องเพิ่มขึ้นทุกประเด็นการศึกษา

ชนาธิป โหตรภวานนท (2560) ได้ทำการศึกษาการพัฒนาการคิดอย่างเป็นระบบสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง ระบบประสาทและอวัยวะรับความรู้สึก โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบจำลองเป็นฐาน เพื่อศึกษาแนวทางในการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานเพื่อพัฒนาการคิดอย่างเป็นระบบ โดยมีกลุ่มเป้าหมายคือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ห้องเรียนพิเศษวิทยาศาสตร์ จำนวน 27 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วย แบบสะท้อนการจัดการเรียนรู้ในแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานเพื่อพัฒนาการคิดอย่างเป็นระบบ เรื่อง ระบบประสาทและอวัยวะรับความรู้สึก และแบบจำลองระบบ เรื่อง ระบบประสาทและอวัยวะรับความรู้สึก พบว่า ผลการพัฒนาการคิดอย่างเป็นระบบในด้านการระบุองค์ประกอบและความสัมพันธ์ในระดับชีวภาพ เดียวกันในระดับดีมาก การเชื่อมโยงความสัมพันธ์ต่างระดับทางชีวภาพและการอธิบายปรากฏการณ์ทางชีววิทยาด้วยแบบจำลองอยู่ในระดับดี ส่งผลให้นักเรียนมีภาพรวมการคิดอย่างเป็นระบบอยู่ในระดับดีมาก

งานวิจัยต่างประเทศ

Ibrahirm (2009) ได้ทดลองใช้แนวการสอนที่เน้นแบบจำลองเป็นฐานเพื่อศึกษาความสามารถในการแก้ปัญหาและความเข้าใจในมโนทัศน์ เรื่อง จลน์ศาสตร์ ในวิชาฟิสิกส์เบื้องต้นของนักศึกษาที่เรียนคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัย เคปทาวน์ จำนวน 69 คน โดยให้นักศึกษาใช้กระบวนการสร้างแบบจำลองในการเรียนรู้ฟิสิกส์ จากการให้วาดแผนภาพแสดงการเคลื่อนที่ของวัตถุและการเขียนแผนผังเวกเตอร์ และสร้างเป็น สมการทางคณิตศาสตร์ ใช้การสร้างแบบจำลองเชิงมโนทัศน์ที่เขียนออกมาในลักษณะ แผนภาพแช่แข็ง (Freeze Frame) กราฟการเคลื่อนที่ และแผนผังเวกเตอร์ เพื่อแสดงวิธีคิดในการ หาคำตอบในลักษณะการคำนวณและการเขียนอธิบาย ผลการวิจัยพบได้ว่านักศึกษามีความสามารถในการสร้างแบบจำลองหลากหลายเพิ่มขึ้นคิดเป็นร้อยละ 60 ของนักศึกษาทั้งหมด

Baek et al. (2010) ได้พัฒนารูปแบบการจัดการเรียนการสอนโดยใช้ MCIS เพื่อศึกษาการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนเกรด 5 จำนวน 28 คน ในหน่วยการเรียนรู้เรื่องการระเหยและการควบแน่นของสาร เครื่องมือในการวิจัยได้แก่ แบบวัดการเรียนรู้ทำการ เก็บข้อมูลก่อนและหลังเรียน การบันทึกวีดิโอ และแบบสัมภาษณ์ ผลพบว่านักเรียนมีความสามารถในการสร้าง

แบบจำลองทางวิทยาศาสตร์เพิ่มขึ้นคิดเป็นร้อยละ 84 ของนักเรียน และจากการเก็บข้อมูลด้วยการสัมภาษณ์นักเรียนจำนวน 12 คน ผลพบว่า นักเรีนนมีความคิดเห็นว่าแบบจำลองสามารถใช้อธิบายปรากฏการณ์ได้ และคำนึงถึงเกณฑ์ที่ใช้ในการพิจารณาประเมินแบบจำลอง

Ting Wen (2018) ได้ทำการศึกษาการแก้ไขปัญหาเกมจำลองทางวิทยาศาสตร์ โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานของนักเรียนมัธยมจำนวน 25 คน ผลการศึกษาพบว่า นักเรียนที่มีการใช้แบบจำลองในการแก้ไขปัญหาจะมีความสามารถในการแก้ไขปัญหาทางวิทยาศาสตร์เกี่ยวกับวิชาฟิสิกส์ได้มากกว่านักเรียนที่ไม่ได้ใช้แบบจำลองในการแก้ไขปัญหา

Barak (2018) ได้ทำการศึกษาการเสริมสร้างความเข้าใจของโครงสร้างโปรตีน 3 มิติและคุณสมบัติของโปรตีน โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานโดยมีกลุ่มเป้าหมายคือนักเรียนเกรด 12 จำนวน 175 คน โดยมีเครื่องมือในการวิจัยคือ แบบทดสอบก่อนและหลังเรียน แบบสังเกตการตีความและการวิเคราะห์ข้อมูล ในการวิจัยได้มีการแบ่งกลุ่มเป้าหมายออกเป็น 3 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มที่ได้ศึกษาจากแบบจำลอง กลุ่มที่ได้รับการสอนจากครู กลุ่มที่เรียนรู้ด้วยตนเองจากหนังสือเรียน ผลการศึกษาพบว่านักเรียนที่เรียนรู้โดยใช้แบบจำลองและภาพเคลื่อนไหว 3 มิติมีความรู้ความเข้าใจและสามารถถ่ายทอดความรู้ออกมาได้ดีมากกว่าทั้ง 3 กลุ่ม

Khan (2007) ได้ทำการศึกษาการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะโดยใช้แบบจำลองเป็นฐานในเนื้อหาวิชาเคมี ของนักเรียนระดับปริญญาตรี โดยมีเครื่องมือในการเก็บข้อมูลคือแบบการสังเกต และแบบทดสอบการแก้ไขปัญหา ในการจัดการเรียนรู้ได้มีการใช้วัฏจักร GEM โดยมีกระบวนการคือ การสร้างแบบจำลอง การประเมินแบบจำลอง และการแก้ไขแบบจำลอง ผลจากการศึกษาพบว่า นักเรียนที่มีการใช้วัฏจักร GEM ในการเรียนรู้จะมีแนวโน้มในการบรรลุเป้าหมายของกระบวนการและเนื้อหาในห้องเรียนเคมีระดับปริญญาตรีมากขึ้น

Schwarz et al. (2009) ได้ทารศึกษาทักษะการสร้างแบบบจำลองของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 และ 6 โดยได้มีขั้นตอนการจัดกิจกรรมดังนี้ 1.การให้นักเรียนสร้างแบบจำลองจากความรู้เดิมหรือทฤษฎี เพื่ออธิบายหรือทำนายปรากฏการที่เกิดขึ้น (การระเหยของน้ำ) 2.นักเรียนใช้แบบจำลองที่นักเรียนสร้างขึ้นทำการอธิบายและทำนายปรากฏการที่จะเกิดขึ้น 3.นักเรียนทำการเปรียบเทียบและประเมินค่าแบบจำลองว่าสามารถทำการอธิบายปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นได้หรือไม่ และแบบจำลองนั้นสามารถทำนายปรากฏการณ์ที่แตกต่างกันได้หรือไม่ 4.นักเรียนทำการแก้ไขแบบจำลองเพื่อให้สามารถอธิบายและทำนาย จากปรากฏการณ์และหลักฐานที่นักเรียนได้ทดลองที่ผ่านมา โดยมีเกณฑ์วัดทักษะการสร้างแบบจำลอง 3 ส่วน ได้แก่ 1.การสร้างแบบจำลอง (การสร้างให้แบบจำลองสามารถนำเสนอสิ่งที่อยู่ในรูปแบบนามธรรมให้อยู่ในรูปธรรมได้ แบบจำลองสามารถอธิบายนั้นสามารถอธิบายแบบจำลองได้ แบบจำลองสามารถสะท้อนผลการเปลี่ยนแปลงของ

ปรากฏการณ์ได้ แบบจำลองมีสามารถอธิบายในปรากฏการณ์ใหม่ๆได้) 2.การใช้แบบจำลอง (ประกอบไปด้วย 4 ระดับได้แก่ ระดับที่ 4 นักเรียนสามารถสร้างแบบจำลองในขอบเขตความรู้ของตนเองและแบบจำลองนั้นสามารถส่งเสริมให้นักเรียนมีความคิดเป็นของตนเองได้ นักเรียนสามารถสร้างและใช้แบบจำลองเพื่อก่อให้เกิดคำถามใหม่ ๆ ในปรากฏการณ์นั้นๆได้ ระดับที่ 3 นักเรียนสามารถสร้างและใช้แบบจำลองที่หลากหลายในการอธิบายหรือทำนายปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นได้ นักเรียนสามารถใช้แบบจำลองเป็นเครื่องมือในการช่วยสนับสนุนความคิดเกี่ยวกับปรากฏการณ์ใหม่ ๆ ได้ ระดับ 2 นักเรียนสามารถสร้างและแบบจำลองในการอธิบายปรากฏการ์นั้นๆได้ ระดับ 1 นักเรียนสามารถสร้างและใช้แบบจำลองเป็นภาพประกอบในปรากฏการณ์เพียงปรากฏการณ์เดียว) 3. การแก้ไขแบบจำลอง (ระดับ 4 นักเรียนสามารถเปลี่ยนแปลงแบบจำลองเพื่อใช้ในการอธิบายปรากฏการณ์ให้ได้ดียิ่งขึ้น โดยอิงจากหลักฐานจากปรากฏการณ์นั้น ๆ นักเรียนสามารถประเมินค่าแบบจำลอง โดยพิจารณาจากความสามารถในการอธิบายและทำนายปรากฏการณ์ ระดับ 3 นักเรียนสามารถแก้ไขแบบจำลองให้สามารถอธิบายได้ดียิ่งขึ้นตามคำสั่ง นักเรียนสามารถเปรียบเทียบแบบจำลองว่าความแตกต่างหรือความสัมพันธ์ขององค์ประกอบมีส่วนช่วยในการอธิบายปรากฏการณ์อย่าไร ระดับ 2 นักเรียนแก้ไขแบบจำลองตามคำแนะนำของครู หรือหนังสือ มากกว่าที่จะพิจารณาหลักฐานของปรากฏการณ์นั้น ๆ นักเรียนทำการแก้ไขแบบจำลองโดยไม่คำนึงถึงสามารถในการอธิบายของข้อมูลที่ใส่ในปรากฏการณ์นั้น ๆ ระดับ 1 นักเรียนไม่ได้ทำการปรับเปลี่ยนแบบจำลอง แต่การค้นหาว่าสาเหตุใดแบบจำลองถึงไม่สามารถตอบคำถามในปรากฏการณ์นั้น ๆ ได้) ผลการศึกษาพบว่า นักเรียนสามารถสรุปปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นได้เป็นอย่างดี สามารถอธิบายองค์ประกอบของปรากฏการณ์ แบบจำลองที่นักเรียนสร้างขึ้นนั้นสามารถนำไปทำนายปรากฏการณ์ใหม่ ๆได้ นักเรียนสามารถประเมินค่าและเปรียบเทียบองค์ประกอบของแบบจำลองที่เป็นเอกฉันท์ได้ นอกจากนี้นักเรียนยังสามารถแก้ไขแบบจำลองขณะที่เรียนรู้ปรากฏการณ์ใหม่ ๆได้อีกด้วย

Jackson (2001) ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับวิธีการวัดและประเมินผลในการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์รูปแบบใหม่ โดยแบบประเมินนั้นทำการประเมินจากเป้าหมายของการเรียนของเด็ก เช่น การวาดภาพ การเขียนแผนผัง แทนการประเมินโดยใช้แบบทดสอบชนิดตอบสั้น (Short answer) แบบทดสอบชนิดจับคู่ (Matching) และแบบเลือกตอบ (Multiple choice) โดยการมอบหมายงานให้นักเรียนสร้างแบบจำลองของการเจริญเติบโตของต้นไม้ในฤดูต่าง ๆ ขึ้นมาก และทำการประเมินโดยใช้เกณฑ์การประเมินแบบรูบริคที่สร้างขึ้นมาเพื่อวัดผลงานที่อยู่ในรูปแบบแบบจำลองโดยเฉพาะ จากการศึกษาพบว่า เมื่อเปรียบเทียบกับการทดสอบแบบเดิม (แบบทดสอบชนิดตอบสั้น แบบทดสอบ

ชนิดจับคู่ แบบทดสอบชนิดเลือกตอบ) พบว่านักเรียนนั้นไม่รู้สึกว่าอยู่ระหว่างการประเมิน สนุกกับงานการประเมินบางงานเพราะพวกเขามีความท้าทายและกระตือรือร้นมากขึ้นกว่าการทดสอบทั่วไป นักเรียนยังรู้สึกว่ามีโอกาสคิดผ่านงานการประเมินมากขึ้น แทนที่จะพยายามเดาคำตอบที่ถูกต้องในการทดสอบแบบปรนัย นอกจากนี้นักเรียนยังมีความมั่นใจในการทดสอบมากกว่าการทำแบบทดสอบแบบเลือกตอบ

จากงานวิจัยทั้งในและนอกประเทศ สามารถสรุปได้ว่าการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานช่วยส่งเสริม ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน กระบวนการคิดแก้ปัญหา มีความเข้าใจในเนื้อหามากขึ้น อีกทั้งยังช่วยพัฒนาการคิดอย่างเป็นระบบ สามารถสร้างแบบจำลองได้หลากหลาย พัฒนาทักษะการสร้างแบบจำลอง สามารถถ่ายทอดความรู้ออกมาได้ดียิ่งขึ้นอีกด้วย

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

1. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง
2. เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล
3. การดำเนินการวิจัย
4. การจัดกระทำกับข้อมูลและวิเคราะห์ข้อมูล
5. สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

1. ประชากรได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยมหาสารคาม (ฝ่ายมัธยม) จำนวน 77 คน อำเภอกันทรวิชัย จังหวัดมหาสารคาม ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2563

2. กลุ่มตัวอย่างได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/7 โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยมหาสารคาม (ฝ่ายมัธยม) จำนวน 38 คน อำเภอกันทรวิชัย จังหวัดมหาสารคาม ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2563

เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

1. แผนจัดการเรียนรู้ โดยใช้กิจกรรมการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน วิชาชีววิทยาเพิ่มเติม หน่วย สารอาหารและสารเคมีในสิ่งมีชีวิต จำนวน 5 แผน จำนวน 9 ชั่วโมง
2. แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน แบบปรนัย ชนิด 4 ตัวเลือก จำนวน 20 ข้อ
3. แบบประเมินคุณภาพของแบบจำลอง แบบรูบริค เกณฑ์ 4 ระดับ
4. แบบประเมินกระบวนการสร้างแบบจำลองด้านการสร้างและใช้แบบจำลอง
5. แบบประเมินกระบวนการสร้างแบบจำลองด้านการปรับปรุงและเปลี่ยนแบบจำลอง
6. แบบสัมภาษณ์การจัดกิจกรรมการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

การดำเนินการวิจัย

ในการดำเนินการวิจัยในครั้งนี้ผู้วิจัยได้ทำการดำเนินการวิจัยโดยแบ่งเป็น 2 ระยะดังนี้ ระยะที่ 1 การพัฒนากรอบรูปแบบกิจกรรมการเรียนรู้และการสร้างเครื่องมือในงานวิจัย มี 5 ขั้นตอน คือ

ขั้นที่ 1 การกำหนดกรอบรูปแบบกิจกรรมการเรียนรู้

ขั้นที่ 2 การสร้างกิจกรรมการจัดการเรียนรู้และเครื่องมือในงานวิจัย

ขั้นที่ 3 การประเมินกิจกรรมการเรียนรู้และเครื่องมือในงานวิจัยโดยผู้เชี่ยวชาญ

ขั้นที่ 4 การหาคุณภาพเครื่องมือในงานวิจัย

ขั้นที่ 5 การปรับปรุงกิจกรรมการเรียนรู้ก่อนนำไปใช้

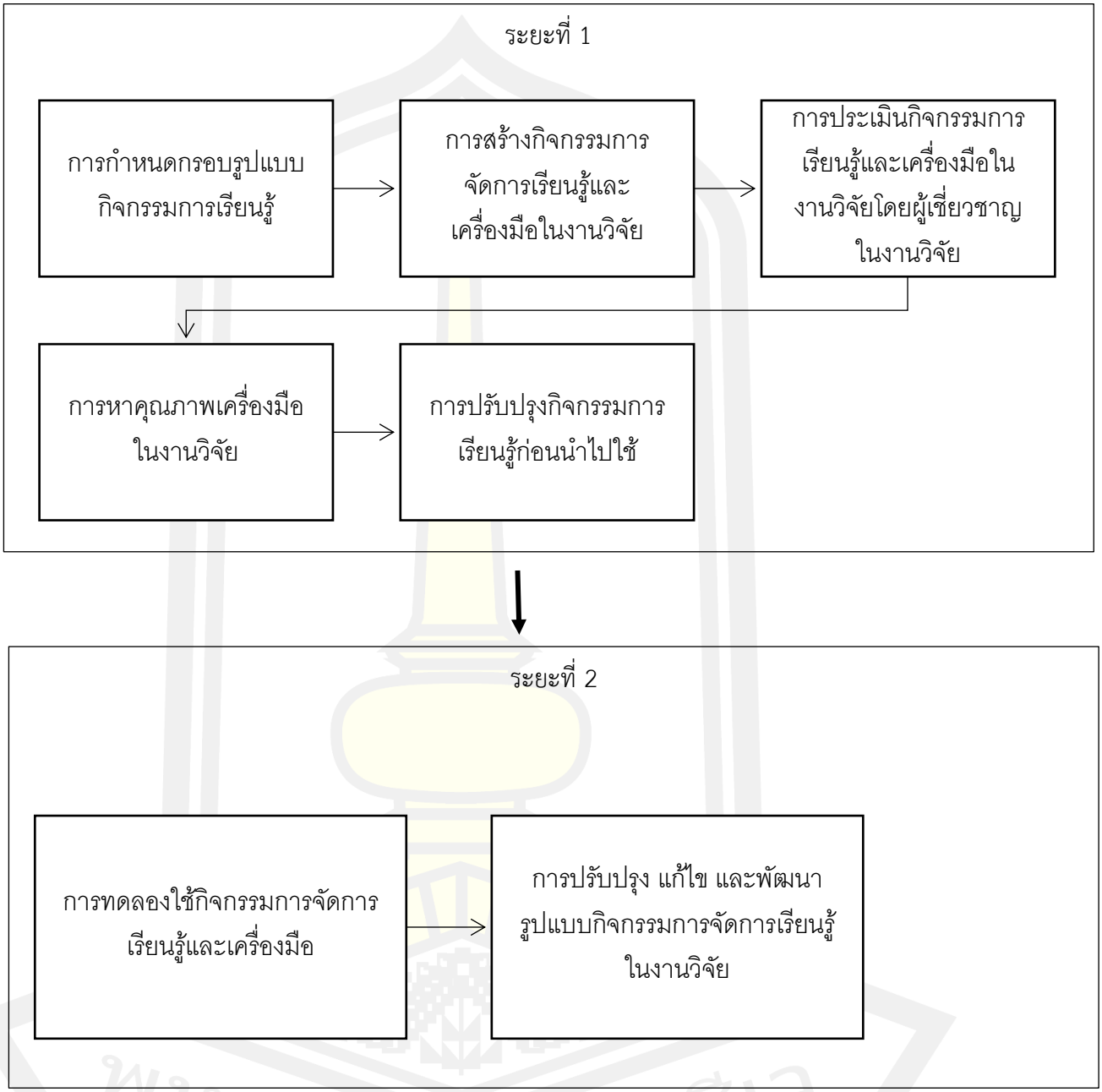
ระยะที่ 2 การทดลองใช้รูปแบบการเรียนการสอน ปรับปรุง แก้ไขและพัฒนารูปแบบกิจกรรมการจัดการเรียนรู้ มี 2 ขั้นตอน คือ

ขั้นที่ 1 การทดลองใช้กิจกรรมการจัดการเรียนรู้และเครื่องมือในงานวิจัย

ขั้นที่ 2 การปรับปรุง แก้ไข และพัฒนารูปแบบกิจกรรมการจัดการเรียนรู้

ขั้นที่ 3 การนำไปใช้จริง

รูปภาพ 1 แผนผังการดำเนินการวิจัยในระยะที่ 1


ระยะที่ 1
การกำหนดกรอบรูปแบบกิจกรรมการเรียนรู้
การสร้างกิจกรรมการจัดการเรียนรู้และเครื่องมือในงานวิจัย
การประเมินกิจกรรมการเรียนรู้และเครื่องมือในงานวิจัยโดยผู้เชี่ยวชาญในงานวิจัย
การหาคุณภาพเครื่องมือในงานวิจัย
การปรับปรุงกิจกรรมการเรียนรู้ก่อนนำไปใช้
ระยะที่ 2
การทดลองใช้กิจกรรมการจัดการเรียนรู้และเครื่องมือ
การปรับปรุง แก้ไข และพัฒนารูปแบบกิจกรรมการจัดการเรียนรู้ในงานวิจัย

ระยะที่ 1 การพัฒนากรอบรูปแบบกิจกรรมการเรียนรู้และการสร้างเครื่องมือในงานวิจัย

ขั้นที่ 1 การกำหนดกรอบรูปแบบกิจกรรมการเรียนรู้

เป็นขั้นตอนที่กำหนดกรอบแนวคิด กำหนดจุดประสงค์ในงานวิจัย รูปแบบการจัดการเรียนรู้ และการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง การดำเนินการของขั้นการกำหนดกรอบรูปแบบกิจกรรมการเรียนรู้ประกอบไปด้วย 5 ขั้นตอนการดำเนินการดังต่อไปนี้

1. การศึกษาหลักการ แนวคิดและรูปแบบการจัดการเรียนการสอนโดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน โดยใช้เอกสาร ตำรา และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2. ศึกษานิยาม ความหมายของแบบจำลอง รวมไปถึงการวัดและประเมินผลแบบจำลอง

3. การพัฒนารูปแบบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ซึ่งมี 3 ขั้นตอนย่อยได้แก่

3.1. ขั้นการเตรียมความพร้อมก่อนการจัดการเรียนการสอน โดยเตรียมความพร้อมของผู้เรียนดังนี้

3.1.1. การชี้แจงจุดประสงค์ของการจัดกิจกรรมการจัดการเรียนรู้

3.1.2. การแบ่งกลุ่มผู้เรียนตามความรู้ความสามารถโดยใช้แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการศึกษา

3.2. ขั้นการดำเนินการจัดการเรียนรู้ เป็นขั้นตอนที่ดำเนินการ ศึกษาเอกสาร งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับรูปแบบการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

3.2.1. ขั้นการสร้างแบบจำลอง เป็นขั้นตอนที่ครูผู้สอนเร้าความสนใจของผู้เรียนโดยใช้การตั้งคำถาม ข้อสังเกต และใช้สื่อการเรียนรู้อื่นๆ เพื่อกระตุ้นให้ผู้เรียนสร้างแบบจำลอง ผ่านการคิด วางแผน ค้นหาข้อมูลและอภิปรายเพื่อแก้ปัญหาที่ต้องการให้เรียนรู้ได้

3.2.2. ขั้นการประเมินแบบจำลอง เป็นขั้นตอนที่นักเรียนได้ทำการประเมินแบบจำลองของตนเองว่าแบบจำลองนั้นสามารถนำไปใช้อธิบายปัญหาที่ต้องการให้เรียนรู้ มีความถูกต้องเชิงเนื้อหาหรือไม่ โดยผ่านการอภิปรายและการศึกษาของผู้เรียน

3.2.3. ขั้นปรับปรุงและแก้ไขแบบจำลอง เป็นขั้นตอนที่นักเรียนได้ทำการแก้ไขแบบจำลองที่ผ่านขั้นประเมินแบบจำลองมาแล้ว

3.2.4. ขั้นการขยายแบบจำลอง เป็นขั้นตอนที่นักเรียนนำแบบจำลองที่นักเรียนสร้างขึ้นและผ่านการปรับปรุงแล้วไปใช้ในการอธิบายในปัญหาหรือสถานการณ์อื่นๆ รวมถึงตรวจสอบว่าแบบจำลองที่สร้างขึ้นนั้นสามารถใช้อธิบายในสถานการณ์อื่นได้หรือไม่

3.3. ขั้นการประเมินผล เป็นการประเมินผลการจัดการเรียนรู้ว่าเป็นไปตามวัตถุประสงค์หรือไม่ โดยในขั้นตอนนี้ได้มีการศึกษา ตำรา เอกสารเพื่อสร้างแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และแบบประเมินทักษะการสร้างแบบจำลอง

4. การกำหนดเนื้อหาสาระที่ใช้ในการเรียนการสอน ผู้วิจัยได้ทำการเลือกเนื้อหาวิชาชีววิทยา ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่องสารอาหารและสารเคมีในสิ่งมีชีวิต โดยประกอบไปด้วย 5 หัวข้อเรื่องย่อยได้แก่

4.1. โปรตีน

4.2. คาร์โบไฮเดรต

4.3. ไขมัน

4.4. กรดนิวคลีอิค

4.5. เอมไซม์

5. การกำหนดกลุ่มประชากร ผู้วิจัยได้ทำการเลือกกลุ่มประชากรโดยวิธีการสุ่มตัวอย่างตามสะดวก โดยได้กลุ่มประชากรคือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/7 โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยมหาสารคาม (ฝ่ายมัธยม)

ขั้นที่ 2 การสร้างกิจกรรมการจัดการเรียนรู้และเครื่องมือในงานวิจัย

การสร้างกิจกรรมการจัดการเรียนรู้และเครื่องมือในงานวิจัยสามารถแบ่งขั้นตอนออกเป็น 2 ช่วงคือ

1. การสร้างกิจกรรมการจัดการเรียนรู้ มีขั้นตอนการดำเนินการดังนี้

1.1. ศึกษาหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ศึกษาสาระและมาตรฐาน/ตัวชี้วัด กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

1.2. ศึกษาคู่มือการจัดการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เพื่อวิเคราะห์สาระสำคัญ จุดประสงค์การเรียนรู้ และเวลา ที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้

1.3. เขียนแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้กิจกรรมการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน จำนวน 5 แผน รวม 9 ชั่วโมง จัดการเรียนรู้นั้นมีความสอดคล้องกับเนื้อหา จุดประสงค์ตัวชี้วัด และเวลาที่ได้กำหนด ดังตารางที่ 1

1.4. นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษา เพื่อพิจารณาตรวจสอบความถูกต้องเหมาะสมของเนื้อหา สาระสำคัญ จุดประสงค์การเรียนรู้ และเวลาที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้ และนำแผนการจัดการเรียนรู้มาปรับปรุงตามข้อเสนอแนะของอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ดังนี้ ปรับปรุงให้จุดประสงค์การเรียนรู้ทั้งด้านความรู้ ด้านกระบวนการ และด้านคุณลักษณะให้มีความสอดคล้องกับสาระสำคัญ ทำการปรับปรุงสื่อการเรียนรู้ให้มีความเหมาะสมโดยเน้นให้สื่อการเรียนรู้นั้นเป็นของจริงหรือเป็นวีดีโอ ปรับปรุงขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ให้แต่ละขั้นมีความสอดคล้องกันมากขึ้น

ตาราง 14 ตารางแสดงเนื้อหา สาระสำคัญ จุดประสงค์ในการเรียนรู้และเวลาที่ใช้สอน

แผนการจัดการเรียนรู้	สาระสำคัญ	จุดประสงค์การเรียนรู้	เวลาที่ใช้สอน (ชม.)
โปรตีน	โปรตีนเกิดจากการเชื่อมต่อกันของกรดอะมิโน (amino acid) เป็นสายยาว ระหว่างกรดอะมิโนเชื่อมต่อกันด้วยพันธะเปปไทด์ (peptide) เกิดเป็นโพลีเปปไทด์ โดยโครงสร้างของโปรตีนนั้นประกอบไปด้วย 1. โครงสร้างปฐมภูมิ (primary sturcture) 2.โครงสร้างทุติยภูมิ (secondary structure) 3. โครงสร้างตติยภูมิ (tirtiary structure) 4.โครงสร้างจตุยภูมิ (quaternary structure)	**ด้านพุทธิพิสัย** 1.นักเรียนสามารถอธิบายถึงขั้นตอนการทดสอบโปรตีนได้ **ด้านทักษะพิสัย** 2.นักเรียนสามารถสร้างแบบจำลองโครงสร้างของโปรตีนแบบต่างๆได้ **ด้านจิตพิสัย** 3.นักเรียนมีความรับผิดชอบต่องานที่ได้รับมอบหมาย	2
คาร์โบไฮเดรต	คาร์โบไฮเดรต (carbohydrate) เป็นสารชีวโมเลกุลที่ทำหน้าที่สะสมพลังงาน ที่พบในชีวิตประจำวันทั่วไปได้แก่ น้ำตาล แป้ง เซลลูโลส และไกลโคเจน คาร์โบไฮเดรต คือสารประกอบพวกพอลิไฮดรอกซีแอลดีไฮด์ หรือพอลิไฮดรอกซีคีโตนมีสูตรเอมพิริคัลเป็น $C_n(H_2O)_m$ คาร์โบไฮเดรตแบ่งออกเป็น 3 ชนิด ได้แก่ 1. โมโนแซ็กคาไรด์ เป็นน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยวมีรสหวาน ผลึกสีขาว ละลายน้ำได้ดี 2.โอลิโกแซ็กคาไรด์ เกิดจากมอนอแซ็กคาไรด์ตั้งแต่ 2-10 โมเลกุลมีจับรวมกัน 3.โพลิแซ็กคาไรด์ เป็นน้ำตาลโมเลกุล	**ด้านพุทธิพิสัย** 1.นักเรียนสามารถอธิบายโครงสร้างของคาร์โบไฮเดรตแต่ละชนิดได้ **ด้านทักษะพิสัย** 2.นักเรียนสามารถสร้างแบบจำลองโครงสร้างโมเลกุลของคาร์โบไฮเดรต	2

แผนการจัดการเรียนรู้	สาระสำคัญ	จุดประสงค์การเรียนรู้	เวลาที่ใช้สอน (ชม.)
	ใหญ่ประกอบไปด้วย มอนอแซ็กคาไรด์หลายๆ โมเลกุลต่อด้วย พันธะไกลโคซิดิก	ได้ **ด้านจิตพิสัย** 3.นักเรียนมีความรับผิดชอบต่องานที่ได้รับมอบหมาย	
ไขมัน	ลิปิด (Lipid) คือ สารประกอบอินทรีย์ที่ได้จากเนื้อเยื่อพืชและสัตว์ เป็นสารที่ละลายในตัวทำละลายอินทรีย์ เป็น โมเลกุลโคเวเลนต์ไม่มีขั้ว เช่น เบนซีน เป็นสารที่ไม่ละลายน้ำ กรดไขมัน (Fatty acid) คือ กรดอินทรีย์ชนิดหนึ่งที่มีหมู่คาร์บอกซิลเป็นหมู่ฟังก์ชัน ส่วนมากมีจำนวน C อะตอม C_{12} - C_{18} มีจุดเดือดและจุด หลอมเหลวสูงขึ้นตามจำนวนคาร์บอนอะตอมที่เพิ่มขึ้น และกรดไขมันอิ่มตัวมีจุดเดือดสูงกว่า กรดไขมันไม่อิ่มตัว ที่มีมวลโมเลกุลใกล้เคียงกัน	**ด้านพุทธิพิสัย** 1.นักเรียนสามารถอธิบายโครงสร้างของไขมันได้ **ด้านทักษะพิสัย** 2.นักเรียนสามารถสร้างแบบจำลองโครงสร้างของไขมันได้ **ด้านจิตพิสัย** 3.นักเรียนมีความรับผิดชอบต่องานที่ได้รับมอบหมาย	2
กรดนิวคลีอิค	กรดนิวคลีอิก (Nucleic acid) เป็นสารชีวโมเลกุลที่มีขนาดใหญ่ทำหน้าที่เก็บและถ่ายทอดข้อมูลทางพันธุกรรมของสิ่งมีชีวิต จากรุ่นหนึ่งไปยังรุ่นต่อไป ให้แสดงลักษณะต่างๆ ของสิ่งมีชีวิต นอกจากนี้ยังทำหน้าที่ควบคุมการเจริญเติบโตและกระบวนการต่างๆ ของสิ่งมีชีวิตโดยโครงสร้าวประกอบด้วยหน่วยย่อยที่เรียกว่า นิวคลีโอไทด์ (Nucleotide) โมเลกุลของนิวคลีโอไทด์ประกอบด้วยส่วนย่อย 3	**ด้านพุทธิพิสัย** 1.นักเรียนสามารถอธิบายโครงสร้างของ DNA และ RNA ได้ **ด้านทักษะพิสัย** 2.นักเรียนสามารถสร้างแบบจำลอง	2

แผนการจัดการเรียนรู้	สาระสำคัญ	จุดประสงค์การเรียนรู้	เวลาที่ใช้สอน (ชม.)
	ส่วน ได้แก่ หมู่ฟอสเฟต น้ำตาลที่มีคาร์บอน 5 อะตอม และเบสที่มีไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบของนิวคลีโอไทด์ ประกอบกันเป็นนิวคลีโอไทด์ นิวคลีโอไทด์จะเรียงตัวต่อกันเป็นสายยาว เรียกว่า พอลินิวพลีโอไทด์ (Polynucleotide) และประกอบกันเป็นสาย DNA	โครงสร้าง DNA และ RNA ได้ **ด้านจิตพิสัย** 3.นักเรียนมีความรับผิดชอบต่องานที่ได้รับมอบหมาย	
เอมไซม์	เอนไซม์ (enzyme) คือ ตัวเร่งปฏิกิริยาชีวภาพ (biological catalyst) ที่ช่วยเร่งปฏิกิริยาทางชีวภาพให้มีอัตราการเกิดปฏิกิริยาสูงขึ้นประมาณ 10^6 ถึง 10^{12} เท่า และเอนไซม์ยังมีความจำเพาะเจาะจงต่อปฏิกิริยาสูงมาก คือ เอนไซม์จะเลือกทำปฏิกิริยากับโมเลกุลของสารตั้งต้นหรือสับสเตรท (substrate) บางชนิดเท่านั้นเอนไซม์จะมีบริเวณเร่ง (active site) ที่มีโครงสร้างเหมาะสมกับโครงสร้างโมเลกุลของสับสเตรท เหมือนกับลูกกุญแจที่มีโครงสร้างเหมาะสมกับแม่กุญแจ จึงจะไขแม่กุญแจได้พอดี ซึ่งเราเรียกทฤษฎีนี้ว่า ทฤษฎีแม่กุญแจ-ลูกกุญแจ (lock-and-key)	**ด้านพุทธิพิสัย** 1.นักเรียนสามารถอธิบายทฤษฎีการทำงานของเอมไซม์ได้ **ด้านทักษะพิสัย** 2.นักเรียนสามารถสร้างแบบจำลองหลักการทำงานของเอมไซม์ได้ **ด้านจิตพิสัย** 3.นักเรียนมีความรับผิดชอบต่องานที่ได้รับมอบหมาย	2
ทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน			

2. การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวัดและประเมินผลในงานวิจัย โดยเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยได้แก่ 1. แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน 2. แบบสัมภาษณ์การจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ใช้แบบจำลองเป็นฐาน 3. แบบประเมินคุณภาพของแบบจำลอง 4. แบบประเมินกระบวนการสร้างแบบจำลองด้านการสร้างและใช้แบบจำลอง และด้านการปรับปรุงและเปลี่ยนแบบจำลอง โดยแต่ละเครื่องมือมีขั้นตอนการดำเนินงานดังนี้

2.1. แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เป็นแบบปรนัยชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 40 ข้อ ใช้จริง 20 ข้อ มีขั้นตอนในการสร้างข้อสอบดังนี้

2.1.1. ศึกษาวิธีการสร้างแบบทดสอบปรนัยชนิดเลือกตอบ โดยใช้หนังสือการวัดและประเมินผลการเรียนรู้ (โชติกา ภาษีผล, 2559)

2.1.2. ศึกษาเนื้อหาและจุดประสงค์การเรียนรู้ เรื่องสารอาหารและสารเคมีในสิ่งมีชีวิต ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

2.1.3. กำหนดจำนวนข้อสอบให้สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้ที่ตั้งไว้ดังตาราง

ตาราง 15 ตารางแสดงเนื้อหาและจุดประสงค์ในการสร้างแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

เนื้อหา	**จุดประสงค์**	**จำนวนข้อสอบ**	
		ทั้งหมด	**ใช้จริง**
1.โปรตีน	-นักเรียนสามารถบอกถึงโครงสร้างของโปรตีนได้ -นักเรียนสามารถอธิบายโครงสร้างของโปรตีนประเภทได้	8	4
2. คาร์โบไฮเดรต	-นักเรียนสามารถบอกถึงประเภทของคาร์โบไฮเดรตได้ -นักเรียนสามารถอธิบายโครงสร้างของคาร์โบไฮเดตรแต่ละประเภทได้	8	4
3.ไขมัน	-นักเรียนสามารถบอกประเภทของไขมันชนิดต่างๆได้ -นักเรียนสามารถอธิบายโครงสร้างและคุณสมบัติของไขมันได้	8	4
4.กรดนิวคลีอิค	นักเรียนความสามรถอธิบายโครงสร้างของ DNA ได้ นักเรียนสามารถบอกถึงคุณสมบัติของ DNA ได้ -นักเรียนสามารถบอกความแตกต่างของ DNA และ RNA ได้	8	4
5.เอมไซม์	-นักเรียนสามารถบอกถึงปัจจัยที่มีผลต่อการทำงานของเอมไซม์ได้ -นักเรียนสามารถบอกถึงทฤษฎีการทำงานของเอมไซม์ได้	8	4
รวม		40	20

2.1.4. สร้างแบบทดสอบให้ครอบคลุมจุดประสงค์การเรียนรู้ที่กำหนดไว้

2.1.5. นำแบบทดสอบเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษา เพื่อพิจารณาตรวจสอบความถูกต้อง เหมาะสม ความสอดคล้อง และความครอบคลุมกับจุดประสงค์การเรียนรู้

2.1.6. ปรับปรุงแบบทดสอบตามข้อเสนอแนะของอาจารย์ที่ปรึกษา โดยปรับปรุงตามข้อเสนอแนะของอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ดังนี้ ปรับปรุงให้แบบทดสอบครอบคลุมทฤษฎีการเรียนรู้ของบลูม

2.2. แบบสัมภาษณ์การจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ใช้แบบจำลองเป็นฐาน

2.2.1. ศึกษาการสร้างแบบสัมภาษณ์ โดยใช้หนังสือ การวัดและประเมินผล (โชติกา ภาษีผล, 2559)

2.2.2. ทำการสร้างแบบสัมภาษณ์ชนิดกึ่งโครงสร้าง โดยใช้หนังสือการวัดและประเมินผล เป็นแหล่งอ้างอิง

2.2.3. นำแบบสัมภาษณ์ เสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษา เพื่อพิจารณาตรวจสอบความถูกต้อง เหมาะสม และความชัดเจนของคำถาม โดยปรับปรุงตามข้อเสนอแนะของอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ดังนี้ ปรับปรุงให้มีความคิดเห็นเกี่ยวกับข้อดีและข้อเสียของแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน รวมไปถึงกิจกรรมที่นักเรียนชอบมากที่สุดในกระบวนการจัดการเรียนรู้

2.2.4. ทำการปรับปรุงแบบสัมภาษณ์ ตามข้อเสนอแนะของอาจารย์ที่ปรึกษา

2.3. แบบประเมินคุณภาพของแบบจำลอง

2.3.1. ศึกษาการสร้างแบบประเมินคุณภาพของแบบจำลอง โดยใช้หนังสือ Assessment in Science “The Multidimensional Assessment of Student Performance in Middle School Science” (Jackson, 2001)

2.3.2. ทำการสร้างแบบประเมินคุณภาพของแบบจำลองตามแนวทางของ Jackson

2.3.3. นำแบบประเมินคุณภาพของแบบจำลอง เสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษา เพื่อพิจารณาตรวจสอบความถูกต้อง เหมาะสม และความชัดเจนของคำถาม

2.3.4. ทำการปรับปรุงแบบประเมินคุณภาพของแบบจำลอง ตามข้อแนะนำของอาจารย์ที่ปรึกษา โดยปรับปรงตามข้อเสนอแนะของอาจารย์ที่ปรึกษาดังนี้ ปรับปรุงเกณฑ์คะแนนให้มีความชัดเจนมากขึ้น มีการให้คะแนนเกี่ยวกับความสวยงามของแบบจำลอง

2.4. แบบประเมินกระบวนการสร้างแบบจำลองด้านการสร้างและใช้แบบจำลองและด้านการปรับปรุงและเปลี่ยนแบบจำลอง

2.4.1. ศึกษาการสร้างแบบประเมินกระบวนการสร้างแบบจำลองด้านการสร้างและใช้แบบจำลอง และด้านการปรับปรุงและเปลี่ยนแบบจำลอง โดยใช้วารสาร Developing a learning progression for scientific modeling: Making scientific modeling accessible and meaningful for learner (Christina V. Schwarz et al., 2009)

2.4.2. ทำการสร้างแบบประเมินกระบวนการด้านการสร้างและใช้แบบจำลอง และด้านการปรับปรุงและเปลี่ยนแปลงแบบจำลอง โดยใช้เกณฑ์การประเมินแบบรูบริคของ Schwarz

2.4.3. นำแบบประเมินกระบวนการสร้างแบบจำลองด้านการสร้างและใช้แบบจำลอง และด้านการปรับปรุงและเปลี่ยนแบบจำลอง เสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษา เพื่อพิจารณาตรวจสอบความถูกต้อง เหมาะสม และความชัดเจนของคำถาม

ขั้นที่ 3 การประเมินกิจกรรมการเรียนรู้และเครื่องมือในงานวิจัยโดยผู้เชี่ยวชาญ

เป็นขั้นตอนการประเมินคุณภาพและความสอดคล้องของแผนการจัดการเรียนรู้และเครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัยโดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 คน ดังนี้

1. อาจารย์ ดร.วุฒิศักดิ์ บุญแน่น รองผู้อำนวยการฝ่ายวิชาการ โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยมหาสารคาม (ฝ่ายมัธยม)

2. นางณิชาพัฒณ์ จิรพันธุ์กุลชาติ ครูผู้สอนวิชาชีววิทยยา โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยมหาสารคาม (ฝ่ายมัธยม)

3. นางเสาวลักษณ์ นิลโคตร หัวหน้าฝ่ายประกันคุณภาพและประเมินผล โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยมหาสารคาม (ฝ่ายมัธยม)

4. อาจารย์ ดร.มนตรี วงษ์สะพาน อาจารย์คณะศึกษาศาสตร์ ภาควิชาหลักสูตรและการสอน มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

5. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุรีย์พร สว่างเมฆ อาจารย์คณะศึกษาศาสตร์ ภาควิชาการศึกษา มหาวิทยาลัยนเรศวร

เครื่องมือที่ให้ผู้เชี่ยวชาญประเมินนั้นประกอบไปด้วย

1.แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง สารอาหารและสารเคมีในสิ่งมีชีวิต

2.แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง สารอาหารและสารเคมีในสิ่งมีชีวิต

3.แบบประเมินคุณภาพของแบบจำลอง

4.แบบประเมินกระบวนการสร้างแบบจำลองด้านการสร้างและการใช้แบบจำลอง

5.แบบประเมินกระบวนการสร้างแบบจำลองด้านการปรับปรุงและเปลี่ยนแปลงแบบจำลอง

6.แบบสัมภาษณ์

ในการดำเนินการประเมินคุณภาพของผู้เชี่ยวชาญนั้นมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง สารอาหารและสารเคมีในสิ่งมีชีวิต

1.1. จัดทำเอกสารที่ผ่านการปรับปรุงตามข้อเสนอของอาจารย์ที่ปรึกษา

1.2. จัดทำแบบประเมินคุณภาพและแบบประเมินความสอดคล้องเชิงวัตถุประสงค์เพื่อส่งให้ผู้เชี่ยวชาญ โดยกำหนดคะแนนคุณภาพเป็น 5 ระดับ และกำหนดคะแนนความสอดคล้องเชิงวัตถุประสงค์ดังนี้

+1 เมื่อ คำถามนั้นวัดได้ตรงตามจุดประสงค์
0 เมื่อ ไม่แน่ใจว่าคำถามวัดได้ตรงตามจุดประสงค์
-1 เมื่อ คำถามนั้นวัดไม่ตรงตามจุดประสงค์

2. แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง สารอาหารและสารเคมีในสิ่งมีชีวิต

2.1. จัดทำเอกสารที่ผ่านการปรับปรุงตามข้อเสนอของอาจารย์ที่ปรึกษา

2.2. จัดทำแบบแบบประเมินความสอดคล้องเชิงวัตถุประสงค์เพื่อส่งให้ผู้เชี่ยวชาญโดยกำหนดคะแนนความสอดคล้องเชิงวัตถุประสงค์ดังนี้

+1 เมื่อ คำถามนั้นวัดได้ตรงตามจุดประสงค์
0 เมื่อ ไม่แน่ใจว่าคำถามวัดได้ตรงตามจุดประสงค์
-1 เมื่อ คำถามนั้นวัดไม่ตรงตามจุดประสงค์

3. แบบประเมินคุณภาพของแบบจำลอง

3.1. จัดทำแบบประเมินคุณภาพของแบบจำลองที่ผ่านการปรับปรุงตามข้อเสนอของอาจารย์ที่ปรึกษา

3.2. จัดทำแบบประเมินคุณภาพเพื่อส่งให้ผู้เชี่ยวชาญ โดยกำหนดคะแนนคุณภาพเป็น 5 ระดับ โดยมีเกณฑ์ดังนี้

5 หมายถึง คุณภาพดีมาก
4 หมายถึง คุณภาพดี
3 หมายถึง คุณภาพพอใช้
2 หมายถึง คุณภาพต่ำ
1 หมายถึง คุณภาพต่ำมาก

3.3. ผู้เชี่ยวชาญทำการประเมินแบบประเมินคุณภาพของแบบจำลอง

4. แบบประเมินกระบวนการสร้างแบบจำลองด้านการสร้างและการใช้แบบจำลอง

4.1. จัดทำแบบประเมินกระบวนการสร้างแบบจำลองด้านการสร้างและการใช้แบบจำลองที่ผ่านการปรับปรุงตามข้อเสนอของอาจารย์ที่ปรึกษา

4.2. จัดทำแบบประเมินคุณภาพเพื่อส่งให้ผู้เชี่ยวชาญ โดยกำหนดคะแนนคุณภาพเป็น 5 ระดับ โดยมีเกณฑ์ดังนี้

5	หมายถึง	คุณภาพดีมาก
4	หมายถึง	คุณภาพดี
3	หมายถึง	คุณภาพพอใช้
2	หมายถึง	คุณภาพต่ำ
1	หมายถึง	คุณภาพต่ำมาก

4.3. ผู้เชี่ยวชาญทำการประเมินแบบประเมินกระบวนการสร้างแบบจำลองด้านการสร้างและการใช้แบบจำลอง

5. แบบประเมินกระบวนการสร้างแบบจำลองด้านการปรับปรุงและเปลี่ยนแปลงแบบจำลอง

5.1. จัดทำแบบประเมินกระบวนการสร้างแบบจำลองด้านการปรับปรุงและเปลี่ยนแปลงแบบจำลองที่ผ่านการปรับปรุงตามข้อเสนอของอาจารย์ที่ปรึกษา

5.2. จัดทำแบบประเมินคุณภาพเพื่อส่งให้ผู้เชี่ยวชาญ โดยกำหนดคะแนนคุณภาพเป็น 5 ระดับ โดยมีเกณฑ์ดังนี้

5	หมายถึง	คุณภาพดีมาก
4	หมายถึง	คุณภาพดี
3	หมายถึง	คุณภาพพอใช้
2	หมายถึง	คุณภาพต่ำ
1	หมายถึง	คุณภาพต่ำมาก

5.3. ผู้เชี่ยวชาญทำการประเมินแบบประเมินกระบวนการสร้างแบบจำลองด้านการปรับปรุงและเปลี่ยนแปลงแบบจำลอง

6. แบบสัมภาษณ์

6.1. จัดทำแบบสัมภาษณ์ที่ผ่านการปรับปรุงตามข้อเสนอของอาจารย์ที่ปรึกษา

6.2. จัดทำแบบประเมินคุณภาพเพื่อส่งให้ผู้เชี่ยวชาญ โดยกำหนดคะแนนคุณภาพเป็น 5 ระดับ โดยมีเกณฑ์ดังนี้

5	หมายถึง	คุณภาพดีมาก
4	หมายถึง	คุณภาพดี
3	หมายถึง	คุณภาพพอใช้
2	หมายถึง	คุณภาพต่ำ
1	หมายถึง	คุณภาพต่ำมาก

6.3. ผู้เชี่ยวชาญทำการประเมินแบบสัมภาษณ์

ขั้นที่ 4 การหาคุณภาพเครื่องมือในงานวิจัย

การหาคุณภาพเครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัยเป็นการรวบรวมคะแนนจากแบบประเมินคุณภาพและแบบประเมินความสอดคล้องดังนี้

1. แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง สารอาหารและสารเคมีในสิ่งมีชีวิต

1.1. นำผลการประเมินความเที่ยงตรงเชิงวัตถุประสงค์ และระดับคุณภาพของแผนการจัดการเรียนรู้มาหาค่าเฉลี่ยเทียบกับเกณฑ์ระดับคุณภาพของแผนการจัดการเรียนรู้ ดังนี้

ค่าเฉลี่ยระดับคุณภาพของแผนการจัดการเรียนรู้

ค่าเฉลี่ย	4.51-5.00	หมายถึง มีคุณภาพดีมาก
ค่าเฉลี่ย	3.51-4.50	หมายถึง มีคุณภาพดี
ค่าเฉลี่ย	2.51-3.50	หมายถึง มีคุณภาพพอใช้
ค่าเฉลี่ย	1.51-2.50	หมายถึง มีคุณภาพค่อนข้างต่ำ
ค่าเฉลี่ย	1.00-1.50	หมายถึง มีคุณภาพต่ำมากหรือควรปรับปรุง

ค่าเฉลี่ยดัชนีความสอดคล้องเชิงวัตถุประสงค์

ค่าเฉลี่ย	-1	ถึง 0.49	หมายถึง ไม่สอดคล้อง ไม่สามารถนำไปใช้ได้ควรปรับปรุง
ค่าเฉลี่ย	0.50	ถึง 1	หมายถึง สอดคล้อง สามารถนำไปใช้ได้

1.2. กำหนดระดับคุณภาพของแผนการจัดการเรียนรู้ต้องมีค่า 3.51 ขึ้นไป และคะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญโดยค่าดัชนีความสอดคล้องเชิงวัตถุประสงค์ที่ยอมรับได้ต้องมีค่าตั้งแต่ 0.6 ขึ้นไป

1.3. ทำการหาค่าเฉลี่ยระดับคุณภาพของแผนการจัดการเรียนรู้และค่าดัชนีความสอดคล้องเชิงวัตถุประสงค์ได้ดังนี้

ตาราง 16 *ค่าเฉลี่ยระดับคุณภาพของแผนการจัดการเรียนรู้และค่าดัชนีความสอดคล้องเชิงวัตถุประสงค์*

แผนการจัดการเรียนรู้	คะแนนเฉลี่ย	
	ระดับคุณภาพ	ค่าดัชนีความสอดคล้องเชิงวัตถุประสงค์
โปรตีน	4.56	0.8
คาร์โบไฮเดรต	4.56	0.8
ไขมัน	4.56	0.8
กรดนิวคลีอิค	4.56	0.8
เอมไซม์	4.56	0.8
เฉลี่ย	4.56	0.8

1.4. ทำการตีความค่าเฉลี่ยระดับคุณภาพของแผนการจัดการเรียนรู้และค่าดัชนีความสอดคล้องเชิงวัตถุประสงค์ได้ดังนี้

1.4.1. ระดับคุณภาพของแผนจัดการเรียนรู้

1.4.1.1. โปรตีน มีระดับคุณภาพดีมาก

1.4.1.2. คาร์โบไฮเดรต มีระดับคุณภาพดีมาก

1.4.1.3. ไขมัน มีระดับคุณภาพดีมาก

1.4.1.4. กรดนิวคลีอิค มีระดับคุณภาพดีมาก

1.4.1.5. เอมไซม์ มีระดับคุณภาพดีมาก

1.4.2. ค่าดัชนีความสอดคล้องเชิงวัตถุประสงค์

1.4.2.1. โปรตีน สอดคล้อง สามารถนำไปใช้ได้

1.4.2.2. คาร์โบไฮเดรต สอดคล้อง สามารถนำไปใช้ได้

1.4.2.3. ไขมัน สอดคล้อง สามารถนำไปใช้ได้

1.4.2.4. กรดนิวคลีอิค สอดคล้อง สามารถนำไปใช้ได้

1.4.2.5. เอมไซม์ สอดคล้อง สามารถนำไปใช้ได้

2. แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง สารอาหารและสารเคมีในสิ่งมีชีวิต

2.1. นำผลการประเมินความเที่ยงตรงเชิงวัตถุประสงค์มาหาค่าเฉลี่ยเทียบกับเกณฑ์ระดับคุณภาพของแผนการจัดการเรียนรู้ ดังนี้

ค่าเฉลี่ยดัชนีความสอดคล้องเชิงวัตถุประสงค์

ค่าเฉลี่ย -1 ถึง 0.49 หมายถึง ไม่สอดคล้อง ไม่สามารถนำไปใช้ได้ควรปรับปรุง

ค่าเฉลี่ย 0.50 ถึง 1 หมายถึง สอดคล้อง สามารถนำไปใช้ได้

ตาราง 17 แสดงค่าเฉลี่ยดัชนีความสอดคล้องเชิงวัตถุประสงค์ของแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชื่อ สาอาหารและสารเคมีในสิ่งมีชีวิต

ข้อที่	คะแนนจากผู้เชี่ยวชาญ					เฉลี่ย	ข้อที่	คะแนนจากผู้เชี่ยวชาญ					เฉลี่ย
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5			คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5	
1	+1	+1	+1	+1	+1	1.00	21	-1	-1	0	-1	-1	-0.8
2	+1	+1	+1	+1	+1	1.00	22	+1	+1	+1	+1	+1	1.00
3	+1	+1	-1	+1	+1	0.60	23	+1	+1	+1	+1	+1	1.00
4	+1	+1	+1	+1	+1	1.00	24	0	+1	+1	0	0	0.40
5	+1	+1	+1	+1	+1	1.00	25	+1	+1	+1	+1	+1	1.00
6	+1	0	+1	+1	0	0.60	26	+1	+1	+1	+1	+1	1.00
7	+1	+1	+1	+1	+1	1.00	27	+1	+1	+1	+1	+1	1.00
8	+1	+1	+1	+1	+1	1.00	28	+1	+1	+1	+1	+1	1.00

ข้อที่	คะแนนจากผู้เชี่ยวชาญ					เฉลี่ย	ข้อที่	คะแนนจากผู้เชี่ยวชาญ					เฉลี่ย
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5			คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5	
9	+1	+1	+1	+1	+1	1.00	29	+1	0	+1	0	0	0.40
10	+1	+1	+1	+1	+1	1.00	30	+1	+1	0	+1	+1	0.80
11	+1	+1	+1	+1	+1	1.00	31	-1	0	0	+1	0	0.00
12	+1	+1	0	+1	+1	0.80	32	+1	+1	+1	+1	+1	1.00
13	+1	+1	0	+1	+1	0.80	33	0	0	+1	+1	0	0.40
14	+1	+1	+1	+1	+1	1.00	34	0	+1	+1	+1	0	0.60
15	+1	+1	+1	+1	+1	1.00	35	+1	+1	+1	+1	0	0.80
16	+1	+1	0	0	+1	0.60	36	+1	+1	+1	+1	+1	1.00
17	+1	+1	+1	+1	0	0.80	37	+1	+1	+1	+1	+1	1.00
18	+1	+1	+1	+1	+1	1.00	38	+1	+1	+1	+1	+1	1.00
19	-1	0	0	+1	-1	-0.2	39	0	+1	+1	+1	+1	0.80
20	+1	+1	+1	+1	+1	1.00	40	+1	+1	+1	+1	+1	1.00

2.2. คัดเลือกข้อคำถามที่มีค่าเฉลี่ยดัชนีความสอดคล้องเชิงวัตถุประสงค์ที่มีค่ามากกว่า 0.50 ขึ้นไปเพื่อนำไปทดลองใช้ต่อไป

3. แบบประเมินคุณภาพของแบบจำลอง

3.1. นำผลการประเมินระดับคุณภาพของแบบประเมินคณภาพของแบบจำลองมาหาค่าเฉลี่ยเทียบกับเกณฑ์ระดับคุณภาพ ดังนี้

ค่าเฉลี่ยระดับคุณภาพของแผนการจัดการเรียนรู้

ค่าเฉลี่ย 4.51-5.00 หมายถึง มีคุณภาพดีมาก

ค่าเฉลี่ย 3.51-4.50 หมายถึง มีคุณภาพดี

ค่าเฉลี่ย 2.51-3.50 หมายถึง มีคุณภาพพอใช้

ค่าเฉลี่ย 1.51-2.50 หมายถึง มีคุณภาพค่อนข้างต่ำ

ค่าเฉลี่ย 1.00-1.50 หมายถึง มีคุณภาพต่ำมากหรือควรปรับปรุง

3.2. ทำการหาค่าเฉลี่ยระดับคุณภาพของแบบประเมินคุณภาพของแบบจำลองได้ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.8 หมายถึง มีคุณภาพดีมาก สามารถใช้ได้

4. แบบประเมินกระบวนการสร้างแบบจำลองด้านการสร้างและการใช้แบบจำลอง

4.1. นำผลการประเมินระดับคุณภาพของแบบประเมินกระบวนการสร้างแบบจำลองด้านการสร้างและการใช้แบบจำลองมาหาค่าเฉลี่ยเทียบกับเกณฑ์ระดับคุณภาพ ดังนี้

ค่าเฉลี่ยระดับคุณภาพของแผนการจัดการเรียนรู้

ค่าเฉลี่ย 4.51-5.00 หมายถึง มีคุณภาพดีมาก

ค่าเฉลี่ย 3.51-4.50 หมายถึง มีคุณภาพดี

ค่าเฉลี่ย 2.51-3.50 หมายถึง มีคุณภาพพอใช้

ค่าเฉลี่ย 1.51-2.50 หมายถึง มีคุณภาพค่อนข้างต่ำ

ค่าเฉลี่ย 1.00-1.50 หมายถึง มีคุณภาพต่ำมากหรือควรปรับปรุง

4.2. ทำการหาค่าเฉลี่ยระดับคุณภาพของแบบประเมินกระบวนการสร้างแบบจำลองด้านการสร้างและการใช้แบบจำลองได้ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.8 หมายถึง มีคุณภาพดีมาก สามารถใช้ได้

5. แบบประเมินกระบวนการสร้างแบบจำลองด้านการปรับปรุงและเปลี่ยนแปลงแบบจำลอง

5.1. นำผลการประเมินระดับคุณภาพของแบบประเมินกระบวนการสร้างแบบจำลองด้านการปรับปรุงและเปลี่ยนแปลงแบบจำลองมาหาค่าเฉลี่ยเทียบกับเกณฑ์ระดับคุณภาพ ดังนี้

ค่าเฉลี่ยระดับคุณภาพของแผนการจัดการเรียนรู้

ค่าเฉลี่ย 4.51-5.00 หมายถึง มีคุณภาพดีมาก

ค่าเฉลี่ย 3.51-4.50 หมายถึง มีคุณภาพดี

ค่าเฉลี่ย 2.51-3.50 หมายถึง มีคุณภาพพอใช้

ค่าเฉลี่ย 1.51-2.50 หมายถึง มีคุณภาพค่อนข้างต่ำ

ค่าเฉลี่ย 1.00-1.50 หมายถึง มีคุณภาพต่ำมากหรือควรปรับปรุง

5.2. ทำการหาค่าเฉลี่ยระดับคุณภาพของแบบประเมินกระบวนการสร้างแบบจำลองด้านการปรับปรุงและเปลี่ยนแปลงแบบจำลอง ได้ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.8 หมายถึง มีคุณภาพดีมาก สามารถใช้ได้

ขั้นที่ 5 การปรับปรุงกิจกรรมการเรียนรู้ก่อนนำไปใช้

เป็นขั้นตอนที่นำคำเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญที่ได้ตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัยมาปรับปรุงก่อนที่จะนำไปทดลองใช้ต่อไปซึ่งได้มีการปรับปรุงดังนี้

1. แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง สารอาหารและสารเคมีในสิ่งมีชีวิต

1.1. จากที่ผู้เชี่ยวชาญประเมินแผนการจัดการเรียนรู้แต่ละแผนการจัดการเรียนรู้ และมีการให้คำแนะนำเพื่อปรับปรุงดังนี้ ปรับปรุงเกณฑ์ประเมินด้านคุณลักษณะให้มีความชัดเจนมากขึ้น ปรับปรุงเกณฑ์การประเมินแบบรูบริคด้านความรู้ให้มีความชัดเจนมากขึ้น กำหนดเวลาในแต่ละขั้นตอนของแผนการจัดการเรียนรู้ให้เหมาะสม ปรับปรุงการนำเสนอผลงานของนักเรียนในขั้นตอนการประเมินแบบจำลองให้มีความเหมาะสม และปรับแก้คำผิด

1.2. ปรับปรุงเกณฑ์ประเมินด้านคุณลักษณะให้มีความชัดเจนมากขึ้น คือ การกำหนดการส่งงานเป็น 1.ส่งงานได้ทันเวลาที่กำหนด 2.ส่งงานทันเวลาที่กำหนด 3.ไม่ส่งงาน

1.3. ปรับปรุงเกณฑ์การประเมินแบบรูบริคด้านความรู้ให้มีความชัดเจนมากขึ้น คือ ระบุพฤติกรรมที่สังเกตได้ เช่น นักเรียนอธิบายขั้นตอนกระบวนการทดสอบโปรตีนได้ครบทุกขั้นตอน มีผลการทดลอง มีการใช้แผนภาพในการอธิบาย มีรูปภาพประกอบ

1.4. กำหนดเวลาในแต่ละขั้นตอนของแผนการจัดการเรียนรู้ให้เหมาะสม โดยปรับเวลาที่ใช้ในการสร้างแบบจำลองให้มากขึ้น และลดเวลาในขั้นตอนนำเข้าสู่บทเรียน

1.5. ปรับปรุงการนำเสนอผลงานของนักเรียนในขั้นตอนการประเมินแบบจำลองให้มีความเหมาะสม โดยให้นักเรียนนำเสนองานมากกว่า 1 กลุ่ม

2. แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง สารอาหารและสารเคมีในสิ่งมีชีวิต

2.1. จากการที่ผู้เชี่ยวชาญทำการประเมินแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และผู้เชี่ยวชาญมีข้อเสนอแนะเพื่อปรับปรุงดังนี้ การใช้คำในตัวเลือกควรใช้เป็นภาษาเดียวกันทั้งหมด ตัวเลือกตอบต้องมีความชัดเจนและกระชับ และแก้ไขคำผิด

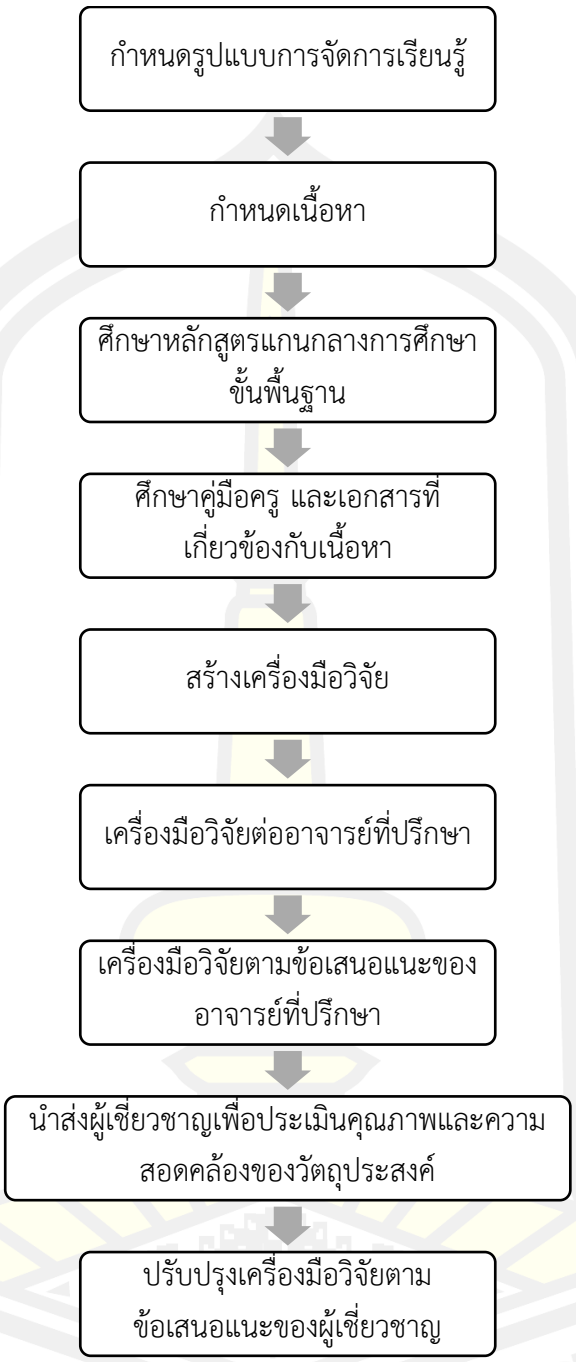
2.2. ปรับเปลี่ยนให้ข้อคำถามเป็นภาษาเดียวกัน เลือกใช้คำที่กระชับ และแก้ไขคำผิด

3. แบบประเมินคุณภาพของแบบจำลอง

3.1. ปรับปรุงการกำหนดพฤติกรรมนักเรียนดังนี้ ระบุปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นได้อย่างถูกต้อง มีการระบุตัวแปรในการทดลอง มีการใช้ไดอะแกรมและไดอะแกรมมีความถูกต้องสมบูรณ์ ระบุผลการทดลองชัดเจน

รูปภาพ 2 ขั้นตอนการสร้างแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

พหูนํ ปณฺ ฑิโต ชีเว



ระยะที่ 2 การทดลองใช้รูปแบบการเรียนการสอน ปรับปรุง แก้ไขและพัฒนารูปแบบกิจกรรมการจัดการเรียนรู้

ขั้นที่ 1 การทดลองใช้กิจกรรมการจัดการเรียนรู้และเครื่องมือในงานวิจัย

เป็นขั้นตอนที่นำเครื่องมือที่ผ่านการปรับปรุงแล้วไปทดลองใช้กับกลุ่มตัวอย่างที่ใกล้เคียงกับกลุ่มประชากรเป้าหมาย โดยกลุ่มตัวอย่างที่ใช้คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/3 โรงเรียนสาธิต

มหาวิทยาลัยมหาสารคาม (ฝ่ายมัธยม) จากนั้นทำการสังเกตผลและวิเคราะห์ปัญหาที่เกิดขึ้นในการใช้เครื่องมือเพื่อที่จะปรับปรุงต่อไป นอกจากนี้ยังทำการวิเคราะห์หาคุณภาพของแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน โดยในขั้นนี้สามารถแบ่งออกเป็น 2 ขั้นย่อยดังนี้

1. การสังเกตผลและวิเคราะห์ปัญหาที่เกิดขึ้น

1.1. แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง สารอาหารและสารเคมีในสิ่งมีชีวิต

1.1.1. จากการทดลองใช้แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง สารอาหารและสารเคมีในสิ่งมีชีวิตพบปัญหาดังนี้ เวลาที่ใช้ในแต่ละขั้นของการสอนไม่เหมาะสมทำให้การจัดการเรียนรู้ไม่เป็นไปตามเวลาที่กำหนดไว้

1.2. แบบประเมินคุณภาพของแบบจำลอง

1.2.1. จากการทดลองใช้แบบประเมินคุณภาพของแบบจำลองไม่พบปัญหา

1.3. แบบประเมินกระบวนการสร้างแบบจำลองด้านการสร้างและการใช้แบบจำลอง

1.3.1. จากการทดลองใช้แบบประเมินกระบวนการสร้างแบบจำลองด้านการสร้างและการใช้แบบจำลองพบปัญหาคือไม่สามารถ ทำการประเมินผู้เรียนได้ทันเวลาที่กำหนดไว้ เนื่องจากสัดส่วนของนักเรียนต่อผู้ประเมินนั้นมีมากเกินไป

1.4. แบบประเมินกระบวนการสร้างแบบจำลองด้านการปรับปรุงและเปลี่ยนแปลงแบบจำลอง

1.4.1. จากการทดลองใช้แบบประเมินกระบวนการสร้างแบบจำลองด้านการปรับปรุงและเปลี่ยนแปลงแบบจำลองพบปัญหาดังนี้ ทำการประเมินผู้เรียนได้ไม่ทันเวลาที่กำหนดไว้ เนื่องจากสัดส่วนของนักเรียนต่อผู้ประเมินนั้นมีมากเกินไป

2. การวิเคราะห์หาคุณภาพของแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

2.1. จากการนำแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนไปทดลองใช้และนำคะแนนที่ได้จากแบบทดสอบมาวิเคราะห์หาค่าความยาก (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) เป็นรายข้อ โดยค่าความยากที่วิเคราะห์ได้มีค่าอยู่ระหว่าง 0.38 – 0.79 และค่าอำนาจจำแนกที่วิเคราะห์ได้มีค่าอยู่ระหว่าง 0.00 – 0.46 จากนั้นทำการคัดเลือกแบบทดสอบที่มีค่าความยากระหว่าง 0.39 – 0.79 และค่าอำนาจจำแนก 0.20 ขึ้นไป

2.2. ดำเนินการหาความเชื่อมั่นของแบบทดสอบโดยใช้วิธีทดสอบซ้ำ (Test-Retest Reliability) โดยมีค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบเท่ากับ 0.94

ขั้นที่ 2 การปรับปรุง แก้ไข และพัฒนารูปแบบกิจกรรมการจัดการเรียนรู้

เป็นขั้นตอนการศึกษาหาวิธีการแก้ไขปัญหาที่พบในการทดลองใช้ จากนั้นทำการปรับปรุงและพัฒนาเครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัยก่อนที่จะทำไปใช้เก็บรวบรวมข้อมูลจริงต่อไป โดยมีรายละเอียดดังนี้

1. แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง สารอาหารและสารเคมีในสิ่งมีชีวิต

1.1. จากปัญหาของแผนการจัดการเรียนรู้ที่พบคือเวลาที่ใช้ในแต่ละขั้นของการสอนไม่เหมาะสมทำให้การจัดการเรียนรู้ไม่เป็นไปตามเวลาที่กำหนดไว้ ผู้วิจัยได้ศึกษาหาแนวทางการแก้ไขปัญหาและได้ทำการปรับปรุงคือ กำหนดในแต่ละขั้นตอนให้มีเวลาที่ชัดเจน และมีนาฬิกาจับเวลาเพื่อให้นักเรียนได้รู้เวลา พร้อมกับเตือนนักเรียนเป็นระยะ

2. แบบประเมินกระบวนการสร้างแบบจำลองด้านการสร้างและการใช้แบบจำลอง

2.1. จากปัญหาของแบบประเมินกระบวนการสร้างแบบจำลองด้านการสร้างและการใช้แบบจำลองคือ ทำการประเมินผู้เรียนได้ไม่ทันเวลาที่กำหนดไว้ เนื่องจากสัดส่วนของนักเรียนต่อผู้ประเมินนั้นมีมากเกินไป ผู้วิจัยได้ทำการแก้ไขปัญหาโดยเพิ่มผู้ช่วยในการประเมิน โดยผู้ช่วยในการประเมินเป็นนิสิตระดับปริญญาโทชั้นปีที่ 2 ภาควิชาหลักสูตรและการสอน คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

3. แบบประเมินกระบวนการสร้างแบบจำลองด้านการปรับปรุงและเปลี่ยนแปลงแบบจำลอง

3.1. จากปัญหาของแบบประเมินกระบวนการสร้างแบบจำลองด้านการปรับปรุงและเปลี่ยนแปลงแบบจำลองคือ ทำการประเมินผู้เรียนได้ไม่ทันเวลาที่กำหนดไว้ เนื่องจากสัดส่วนของนักเรียนต่อผู้ประเมินนั้นมีมากเกินไป ผู้วิจัยได้ทำการแก้ไขปัญหาโดยเพิ่มผู้ช่วยในการประเมิน โดยผู้ช่วยในการประเมินเป็นนิสิตระดับปริญญาโทชั้นปีที่ 2 ภาควิชาหลักสูตรและการสอน คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

ขั้นที่ 3 การนำเครื่องมือวิจัยไปใช้จริง

เป็นขั้นตอนที่นำเครื่องมือที่ผ่านการปรับปรุงแล้วไปใช้กับกลุ่มตัวอย่างคือนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/7 โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยมหาสารคาม (ฝ่ายมัธยม) ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2563 โดยทำการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน จากนั้นทำการจัดการเรียนรู้โดยใช้กิจกรรมการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน พร้อมทั้งใช้แบบประเมินคุณภาพของแบบจำลอง แบบประเมินทักษะกระบวนการสร้างแบบจำลองด้านการสร้าง

และใช้แบบจำลอง และแบบประเมินทักษะกระบวนการสร้างแบบจำลองด้านการปรับเปลี่ยนแบบจำลอง เมื่อเสร็จสิ้นการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แล้วจึงทำการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน จากนั้นทำการรวบรวมข้อมูล วิเคราะห์ผล และทำการอภิปรายต่อไป

การจัดกระทำกับข้อมูลและการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยครั้งนี้ดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูลตามองค์ประกอบดังนี้

1. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนและหลังที่ได้รับการจัดการเรียนรูโดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ในการวิเคราะห์ข้อมูลผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนและหลังนั้นมีการเปรียบเทียบโดยใช้การทดสอบแบบที (T-test) ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

2. ทักษะการสร้างแบบจำลองของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานทำการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากแบบประเมินคุณภาพของแบบจำลอง แบบประเมินด้านการสร้างและใช้แบบจำลอง และแบบประเมินด้านการปรับปรุงและเปลี่ยนแปลงแบบจำลอง โดยใช้สถิติพื้นฐานคือค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

3. ข้อมูลที่ได้จากการสัมภาษณ์ความคิดเห็นของนักเรียนต่อการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานมาวิเคราะห์ตีความหมายและสรุปออกมาในรูปแบบบรรยาย

สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

1. สถิติที่ใช้ในการหาคุณภาพของเครื่องมือ

1.1 การหาดัชนีความสอดคล้องของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน กับจุดประสงค์ โดยใช้ดัชนีสูตร IOC ดังนี้

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

เมื่อ IOC แทน ดัชนีความสอดคล้อง

$\sum R$ แทน ผลรวมของคะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ

n แทน จำนวนผู้เชี่ยวชาญ

1.2 การหาค่าความเที่ยงของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน โดยใช้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบเพียร์สัน

$$R_{xy} = \frac{N\sum xy - \sum x \sum y}{\sqrt{[N\sum x^2 - (\sum x)^2][N\sum y^2 - (\sum y)^2]}}$$

เมื่อ R_{xy} แทน ค่าความเที่ยง

x แทน คะแนนสอบครั้งที่ 1

y แทน คะแนนสอบครั้งที่ 2

N แทน จำนวนผู้เข้าสอบ

1.3 การหาระดับความยากง่ายของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน โดยใช้สูตร

$$P = \frac{R}{N}$$

เมื่อ P แทน ความยากง่าย

R แทน จำนวนผู้เรียนที่ตอบคำถามข้อนั้นถูกต้อง

N แทน จำนวนผู้เรียนทั้งหมด

1.4 การหาอำนาจจำแนกของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนโดยใช้สูตร

$$R = \frac{R_H - R_L}{N}$$

เมื่อ R แทน ค่าอำนาจจำแนก

R_H แทน จำนวนผู้สอบที่ตอบถูกในกลุ่มคะแนนสูง

R_L แทน จำนวนผู้สอบที่ตอบถูกในกลุ่มคะแนนต่ำ

N แทน จำนวนผู้สอบทั้งหมดในกลุ่มคะแนนสูงกลุ่มคะแนนต่ำ

2. สถิติพื้นฐาน

2.1. ร้อยละ (Percentage) โดยใช้สูตรดังนี้

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

เมื่อ P แทน ร้อยละ

f แทน ความถี่หรือจำนวนข้อมูลที่ต้องการแปลงเป็นร้อยละ

n แทน จำนวนข้อมูลทั้งหมด

2.3.ค่าเฉลี่ย (Arithmetic Mean) โดยสามารถคำนวณโดยใช้สูตร

$$\bar{x} = \frac{\sum X}{n}$$

เมื่อ x แทน ค่าเฉลี่ย

$\sum x$ แทน ผลรวมของคะแนนทั้งหมดในกลุ่ม

n แทน จำนวนสมาชิกทั้งหมดในกลุ่ม

2.4.ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) สามารถคำนวณโดยใช้สูตร

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

เมื่อ S.D. แทน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

X แทน คะแนนที่ได้

n แทน จำนวนสมาชิกทั้งหมดในกลุ่ม

$\sum$ แทน ผลรวม

2.5.การทดสอบแบบที (T-test) สามารถใช้สูตร

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

เมื่อ t แทน ค่าสถิติที่จะใช้เปรียบเทียบกับค่าวิกฤตเพื่อทราบความมีนัยสำคัญ

D แทน ค่าผลต่างระหว่างคู่คะแนน

n แทน จำนวนกลุ่มตัวอย่างหรือจำนวนคู่คะแนน

df แทน จำนวนของตัวแปรที่เป็นอิสระ

บทที่ 4
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยครั้งนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อพัฒนาการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เพื่อศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และทักษะการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ในวิชาชีววิทยา เรื่อง สารเคมีในสิ่งมีชีวิต ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ซึ่งผู้วิจัยได้สรุปผลการวิเคราะห์ข้อมูล ดังนี้

1. ผลการพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน
2. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนและหลังได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน
3. ทักษะการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์

ตอนที่ 1 ผลการพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

1. ผลการพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน วิชาชีววิทยา เรื่อง สารอาหารและสารเคมีในสิ่งมีชีวิต

1.1. หลักการและเหตุผล กำหนดหลักการของรูปแบบการจัดการเรียนรู้โดยการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง พบว่าการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานช่วยส่งเสริมทักษะการสร้างแบบจำลอง อีกทั้งยังช่วยพัฒนาความรู้ความเข้าใจในเนื้อหาที่เรียนรู้ ซึ่งมีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของการวิจัยในครั้งนี้

1.2. แนวคิดพื้นฐานในการพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ กำหนดแนวคิดพื้นฐานในการสร้างการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน โดยเน้นที่การสร้างองค์ความรู้จากแบบจำลอง ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และทักษะการสร้างแบบจำลอง

1.3. วัตถุประสงค์ของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ กำหนดให้วัตถุประสงค์ของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ให้สอดคล้องกับจุดมุ่งหมายในงานวิจัย คือ การพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และทักษะการสร้างแบบจำลอง

1.4. ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้

1.4.1. ขั้นการสร้างแบบจำลอง เป็นขั้นตอนที่ผู้สอนเร้าความสนใจผู้เรียนเพื่อกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดคำถาม หรือข้อสังเกต ซึ่งนำไปสู่ปัญหาที่ต้องการให้เรียนรู้ จากนั้นนักเรียนวางแผนอภิปรายโดยใช้ความรู้ที่นักเรียนมีอยู่ออกแบบและสร้างแบบจำลอง ซึ่งผลการพัฒนาขั้นตอนการสร้างแบบจำลองมีดังนี้

1.4.1.1. จัดให้นักเรียนมีการทำงานร่วมกันเป็นกลุ่ม โดยแบ่งกลุ่มนักเรียนตามความสามารถโดยใช้แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเป็นเครื่องมือในการแบ่งกลุ่มนักเรียนออกเป็น 3 กลุ่มหลักคือ เก่ง ปานกลาง และอ่อน

1.4.1.2. ในการกระตุ้นผู้เรียนได้มีการใช้ สารหรือสิ่งที่จะใช้ในการเรียนมาเป็นสื่อการเรียนรู้ แทนที่การใช้คำถามโดยทั่วไปถามนักเรียน ทั้งนี้เพื่อให้นักเรียนสามารถมองเห็นภาพได้อย่างมากขึ้น ยกตัวอย่างเช่น เนื้อหาเอมไซม์ มีการให้นักเรียนทำการเคี้ยวขนมปังอย่างช้า ๆ เป็นเวลานาน และให้นักเรียนสังเกตผลเปรียบเทียบกับเคี้ยวอย่างเร็ว ๆ

1.4.1.3. ในการสร้างแบบจำลอง ผู้สอนได้ทำการกำหนดรูปแบบของแบบจำลองให้เป็นรูปแบบเดียวกันคือ แบบจำลองแบบแผนผัง เพื่อให้แบบจำลองของนักเรียนเป็นไปในรูปแบบเดียวกันและมีความง่ายต่อการประเมินแบบจำลองของนักเรียนทั้งหมด

1.4.2. ขั้นการประเมินแบบจำลอง เป็นขั้นตอนที่นักเรียนได้ทำการประเมินแบบจำลองทางความคิดที่นักเรียนได้สร้างขึ้นว่าสามารถนำไปอธิบายปรากฏการณ์ที่ศึกษาได้หรือไม่ หรือแบบจำลองนั้นมีความถูกต้องด้านเนื้อหาที่ศึกษาหรือไม่ ผ่านการอภิปราย การศึกษาค้นคว้าข้อมูลของนักเรียน ซึ่งผลการพัฒนาขั้นตอนการประเมินแบบจำลองมีดังนี้

1.4.2.1. ในการประเมินแบบจำลองได้มีการใช้การนำเสนอผลงานของผู้เรียน จากนั้นนักเรียนทำการอภิปรายว่าแบบจำลองของกลุ่มใดมีความถูกต้องมากที่สุด จากนั้นทำการค้นคว้าหาข้อมูล เพื่อยืนยันว่าแบบจำลองที่นักเรียนเลือกนั้นมีความถูกต้อง

1.4.3. ขั้นการขยายแบบจำลอง เป็นขั้นตอนที่นักเรียนนำแบบจำลองของนักเรียนนั้นไปใช้อธิบายในสถานการณ์อื่น ๆ รวมถึงตรวจสอบว่าแบบจำลองที่นักเรียนได้สร้างขึ้นนั้นสามารถอธิบายปรากฏการณ์อื่นได้หรือไม่ ซึ่งผลการพัฒนาขั้นตอนการขยายแบบจำลองมีดังนี้

1.4.3.1. มีการตั้งคำถามเพื่อให้นักเรียนใช้แบบจำลองในอธิบาย หรือค้นหาคำตอบเพื่อมาตอบคำถาม

1.4.3.2. ข้อกรณีที่ไม่สามารถใช้แบบจำลองอธิบายได้ นักเรียนจะทำการอภิปรายเพื่อหาคำตอบว่าเพราะเหตุใดจึงไม่สามารถใช้แบบจำลองอธิบายได้ และต้องแก้ไขอย่างไรถึงจะสามารถตอบคำถามนั้น ๆ ได้

1.5. การประเมินทักษะการสร้างแบบจำลอง การประเมินทักษะการสร้างแบบจำลองสามารถแบ่ง ออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่

1.5.1. การประเมินคุณภาพของแบบจำลอง

1.5.2. การประเมินกระบวนการสร้างแบบจำลอง ประกอบไปด้วยการประเมินทักษะการสร้างแบบจำลอง 2 ทักษะได้แก่

1.5.2.1. การประเมินกระบวนการสร้างแบบจำลองด้านการสร้างและใช้แบบจำลอง

1.5.2.2. กระบวนการสร้างแบบจำลองด้านการปรับปรุงและเปลี่ยนแบบจำลอง

2. ผลการตรวจสอบความเหมาะสมของการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน วิชาชีววิทยา เรื่อง สารอาหารและสารเคมีในสิ่งมีชีวิต

เมื่อทำการสร้างรูปแบบกิจกรรมการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานตามที่กล่าวมาข้างต้นแล้ว ผู้วิจัยได้จัดทำเอกสารรูปแบบการจัดการเรียนรู้และแบบประเมิน นำส่งให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่านได้ทำการตรวจสอบคุณภาพและความสอดคล้องดังนี้

2.1. แผนการจัดการเรียนรู้

2.1.1. คุณภาพของแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

ตาราง 18 ผลการประเมินระดับคุณภาพเฉลี่ยของแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน วิชาชีววิทยา เรื่อง โปรตีน

รายการประเมิน	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					เฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ระดับความเหมาะสม
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5			
1.1 ระบุพฤติกรรมที่สามารถวัดและประเมินได้อย่างชัดเจน	4	5	5	5	5	4.8	0.44	มีคุณภาพดีมาก
1.2 ข้อความชัดเจนและเข้าใจง่าย	4	5	5	5	4	4.6	0.54	มีคุณภาพดีมาก
2.1 ความถูกต้อง	4	5	5	5	4	4.6	0.54	มีคุณภาพดีมาก
2.2 ภาษาที่ใช้ชัดเจนเข้าใจง่าย	4	5	5	5	4	4.6	0.54	มีคุณภาพดีมาก
3.1 เนื้อหามีความถูกต้อง	4	5	5	5	4	4.6	0.54	มีคุณภาพดีมาก
3.2 เนื้อหามีความ	4	5	5	5	4	4.6	0.54	มีคุณภาพดี

รายการประเมิน	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					เฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ระดับความเหมาะสม
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5			
เหมาะสมกับเวลา								มาก
3.3 เนื้อหาเหมาะสมกับระดับผู้เรียน	4	5	5	5	4	4.6	0.54	มีคุณภาพดีมาก
4.1 เนื้อหาเหมาะสมกับระดับผู้เรียน	4	5	5	5	3	4.4	0.89	มีคุณภาพดี
4.2 ผู้เรียนมีส่วนร่วมในกิจกรรม	5	5	5	5	4	4.6	0.54	มีคุณภาพดีมาก
5.1 วัดได้ครอบคลุมเนื้อหา	4	5	5	5	3	4.4	0.89	มีคุณภาพดี
5.2 ใช้เครื่องมือวัดได้เหมาะสม	4	5	5	5	3	4.4	0.89	มีคุณภาพดี
เฉลี่ย	4.09	5	5	5	3.81	4.56	0.58	มีคุณภาพดีมาก

จากตารางที่ 18 ผู้เชี่ยวชาญได้ประเมินคุณภาพของแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน วิชาชีววิทยา เรื่อง โปรตีน ซึ่งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.56 และมีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.58 ซึ่งอยู่ในที่สามารถยอมรับได้ และเมื่อแปลผลแล้วพบว่าแผนจัดการเรียนรู้มีระดับคุณภาพคือ มีคุณภาพดีมาก

ตาราง 19 ผลการประเมินระดับคุณภาพเฉลี่ยของแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน วิชาชีววิทยา เรื่อง คาร์โบไฮเดรต

รายการประเมิน	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					เฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ระดับความเหมาะสม
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5			
1.1 ระบุพฤติกรรมที่สามารถวัดและประเมินได้อย่างชัดเจน	4	5	5	5	5	4.8	0.44	มีคุณภาพดีมาก
1.2 ข้อความชัดเจนและเข้าใจง่าย	4	5	5	5	4	4.6	0.54	มีคุณภาพดีมาก
2.1 ความถูกต้อง	4	5	5	5	4	4.6	0.54	มีคุณภาพดีมาก
2.2 ภาษาที่ใช้ชัดเจนเข้าใจง่าย	4	5	5	5	4	4.6	0.54	มีคุณภาพดีมาก
3.1 เนื้อหามีความถูกต้อง	4	5	5	5	4	4.6	0.54	มีคุณภาพดีมาก
3.2 เนื้อหามีความเหมาะสมกับเวลา	4	5	5	5	4	4.6	0.54	มีคุณภาพดีมาก
3.3 เนื้อหาเหมาะสมกับระดับผู้เรียน	4	5	5	5	4	4.6	0.54	มีคุณภาพดีมาก
4.1 เนื้อหาเหมาะสมกับระดับผู้เรียน	4	5	5	5	3	4.4	0.89	มีคุณภาพดี
4.2 ผู้เรียนมีส่วนร่วมในกิจกรรม	5	5	5	5	4	4.6	0.54	มีคุณภาพดีมาก
5.1 วัดได้ครอบคลุมเนื้อหา	4	5	5	5	3	4.4	0.89	มีคุณภาพดี
5.2 ใช้เครื่องมือวัดได้เหมาะสม	4	5	5	5	3	4.4	0.89	มีคุณภาพดี
เฉลี่ย	4.09	5	5	5	3.81	4.56	0.58	มีคุณภาพดีมาก

จากตารางที่ 19 ผู้เชี่ยวชาญได้ประเมินคุณภาพของแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน วิชาชีววิทยา เรื่อง คาร์โบไฮเดตร ซึ่งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.56 และมีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.58 ซึ่งอยู่ในที่สามารถยอมรับได้ และเมื่อแปลผลแล้วพบว่าแผนจัดการเรียนรู้มีระดับคุณภาพคือ มีคุณภาพดีมาก

ตาราง 20 ผลการประเมินระดับคุณภาพเฉลี่ยของแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน วิชาชีววิทยา เรื่อง ไขมัน

รายการประเมิน	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					เฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ระดับความเหมาะสม
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5			
1.1 ระบุพฤติกรรมที่สามารถวัดและประเมินได้อย่างชัดเจน	4	5	5	5	5	4.8	0.44	มีคุณภาพดีมาก
1.2 ข้อความชัดเจนและเข้าใจง่าย	4	5	5	5	4	4.6	0.54	มีคุณภาพดีมาก
2.1 ความถูกต้อง	4	5	5	5	4	4.6	0.54	มีคุณภาพดีมาก
2.2 ภาษาที่ใช้ชัดเจนเข้าใจง่าย	4	5	5	5	4	4.6	0.54	มีคุณภาพดีมาก
3.1 เนื้อหามีความถูกต้อง	4	5	5	5	4	4.6	0.54	มีคุณภาพดีมาก
3.2 เนื้อหามีความเหมาะสมกับเวลา	4	5	5	5	4	4.6	0.54	มีคุณภาพดีมาก
3.3 เนื้อหาเหมาะสมกับระดับผู้เรียน	4	5	5	5	4	4.6	0.54	มีคุณภาพดีมาก
4.1 เนื้อหาเหมาะสมกับระดับผู้เรียน	4	5	5	5	3	4.4	0.89	มีคุณภาพดี
4.2 ผู้เรียนมีส่วนร่วมใน	5	5	5	5	4	4.6	0.54	มีคุณภาพดี

รายการประเมิน	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					เฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ระดับความเหมาะสม
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5			
กิจกรรม								มาก
5.1 วัดได้ครอบคลุมเนื้อหา	4	5	5	5	3	4.4	0.89	มีคุณภาพดี
5.2 ใช้เครื่องมือวัดได้เหมาะสม	4	5	5	5	3	4.4	0.89	มีคุณภาพดี
เฉลี่ย	4.09	5	5	5	3.81	4.56	0.58	มีคุณภาพดีมาก

จากตารางที่ 20 ผู้เชี่ยวชาญได้ประเมินคุณภาพของแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน วิชาชีววิทยา เรื่อง ไขมัน ซึ่งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.56 และมีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.58 ซึ่งอยู่ในที่สามารถยอมรับได้ และเมื่อแปลผลแล้วพบว่าแผนจัดการเรียนรู้มีระดับคุณภาพคือ มีคุณภาพดีมาก

ตาราง 21 ผลการประเมินระดับคุณภาพเฉลี่ยของแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน วิชาชีววิทยา เรื่อง กรดนิวคลีอิค

รายการประเมิน	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					เฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ระดับความเหมาะสม
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5			
1.1 ระบุพฤติกรรมที่สามารถวัดและประเมินได้อย่างชัดเจน	4	5	5	5	5	4.8	0.44	มีคุณภาพดีมาก
1.2 ข้อความชัดเจนและ	4	5	5	5	4	4.6	0.54	มีคุณภาพดี

รายการประเมิน	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					เฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ระดับความเหมาะสม
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5			
เข้าใจง่าย								มาก
2.1 ความถูกต้อง	4	5	5	5	4	4.6	0.54	มีคุณภาพดีมาก
2.2 ภาษาที่ใช้ชัดเจนเข้าใจง่าย	4	5	5	5	4	4.6	0.54	มีคุณภาพดีมาก
3.1 เนื้อหามีความถูกต้อง	4	5	5	5	4	4.6	0.54	มีคุณภาพดีมาก
3.2 เนื้อหามีความเหมาะสมกับเวลา	4	5	5	5	4	4.6	0.54	มีคุณภาพดีมาก
3.3 เนื้อหาเหมาะสมกับระดับผู้เรียน	4	5	5	5	4	4.6	0.54	มีคุณภาพดีมาก
4.1 เนื้อหาเหมาะสมกับระดับผู้เรียน	4	5	5	5	3	4.4	0.89	มีคุณภาพดี
4.2 ผู้เรียนมีส่วนร่วมในกิจกรรม	5	5	5	5	4	4.6	0.54	มีคุณภาพดีมาก
5.1 วัดได้ครอบคลุมเนื้อหา	4	5	5	5	3	4.4	0.89	มีคุณภาพดี
5.2 ใช้เครื่องมือวัดได้เหมาะสม	4	5	5	5	3	4.4	0.89	มีคุณภาพดี
เฉลี่ย	4.09	5	5	5	3.81	4.56	0.58	มีคุณภาพดีมาก

จากตารางที่ 21 ผู้เชี่ยวชาญได้ประเมินคุณภาพของแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน วิชาชีววิทยา เรื่อง กรดนิวคลีอิค ซึ่งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.56 และมีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.58 ซึ่งอยู่ในที่สามารถยอมรับได้ และเมื่อแปลผลแล้วพบว่าแผนจัดการเรียนรู้มีระดับคุณภาพคือ มีคุณภาพดีมาก

ตาราง 22 ผลการประเมินระดับคุณภาพเฉลี่ยของแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน วิชาชีววิทยา เรื่อง เอมไซม์

รายการประเมิน	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					เฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ระดับความเหมาะสม
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5			
1.1 ระบุพฤติกรรมที่สามารถวัดและประเมินได้อย่างชัดเจน	4	5	5	5	5	4.8	0.44	มีคุณภาพดีมาก
1.2 ข้อความชัดเจนและเข้าใจง่าย	4	5	5	5	4	4.6	0.54	มีคุณภาพดีมาก
2.1 ความถูกต้อง	4	5	5	5	4	4.6	0.54	มีคุณภาพดีมาก
2.2 ภาษาที่ใช้ชัดเจนเข้าใจง่าย	4	5	5	5	4	4.6	0.54	มีคุณภาพดีมาก
3.1 เนื้อหามีความถูกต้อง	4	5	5	5	4	4.6	0.54	มีคุณภาพดีมาก
3.2 เนื้อหามีความเหมาะสมกับเวลา	4	5	5	5	4	4.6	0.54	มีคุณภาพดีมาก
3.3 เนื้อหาเหมาะสมกับระดับผู้เรียน	4	5	5	5	4	4.6	0.54	มีคุณภาพดีมาก
4.1 เนื้อหาเหมาะสมกับระดับผู้เรียน	4	5	5	5	3	4.4	0.89	มีคุณภาพดี
4.2 ผู้เรียนมีส่วนร่วมในกิจกรรม	5	5	5	5	4	4.6	0.54	มีคุณภาพดีมาก
5.1 วัดได้ครอบคลุมเนื้อหา	4	5	5	5	3	4.4	0.89	มีคุณภาพดี
5.2 ใช้เครื่องมือวัดได้	4	5	5	5	3	4.4	0.89	มีคุณภาพดี

รายการประเมิน	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					เฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ระดับความเหมาะสม
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5			
เหมาะสม								
เฉลี่ย	4.09	5	5	5	3.81	4.56	0.58	มีคุณภาพดีมาก

จากตารางที่ 22 ผู้เชี่ยวชาญได้ประเมินคุณภาพของแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน วิชาชีววิทยา เรื่อง เอมไซม์ ซึ่งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.56 และมีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.58 ซึ่งอยู่ในที่สามารถยอมรับได้ และเมื่อแปลผลแล้วพบว่าแผนจัดการเรียนรู้มีระดับคุณภาพคือ มีคุณภาพดีมาก

นอกจากนี้ได้ทำการปรับปรุงแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญดังนี้

1. ทำการปรับปรุงเกณฑ์การประเมินด้านคุณลักษณะอันพึงประสงค์ โดยปรับปรุงเกณฑ์การส่งงานเป็น ส่งงานที่ได้รับมอบหมายได้ทันเวลา ส่งงานที่ได้รับหมอบหมายได้ไม่ทันเวลา และไม่ส่งงานที่ได้รับมอบหมาย

2. ทำการปรับปรุงเกณฑ์การประเมินด้านความรู้ โดยปรับปรุงการให้คะแนนแบบรูบริคให้ผู้ประเมินทำการสังเกตพฤติกรรมที่แสดงออกถึงการเรียนรู้มากขึ้น

3. ทำการปรับปรุงเวลาในขั้นตอนการสร้างแบบจำลองให้มากขึ้น เพื่อให้นักเรียนมีเวลาเพียงพอในการสร้างแบบจำลอง

3.1.1. ความสอดคล้องของแผนการจัดการเรียนรู้

ตาราง 23 ผลการประเมินความสอดคล้องของแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน วิชาชีววิทยา เรื่อง โปรตีน

รายการประเมิน	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					เฉลี่ย	ระดับความสอดคล้อง
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5		
1.จุดประสงค์สอดคล้องกับผลการเรียนรู้ สาระสำคัญและสาระการเรียนรู้	+1	+1	+1	+1	0	0.8	สอดคล้อง
2.สาระสำคัญสอดคล้องกับผลการเรียนรู้	+1	+1	+1	+1	0	0.8	สอดคล้อง
3.กิจกรรรมการจัดการเรียนรู้สอดคล้องกับสาระการเรียนรู้และจุดประสงค์การเรียนรู้	+1	+1	+1	+1	0	0.8	สอดคล้อง
4.สื่อและแหล่งการเรียนรู้สอดคล้องกับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้	+1	+1	+1	+1	0	0.8	สอดคล้อง
5.การวัดและประเมินผลสอดคล้องกับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้และจุดประสงค์การเรียนรู้	+1	+1	+1	+1	0	0.8	สอดคล้อง

จากตารางที่ 23 ผู้เชี่ยวชาญได้ประเมินความสอดคล้องของแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน วิชาชีววิทยา เรื่อง โปรตีน ซึ่งมีค่าเฉลี่ยดัชนีความสอดคล้องเท่ากับ 0.8 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่สามารถยอมรับได้ และเมื่อแปลผลแล้วพบว่าแผนการจัดการเรียนรู้ มีความสอดคล้องกัน

ตาราง 24 ผลการประเมินความสอดคล้องของแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน วิชาชีววิทยา เรื่อง คาร์โบไฮเดรต

รายการประเมิน	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					เฉลี่ย	ระดับความสอดคล้อง
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5		
1.จุดประสงค์สอดคล้องกับผลการเรียนรู้ สาระสำคัญและสาระการเรียนรู้	+1	+1	+1	+1	0	0.8	สอดคล้อง
2.สาระสำคัญสอดคล้องกับผลการเรียนรู้	+1	+1	+1	+1	0	0.8	สอดคล้อง
3.กิจกรรรมการจัดการเรียนรู้สอดคล้องกับสาระการเรียนรู้และจุดประสงค์การเรียนรู้	+1	+1	+1	+1	0	0.8	สอดคล้อง
4.สื่อและแหล่งการเรียนรู้สอดคล้องกับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้	+1	+1	+1	+1	0	0.8	สอดคล้อง
5.การวัดและประเมินผลสอดคล้องกับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้และจุดประสงค์การเรียนรู้	+1	+1	+1	+1	0	0.8	สอดคล้อง

จากตารางที่ 24 ผู้เชี่ยวชาญได้ประเมินความสอดคล้องของแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน วิชาชีววิทยา เรื่อง คาร์โบไฮเดรต ซึ่งมีค่าเฉลี่ยดัชนีความสอดคล้องเท่ากับ 0.8 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่สามารถยอมรับได้ และเมื่อแปลผลแล้วพบว่าแผนการจัดการเรียนรู้ มีความสอดคล้องกัน

ตาราง 25 ผลการประเมินความสอดคล้องของแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน วิชาชีววิทยา เรื่อง ไขมัน

รายการประเมิน	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					เฉลี่ย	ระดับความสอดคล้อง
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5		
1.จุดประสงค์สอดคล้องกับผลการเรียนรู้ สาระสำคัญและสาระการเรียนรู้	+1	+1	+1	+1	0	0.8	สอดคล้อง
2.สาระสำคัญสอดคล้องกับผลการเรียนรู้	+1	+1	+1	+1	0	0.8	สอดคล้อง
3.กิจกรรรมการจัดการเรียนรู้สอดคล้องกับสาระการเรียนรู้และจุดประสงค์การเรียนรู้	+1	+1	+1	+1	0	0.8	สอดคล้อง
4.สื่อและแหล่งการเรียนรู้สอดคล้องกับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้	+1	+1	+1	+1	0	0.8	สอดคล้อง
5.การวัดและประเมินผลสอดคล้องกับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้และจุดประสงค์การเรียนรู้	+1	+1	+1	+1	0	0.8	สอดคล้อง

จากตารางที่ 25 ผู้เชี่ยวชาญได้ประเมินความสอดคล้องของแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน วิชาชีววิทยา เรื่อง ไขมัน ซึ่งมีค่าเฉลี่ยดัชนีความสอดคล้องเท่ากับ 0.8 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่สามารถยอมรับได้ และเมื่อแปลผลแล้วพบว่าแผนการจัดการเรียนรู้ มีความสอดคล้องกัน

ตาราง 26 ผลการประเมินความสอดคล้องของแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน วิชาชีววิทยา เรื่อง กรดนิวคลีอิค

รายการประเมิน	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					เฉลี่ย	ระดับความสอดคล้อง
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5		
1.จุดประสงค์สอดคล้องกับผลการเรียนรู้ สาระสำคัญและสาระการเรียนรู้	+1	+1	+1	+1	0	0.8	สอดคล้อง
2.สาระสำคัญสอดคล้องกับผลการเรียนรู้	+1	+1	+1	+1	0	0.8	สอดคล้อง
3.กิจกรรรมการจัดการเรียนรู้สอดคล้องกับสาระการเรียนรู้และจุดประสงค์การเรียนรู้	+1	+1	+1	+1	0	0.8	สอดคล้อง
4.สื่อและแหล่งการเรียนรู้สอดคล้องกับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้	+1	+1	+1	+1	0	0.8	สอดคล้อง
5.การวัดและประเมินผลสอดคล้องกับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้และจุดประสงค์การเรียนรู้	+1	+1	+1	+1	0	0.8	สอดคล้อง

จากตารางที่ 26 ผู้เชี่ยวชาญได้ประเมินความสอดคล้องของแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน วิชาชีววิทยา เรื่อง กรดนิวคลีอิค ซึ่งมีค่าเฉลี่ยดัชนีความสอดคล้องเท่ากับ 0.8 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่สามารถยอมรับได้ และเมื่อแปลผลแล้วพบว่าแผนการจัดการเรียนรู้ มีความสอดคล้องกัน

ตาราง 27 ผลการประเมินความสอดคล้องของแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน วิชาชีววิทยา เรื่อง เอมไซม์

รายการประเมิน	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					เฉลี่ย	ระดับความสอดคล้อง
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5		
1.จุดประสงค์สอดคล้องกับผลการเรียนรู้ สาระสำคัญและสาระการเรียนรู้	+1	+1	+1	+1	0	0.8	สอดคล้อง
2.สาระสำคัญสอดคล้องกับผลการเรียนรู้	+1	+1	+1	+1	0	0.8	สอดคล้อง
3.กิจกรรรมการจัดการเรียนรู้สอดคล้องกับสาระการเรียนรู้และจุดประสงค์การเรียนรู้	+1	+1	+1	+1	0	0.8	สอดคล้อง
4.สื่อและแหล่งการเรียนรู้สอดคล้องกับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้	+1	+1	+1	+1	0	0.8	สอดคล้อง
5.การวัดและประเมินผลสอดคล้องกับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้และจุดประสงค์การเรียนรู้	+1	+1	+1	+1	0	0.8	สอดคล้อง

จากตารางที่ 27 ผู้เชี่ยวชาญได้ประเมินความสอดคล้องของแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน วิชาชีววิทยา เรื่อง เอมไซม์ ซึ่งมีค่าเฉลี่ยดัชนีความสอดคล้องเท่ากับ 0.8 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่สามารถยอมรับได้ และเมื่อแปลผลแล้วพบว่าแผนการจัดการเรียนรู้ มีความสอดคล้องกัน

3.2. การประเมินทักษะการสร้างแบบจำลอง

เมื่อทำการสร้างแบบประเมินทักษะการสร้างแบบจำลองซึ่งประกอบไปด้วยแบบประเมิน 3 ประเภท ได้แก่ แบบประเมินคุณภาพแบบจำลอง แบบประเมินกระบวนการสร้างแบบจำลองด้านการสร้างและการใช้แบบจำลอง และแบบประเมินกระบวนการสร้างแบบจำลองด้านการปรับปรุงและเปลี่ยนแปลงแบบจำลอง ผู้วิจัยได้จัดทำเอกสารและส่งให้ผู้เชี่ยวชาญทำการประเมินคุณภาพ โดยมีการให้คะแนนเป็น Rating scale 5 ระดับซึ่งได้ผลการประเมินดังนี้

3.2.1. คุณภาพของแบบประเมินคุณภาพของแบบจำลอง

ตาราง 28 ผลการประเมินคุณภาพแบบประเมินคุณภาพของแบบจำลอง

รายการประเมิน	**ระดับคุณภาพ**	
	$\bar{x}$	**การแปลผล**
1. **ระดับ 5** นักเรียนสร้างแบบจำลองที่มีความถูกต้องสมบูรณ์ ระบุปฏิกริยาที่เกิดขึ้นได้อย่างถูกต้อง มีการระบุตัวแปรในการทดลอง มีการใช้ไดอะแกรม และไดอะแกรมมีความถูกต้องสมบูรณ์ ระบุผลการทดลองชัดเจน	4.8	มีคุณภาพดีมาก
2. **ระดับ 4** นักเรียนสร้างแบบจำลองที่มีการระบุปฏิกริยาที่เกิดขึ้นถูกต้องครบถ้วนมีการระบุตัวแปร มีการใช้ไดอะแกรม แต่ขาดความจัดเจน ไม่มีการระบุผลการทดลอง	4.8	มีคุณภาพดีมาก
3. **ระดับ 3** นักเรียนสร้างแบบจำลองที่มีการระบุปฏิกริยาที่เกิดขึ้นไม่ครบถ้วน มีการระบุตัวแปรในการทดลองไม่ครบ มีการใช้ไดอะแกรมแต่ขาดความเหมาะสม ขาดรายละเอียดในการอธิบาย	4.8	มีคุณภาพดีมาก
4. **ระดับ 2** นักเรียนสร้างแบบจำลองที่มีการระบุปฏิกริยาที่เกิดขึ้นไม่ครบถ้วน ไม่มีการระบุตัวแปรในการทดลองหรือระบุได้ไม่ถูกต้อง และไม่มีการใช้ไดอะแกรม	4.8	มีคุณภาพดีมาก
5. **ระดับ 1** นักเรียนสร้างแบบจำลองได้ไม่ชัดเจนและไม่สมบูรณ์ ไม่มีการระบุตัวแปรควบคุมและตัวแปรตาม และผลการทดลองไม่มีการใช้ไดอะแกรม	4.8	มีคุณภาพดีมาก

จากตารางที่ 28 ผู้เชี่ยวชาญได้ทำการประเมินระดับคุณภาพของแบบประเมินคุณภาพของแบบจำลอง พบว่ามีระดับคุณภาพเฉลี่ยเท่ากับ 4.80 อยู่ในเกณฑ์ มีคุณภาพดีมาก ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่สามารถนำไปใช้ในการวิจัยได้ นอกจากนี้ผู้วิจัยได้ทำการปรับปรุงตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญดังนี้ ทำการปรับปรุงเกณฑ์ที่ใช้ประเมินผู้เรียนให้สามารถสังเกตได้ชัดเจนและง่ายมากขึ้น

3.2.2. การประเมินคุณภาพแบบการประเมินกระบวนการสร้างแบบจำลองด้านการสร้างและใช้แบบจำลอง

ตาราง 29 ผลการประเมินคุณภาพของแบบประเมินกระบวนการสร้างแบบจำลองด้านการสร้างและใช้แบบจำลอง

รายการประเมิน	**ระดับคุณภาพ**	
	$\bar{x}$	**การแปลผล**
1. ระดับ 4 - นักเรียนสร้างแบบจำลองด้วยความคิดหรือประสบการณ์ของตนเอง ไม่ได้มีการเปิดตำรา อินเตอร์เน็ตหรือแหล่งความรู้อื่น - นักเรียนสามารถใช้แบบจำลองในการตอบคำถามได้อย่างถูกต้องชัดเจนได้ทุกข้อ	4.8	มีคุณภาพดีมาก
2. ระดับ 3 - นักเรียนสร้างแบบจำลองด้วยการเปิดตำรา อินเตอร์เน็ตหรือแหล่งความรู้อื่น - นักเรียนสามารถใช้แบบจำลองในการตอบคำถามได้ทุกข้อแต่ไม่ชัดเจน	4.8	มีคุณภาพดีมาก
3. ระดับ 2 - นักเรียนสร้างแบบจำลองด้วยการถามครูผู้สอน พร้อมด้วยการเปิดตำรา - นักเรียนสามารถใช้แบบจำลองในการตอบคำถามได้บางข้อ	4.8	มีคุณภาพดีมาก
4. ระดับ 1 - นักเรียนสร้างแบบจำลองโดยการลอกจากนักเรียนกลุ่มอื่น - นักเรียนไม่สามารถใช้แบบจำลองในการตอบคำถามได้	4.8	มีคุณภาพดีมาก

จากตารางที่ 29 ผู้เชี่ยวชาญได้ทำการประเมินระดับคุณภาพของแบบประเมินกระบวนสร้างแบบจำลองด้านการสร้างและการใช้แบบจำลอง พบว่ามีระดับคุณภาพเฉลี่ยเท่ากับ 4.80 อยู่ในเกณฑ์ มีคุณภาพดีมาก ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่สามารถนำไปใช้ในการวิจัยได้

3.2.3. การประเมินคุณภาพแบบประเมินกระบวนการสร้างแบบจำลองด้านการปรับปรุงและเปลี่ยนแบบจำลอง

ตาราง 30 ผลการประเมินคุณภาพของแบบประเมินกระบวนการสร้างแบบจำลองด้านการปรับปรุงและเปลี่ยนแปลง

รายการประเมิน	**ระดับคุณภาพ**	
	$\bar{x}$	**การแปลผล**
1. ระดับ 4 - นักเรียนปรับปรุงเปลี่ยนแปลงในแบบจำลองทำให้การอธิบายดีขึ้นมากกว่า มีการแก้จุดบกพร่องต่าง ๆในแบบจำลองให้ดีมากขึ้น - นักเรียนมีการประเมินแบบจำลองของตน เพื่อทำให้การอธิบายดีขึ้น	4.8	มีคุณภาพดีมาก
2. ระดับ 3 - นักเรียนปรับปรุงเปลี่ยนแปลงในแบบจำลองทำให้การอธิบายดีขึ้นมากกว่า มีการแก้จุดบกพร่องต่าง ๆในแบบจำลองให้ดีมากขึ้น - นักเรียนไม่ได้มีการประเมินแบบจำลองของตนเอง แต่ใช้วิธีการถามจากนักเรียนคนอื่นว่าควรปรับปรุงอย่างไร	4.8	มีคุณภาพดีมาก
3. ระดับ 2 - นักเรียนปรับปรุงแบบจำลองจากข้อมูลจากครู ตำราเรียน หรือเพื่อนๆ - นักเรียนไม่ได้มีการประเมินแบบจำลองของตนเอง - นักเรียนสร้างแบบจำลองด้วยการถามครูผู้สอน พร้อมด้วยการเปิดตำรา - นักเรียนสามารถใช้แบบจำลองในการตอบคำถามได้บางข้อ	4.8	มีคุณภาพดีมาก
4. ระดับ 1 - นักเรียนสร้างแบบจำลองโดยการลอกจากนักเรียนกลุ่มอื่น - นักเรียนไม่สามารถใช้แบบจำลองในการตอบคำถามได้	4.8	มีคุณภาพดีมาก

จากตารางที่ 30 ผู้เชี่ยวชาญได้ทำการประเมินระดับคุณภาพของแบบประเมินกระบวนสร้างแบบจำลองด้านการปรับปรุงและเปลี่ยนแปลงแบบจำลอง พบว่ามีระดับคุณภาพเฉลี่ยเท่ากับ 4.80 อยู่ในเกณฑ์ มีคุณภาพดีมาก ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่สามารถนำไปใช้ในการวิจัยได้

3. ผลการปรับปรุงแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานหลังการทดลองใช้

หลังจากการปรับปรุงตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญแล้ว ผู้วิจัยได้ทำการนำเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยไปทดลองใช้และพบปัญหาที่เกิดขึ้นในการทดลองใช้ จากนั้นผู้วัยได้ค้นคว้าหาข้อมูลเพื่อทำการวิเคราะห์ปัญหาและหาทางแก้ไขซึ่งได้มีการปรับปรุงแก้ไขดังนี้

3.1. ทำการเพิ่มเวลาในขั้นตอนการสร้างแบบจำลองให้มีเวลาในการสร้างมากขึ้น

3.2. ทำการเพิ่มเวลาในขั้นตอนการแก้ไขและปรับปรุงแบบจำลองให้มีเวลามากขึ้น

3.3. ทำการเตือนเวลาเมื่อเวลาใกล้หมด และกำชับเวลาในแต่ละขั้นตอนอย่างเคร่งครัด

3.4. ทำการเพิ่มผู้ประเมินในการประเมินากระบวนการสร้างแบบจำลองด้านการสร้างและการใช้แบบจำลอง และด้านการปรับปรุงและเปลี่ยนแปลงแบบจำลองให้มีความเหมาะสมและเพียงพอ

4. ผลการใช้แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

จากการนำแผนการจัดการเรียนรู้ไปใช้ในการวิจัย จากนั้นทำการสัมภาษณ์นักเรียนเกี่ยวกับข้อดีข้อเสียของแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานสามารถแยกแยะประเด็นได้ดังนี้

4.1. ข้อดี

4.1.1. การฝึกทำงานร่วมกันเป็นกลุ่มของนักเรียน อาจเกิดจากรูปแบบการจัดการเรียนการสอนโดยใช้แบบจำลองเป็นฐานที่มีการแบ่งกลุ่มให้นักเรียนทำการศึกษาและสร้างแบบจำลองร่วมกันก่อให้เกิดการทำงานร่วมกันบ่อยครั้ง โดยอ้างอิงจากนักเรียนคนที่ 1 ซึ่งให้สัมภาษณ์ไว้ดังนี้ “การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานนั้น ทำให้เพื่อนมีส่วนร่วมทำงานด้วยกัน มีการแบ่งหน้าที่การทำงาน ทำงานร่วมกันเป็นทีม”

4.1.2. ฝึกความรับผิดชอบต่อหน้าที่ที่ได้รับมอบหมาย อาจเกิดจากการทำงานร่วมกันของนักเรียนและรูปแบบของการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เนื่องจากการสร้างแบบจำลองนั้นมีขั้นตอนการสร้างที่ต้องใช้ข้อมูลและขั้นตอนการสร้างที่มีมาก จึงต้องมีการแบ่งหน้าที่ของสมาชิกในกลุ่มให้รับผิดชอบในการสร้างแบบจำลอง

4.1.3. การคิดอย่างเป็นขั้นตอน อาจเกิดจากรูปแบบการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานซึ่งมีขั้นตอนการสร้างแบบจำลองอย่างชัดเจน โดยเริ่มจาก การค้นคว้าข้อมูล การลงมือสร้างแบบจำลอง การประเมินแบบจำลอง การแก้ไขแบบจำลอง และการนำแบบจำลองไปใช้ในสถานการณ์อื่น ๆ ทั้งหมดที่กล่าวมานี้ ส่งเสริมให้นักเรียนคิดอย่างเป็นขั้นตอน และลงมือทำทีละขั้น โดยอ้างอิงจากการสัมภาษณ์นักเรียนคนที่ 2 ซึ่งให้สัมภาษณ์ไว้ดังนี้ “การสอนโดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ทำให้รู้จักการวางแผน”

4.1.4. เพิ่มความรู้ความเข้าใจในเนื้อหา เกิดจากการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานนั้นมีการสร้างแบบจำลองจากความรู้ความเข้าใจของนักเรียน ซึ่งผ่านการค้นคว้าและอภิปรายเพื่อหาความถูกต้องมาแล้ว โดยนักเรียนคนที่ 7 ได้ให้สัมภาษณ์ไว้ว่า “การทำแบบจำลองทำให้สามารถทำความเข้าใจถึงโครงสร้างของดีเอ็นเอได้มากขึ้น”

4.1.5. ส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ เกิดจากเกณฑ์การประเมินคุณภาพแบบจำลองที่กำหนดให้แบบจำลองนั้นต้องมีความเป็นระเบียบเรียบร้อย สวยงาม โดยอ้างอิงจากการสัมภาษณ์นักเรียนคนที่ 4 ซึ่งให้สัมภาษณ์ไว้ดังนี้“ส่งเสริมให้เกิดความคิดสร้างสรรค์ มีการใช้ศิลปะเข้ามาผนวกกับความรู้ทางวิทยาศาสตร์”

4.2. ข้อเสีย

4.2.1. ข้อจำกัดด้านเวลา เกิดจากขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้นั้นมีขั้นตอนที่มากและใช้เวลา โดยเฉพาะขั้นตอนการสร้างแบบจำลอง ขั้นการประเมินแบบจำลอง และขั้นปรับปรุงแบบจำลอง โดยจาการสังเกตโดยครูผู้สอนพบว่านักเรียนส่วนใหญ่สร้างแบบจำลองไม่ทันเวลา ทั้งนี้อ้างอิงจากการสัมภาษณ์นักเรียนคนที่ 1 ได้ให้สัมภาษณ์ไว้ดังนี้

“เวลาในการทำกิจกรรมนั้นมีน้อยเกินไป”
ให้สัมภาษณ์โดยนักเรียนคนที่ 1

ทั้งนี้การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานในครั้งนี้ผู้วิจัยได้กำหนดให้ในแต่ละช่วงของการทำกิจกรรมนั้นเร่งรัดเกินไป เช่น ขั้นตอนการออกแบบแบบจำลอง และขั้นตอนการปรับเปลี่ยนแบบจำลองนั้นมีเวลาที่จำกัดจึงทำให้

“ออกแบบและปรับปรุงแบบจำลองไม่ทันเวลาที่กำหนด”
ให้สัมภาษณ์โดยนักเรียนคนที่ 5

ทั้งนี้การจัดสรรค์เวลาของนักเรียนแต่ละกลุ่มนั้นแตกต่างกัน นักเรียนบางกลุ่มมีการกำหนดหน้าที่ของสมาชิกแต่ละคนทำหน้าที่อะไรบ้าง จากการสังเกตของผู้วิจัยพบว่าส่วนใหญ่การแบ่งหน้าที่ภายในกลุ่มนั้นไม่มีความชัดเจนว่านักเรียนคนไหนมีหน้าที่อะไรในแต่ละขั้นตอน

“การแบ่งหน้าที่ภายในกลุ่มนักเรียนต้องแบ่งหน้าที่ให้ชัดเจนว่าใครจะทำหน้าที่อะไร”
ให้สัมภาษณ์โดยนักเรียนคนที่ 2

4.2.2. รูปแบบของแบบจำลองนั้นมีมาก เนื่องจากรูปแบบของแบบจำลองนั้นมีมากจึงทำให้นักเรียนไม่ทราบว่าแบบจำลองที่ดีของรูปแบบนั้นๆควรเป็นอย่างไร รวมถึงการหลักการ

ออกแบบแบบจำลองนั้นควรเป็นอย่างไร โดยอ้างอิงจากการสัมภาษณ์นักเรียนคนที่ 9 โดยให้สัมภาษณ์ไว้ดังนี้

"ไม่รู้ว่าแบบจำลองที่ดีควรเป็นยังไง เลยทำให้คะแนนผลงานได้ไม่เท่าที่คิดไว้"

ให้สัมภาษณ์โดยนักเรียนคนที่ 9

ตอนที่ 2 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนและหลังได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

จากการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง สารเคมีในชิ่งมีชีวิตของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 38 คน ได้ผลดังนี้

ตาราง 31 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง สารเคมีในสิ่งมีชีวิต ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

*p < .01

กลุ่ม	N	$\bar{X}$	SD	df	t	p
ก่อนเรียน	38	11.32	2.157	37	-10.071*	.000
หลังเรียน	38	15.63	1.923			

จากตารางที่ 31 พบว่านักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 38 คน มีคะแนนก่อนเรียนค่าเฉลี่ยเท่ากับ 11.32 คะแนน และเมื่อได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานพบว่ามีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 15.63 โดยที่ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานสูงกว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 ดังตาราง

สรุปได้ว่า นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานเรื่อง สารเคมีในสิ่งมีชีวิต มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญ

ตอนที่ 3 ทักษะการสร้างแบบจำลองวิทยาศาสตร์

ในการวิจัยในครั้งนี้ ผู้วิจัยได้เลือกใช้การประเมินทักษะการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ซึ่งประกอบไปด้วย

1.การประเมินคุณภาพของแบบจำลองตามแนวทางของ (Jackson, 2001) ใช้ประเมินคุณภาพของแบบจำลองที่นักเรียนสร้างขึ้น เพื่อประเมินทักษะการสร้างแบบจำลอง ซึ่งมีเกณฑ์การประเมินดังนี้

ตาราง 32 ตารางแสดงเกณฑ์การประเมินคุณภาพของแบบจำลอง

คะแนน	รายการประเมิน
ระดับ 5	นักเรียนสร้างแบบจำลองที่มีความถูกต้องสมบูรณ์ ระบุปฏิกริยาที่เกิดขึ้นได้อย่างถูกต้อง มีการระบุตัวแปรในการทดลอง มีการใช้ไดอะแกรมและไดอะแกรมมีความถูกต้องสมบูรณ์ ระบุผลการทดลองชัดเจน
ระดับ 4	นักเรียนสร้างแบบจำลองที่มีการระบุปฏิกริยาที่เกิดขึ้นถูกต้องครบถ้วนมีการระบุตัวแปร มีการใช้ไดอะแกรม แต่ขาดความจัดเจน ไม่มีการระบุผลการทดลอง
ระดับ 3	นักเรียนสร้างแบบจำลองที่มีการระบุปฏิกริยาที่เกิดขึ้นไม่ครบถ้วน มีการระบุตัวแปรในการทดลองไม่ครบ มีการใช้ไดอะแกรมแต่ขาดความเหมาะสม ขาดรายละเอียดในการอธิบาย
ระดับ 2	นักเรียนสร้างแบบจำลองที่มีการระบุปฏิกริยาที่เกิดขึ้นไม่ครบถ้วน ไม่มีการระบุตัวแปรในการทดลองหรือระบุได้ไม่ถูกต้อง และไม่มีการใช้ไดอะแกรม
ระดับ 1	นักเรียนสร้างแบบจำลองได้ไม่ชัดเจนและไม่สมบูรณ์ ไม่มีการระบุตัวแปรควบคุมและตัวแปรตาม และผลการทดลอง ไม่มีการใช้ไดอะแกรม

2.การประเมินทักษะกระบวนการสร้างแบบจำลองตามแนวทางของ (Christine Schwarz et al., 2009) ซึ่งประกอบไปด้วยการประเมินทางด้านการสร้างและใช้แบบจำลอง และการประเมินด้านการปรับปรุงและเปลี่ยนแปลงแบบจำลอง ใช้ประเมินทักษะกระบวนการสร้างแบบจำลอง ซึ่งมีเกณฑ์การประเมินดังนี้

1. การประเมินทางด้านการสร้างและใช้แบบจำลอง

ตาราง 33 เกณฑ์การประเมินทักษะกระบวนการสร้างแบบจำลองด้านการสร้างและการใช้แบบจำลอง

คะแนน	**รายการประเมิน**
ระดับ 4	- นักเรียนสร้างแบบจำลองด้วยความคิดหรือประสบการณ์ของตนเอง ไม่ได้มีการเปิดตำราอินเตอร์เน็ตหรือแหล่งความรู้อื่น

คะแนน	รายการประเมิน
	- นักเรียนสามารถใช้แบบจำลองในการตอบคำถามได้อย่างถูกต้องชัดเจนได้ทุกข้อ
ระดับ 3	- นักเรียนสร้างแบบจำลองด้วยการเปิดตำรา อินเตอร์เน็ตหรือแหล่งความรู้อื่น - นักเรียนสามารถใช้แบบจำลองในการตอบคำถามได้ทุกข้อแต่ไม่ชัดเจน
ระดับ 2	- นักเรียนสร้างแบบจำลองด้วยการถามครูผู้สอน พร้อมด้วยการเปิดตำรา - นักเรียนสามารถใช้แบบจำลองในการตอบคำถามได้บางข้อ
ระดับ 1	- นักเรียนสร้างแบบจำลองโดยการลอกจากนักเรียนกลุ่มอื่น - นักเรียนไม่สามารถใช้แบบจำลองในการตอบคำถามได้

2. การประเมินด้านการปรับปรุงและเปลี่ยนแปลงแบบจำลอง

ตาราง 34 เกณฑ์การประเมินทักษะกระบวนการสร้างแบบจำลองด้านการปรับปรุงและเปลี่ยนแปลงแบบจำลอง

คะแนน	รายการประเมิน
ระดับ 4	- นักเรียนปรับปรุงเปลี่ยนแปลงในแบบจำลองทำให้การอธิบายดีขึ้นมากกว่า มีการแก้จุดบกพร่องต่าง ๆในแบบจำลองให้ดีมากขึ้น - นักเรียนมีการประเมินแบบจำลองของตน เพื่อทำให้การอธิบายดีขึ้น
ระดับ 3	- นักเรียนปรับปรุงเปลี่ยนแปลงในแบบจำลองทำให้การอธิบายดีขึ้นมากกว่า มีการแก้จุดบกพร่องต่าง ๆในแบบจำลองให้ดีมากขึ้น - นักเรียนไม่ได้มีการประเมินแบบจำลองของตนเอง แต่ใช้วิธีการถามจากนักเรียนคนอื่นว่าควรปรับปรุงอย่างไร
ระดับ 2	- นักเรียนปรับปรุงแบบจำลองจากข้อมูลจากครู ตำราเรียน หรือเพื่อนๆ - นักเรียนไม่ได้มีการประเมินแบบจำลองของตนเอง - นักเรียนสร้างแบบจำลองด้วยการถามครูผู้สอน พร้อมด้วยการเปิดตำรา - นักเรียนสามารถใช้แบบจำลองในการตอบคำถามได้บางข้อ
ระดับ 1	- นักเรียนสร้างแบบจำลองโดยการลอกจากนักเรียนกลุ่มอื่น - นักเรียนไม่สามารถใช้แบบจำลองในการตอบคำถามได้

หลังจากที่ได้ทำการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานแล้วผู้วิจัยได้ทำการเก็บข้อมูลและได้ผลการวิเคราะห์แยกเป็นแผนการจัดการเรียนรู้ดังนี้

1. โปรตีน

ตาราง 35 ตารางแสดงค่าเฉลี่ยของเกณฑ์การประเมินคุณภาพแบบจำลอง การประเมินด้านการสร้างและใช้แบบจำลอง และด้านการปรับปรุงและเปลี่ยนแปลงแบบจำลองของแผนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง โปรตีน

หัวข้อการประเมิน	N	$\bar{X}$	SD
คุณภาพของแบบจำลอง	38	3.50	.55
ด้านการสร้างและการใช้แบบจำลอง	38	2.34	.48
ด้านการปรับปรุงและเปลี่ยนแปลงแบบจำลอง	38	2.63	.49

จากตารางที่ 35 พบว่านักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง โปรตีน มีคะแนนการประเมินของคุณภาพแบบจำลองเฉลี่ยอยู่ที่ 3.50 คะแนน ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ พอใช้ คะแนนการประเมินด้านการสร้างและใช้แบบจำลองมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 2.34 คะแนนซึ่งอยู่ในเกณฑ์ พอใช้ และคะแนนการประเมินด้านการปรับปรุงและเปลี่ยนแปลงแบบจำลองมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 2.63 คะแนนซึ่งอยู่ในเกณฑ์ พอใช้

2. คาร์โบไฮเดรต

ตาราง 36 ตารางแสดงค่าเฉลี่ยของเกณฑ์การประเมินคุณภาพแบบจำลอง การประเมินด้านการสร้างและใช้แบบจำลอง และด้านการปรับปรุงและเปลี่ยนแปลงแบบจำลองของแผนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง คาร์โบไฮเดรต

หัวข้อการประเมิน	N	$\bar{X}$	SD
คุณภาพของแบบจำลอง	38	4.00	.00
ด้านการสร้างและการใช้แบบจำลอง	38	2.58	.50

หัวข้อการประเมิน	N	$\bar{x}$	SD
ด้านการปรับปรุงและเปลี่ยนแปลงแบบจำลอง	38	3.00	.00

จากตารางที่ 36 พบว่านักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง โปรตีน มีคะแนนการประเมินของคุณภาพแบบจำลองเฉลี่ยอยู่ที่ 4 คะแนน ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ ดี คะแนนการประเมินด้านการสร้างและใช้แบบจำลองมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 2.58 คะแนนซึ่งอยู่ในเกณฑ์ พอใช้ และคะแนนการประเมินด้านการปรับปรุงและเปลี่ยนแปลงแบบจำลองมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 3.00 คะแนนซึ่งอยู่ในเกณฑ์ ดี

3. ไขมัน

ตาราง 37 ตารางแสดงค่าเฉลี่ยของเกณฑ์การประเมินคุณภาพแบบจำลอง การประเมินด้านการสร้างและใช้แบบจำลอง และด้านการปรับปรุงและเปลี่ยนแปลงแบบจำลองของแผนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง ไขมัน

หัวข้อการประเมิน	N	$\bar{x}$	SD
คุณภาพของแบบจำลอง	38	4.83	.41
ด้านการสร้างและการใช้แบบจำลอง	38	3.00	.00
ด้านการปรับปรุงและเปลี่ยนแปลงแบบจำลอง	38	3.00	.00

จากตารางที่ 37 พบว่านักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง โปรตีน มีคะแนนการประเมินของคุณภาพแบบจำลองเฉลี่ยอยู่ที่ 4.83 คะแนน ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ ดี คะแนนการประเมินด้านการสร้างและใช้แบบจำลองมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 3.00 คะแนนซึ่งอยู่ในเกณฑ์ ดี และคะแนนการประเมินด้านการปรับปรุงและเปลี่ยนแปลงแบบจำลองมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 3.00 คะแนนซึ่งอยู่ในเกณฑ์ ดี

4. กรดนิวคลีอิค

ตาราง 38 ตารางแสดงค่าเฉลี่ยของเกณฑ์การประเมินคุณภาพแบบจำลอง การประเมินด้านการสร้างและใช้แบบจำลอง และด้านการปรับปรุงและเปลี่ยนแปลงแบบจำลองของแผนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง กรดนิวคลีอิค

หัวข้อการประเมิน	N	$\bar{x}$	SD
คุณภาพของแบบจำลอง	38	5.00	.00
ด้านการสร้างและการใช้แบบจำลอง	38	2.97	.16
ด้านการปรับปรุงและเปลี่ยนแปลงแบบจำลอง	38	3.00	.00

จากตารางที่ 38 พบว่านักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง โปรตีน มีคะแนนการประเมินของคุณภาพแบบจำลองเฉลี่ยอยู่ที่ 5.00 คะแนน ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ ดีมาก คะแนนการประเมินด้านการสร้างและใช้แบบจำลองมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 2.97 คะแนนซึ่งอยู่ในเกณฑ์ พอใช้ และคะแนนการประเมินด้านการปรับปรุงและเปลี่ยนแปลงแบบจำลองมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 3.00 คะแนนซึ่งอยู่ในเกณฑ์ ดี

5. เอมไซม์

ตาราง 39 ตารางแสดงค่าเฉลี่ยของเกณฑ์การประเมินคุณภาพแบบจำลอง การประเมินด้านการสร้างและใช้แบบจำลอง และด้านการปรับปรุงและเปลี่ยนแปลงแบบจำลองของแผนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง เอมไซม์

หัวข้อการประเมิน	N	$\bar{x}$	SD
คุณภาพของแบบจำลอง	38	5.00	.00
ด้านการสร้างและการใช้แบบจำลอง	38	3.32	.47
ด้านการปรับปรุงและเปลี่ยนแปลงแบบจำลอง	38	3.32	.47

จากตารางที่ 39 พบว่านักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง โปรตีน มีคะแนนการประเมินของคุณภาพแบบจำลองเฉลี่ยอยู่ที่ 5.00 คะแนน ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ ดีมาก คะแนนการประเมินด้านการสร้างและใช้แบบจำลองมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 3.32 คะแนนซึ่งอยู่ในเกณฑ์ ดี และคะแนนการประเมินด้านการปรับปรุงและเปลี่ยนแปลงแบบจำลองมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 3.32 คะแนนซึ่งอยู่ในเกณฑ์ ดี

เมื่อทำการคำนวนค่าเฉลี่ยของทักษะการสร้างแบบจำลองของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานแล้วสามารถสรุปออกมาได้ดังตาราง

ตาราง 40 แสดงค่าเฉลี่ยของคะแนนการประเมินคุณภาพแบบจำลองของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

กลุ่มที่	โปรตีน	คาร์โบไฮเดรต	ไขมัน	กรดนิวคลีอิค	เอมไซม์	เฉลี่ย
1	3	4	4	5	5	**4.20**
2	4	4	5	5	5	**4.60**
3	4	4	5	5	5	**4.60**
4	4	4	5	5	5	**4.60**
5	3	4	5	5	5	**4.40**
6	3	4	5	5	5	**4.40**
เฉลี่ย	**3.50**	**4.00**	**4.83**	**5.00**	**5.00**	4.47

จากตารางที่ 40 พบว่าคะแนนเฉลี่ยของคะแนนการประเมินคุณภาพแบบจำลองของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานนั้นมีค่าเท่ากับ 4.47 เมื่อเปรียบเทียบกับเกณฑ์แล้วพบว่า อยู่ในเกณฑ์ดี

และเมื่อเมื่อทำการคำนวนค่าเฉลี่ยของทักษะกระบวนการสร้างแบบจำลองด้านการสร้างและการใช้ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานแล้วสามารถสรุปได้ดังตาราง

ตาราง 41 แสดงค่าเฉลี่ยของทักษะกระบวนการสร้างแบบจำลองด้านการสร้างและการใช้แบบจำลองของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

เรื่อง	จำนวนนักเรียน	คะแนนเฉลี่ยของนักเรียน
โปรตีน	38	2.34
คาร์โบไฮเดรต	38	2.58
ไขมัน	38	3.00
กรดนิวคลีอิค	38	2.97
เอมไซม์	38	3.32
เฉลี่ย	38	2.84

จากตารางที่ 41 พบว่า ค่าเฉลี่ยของทักษะกระบวนการสร้างแบบจำลองด้านการสร้างและการใช้แบบจำลองของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานมีค่าเท่ากับ 2.84 เมื่อเปรียบเทียบกับเกณฑ์แล้วพบว่า อยู่ในเกณฑ์ดี

ตาราง 42 แสดงค่าเฉลี่ยของทักษะกระบวนการสร้างแบบจำลองด้านการปรับปรุงและเปลี่ยนแปลงอบบจำลองของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

เรื่อง	จำนวนนักเรียน	คะแนนเฉลี่ยของนักเรียน
โปรตีน	38	2.63
คาร์โบไฮเดรต	38	3.00
ไขมัน	38	3.00
กรดนิวคลีอิค	38	3.00
เอมไซม์	38	3.32
เฉลี่ย	38	2.99

จากตารางที่ 42 พบว่า ค่าเฉลี่ยของทักษะกระบวนการสร้างแบบจำลองด้านการปรับปรุงและเปลี่ยนแปลงอบบจำลองของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานมีค่าเท่ากับ 2.99 เมื่อเปรียบเทียบกับเกณฑ์แล้วพบว่า อยู่ในเกณฑ์ดี

บทที่ 5
สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การดำเนินการวิจัยในครั้งนี้ เป็นการวิจัยโดยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการศึกษา และศึกษาทักษะการสร้างแบบจำลอง ผู้วิจัยสามารถสรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะดังนี้

1. ความมุ่งหมายของการวิจัย
2. สรุปผล
3. อภิปรายผล
4. ข้อเสนอแนะ

ความมุ่งหมายของการวิจัย

1. เพื่อพัฒนาการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4
2. เพื่อศึกษาสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ใช้การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน
3. เพื่อศึกษาทักษะการสร้างแบบจำลองของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ใช้การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

สรุปผล

1. ผลการพัฒนาการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เป็นการจัดการเรียนรู้เป็นกระบวนการที่นักเรียนใช้เพื่อทำความเข้าใจและอธิบายปรากฏการณ์ต่าง ๆ ผ่านการปรับปรุงแบบจำลองของปรากฏการณ์นั้น ๆอย่างต่อเนื่องโดยหลักการในการจัดการเรียนรู้นั้นเริ่มต้นด้วยการตรวจสอบความรู้เดิมของนักเรียนเพื่อสร้างแบบจำลองทางความคิด (Produce mental model) เกี่ยวกับปรากฏการณ์ที่ศึกษา จากนั้นนักเรียนจึงแสดงออกแบบจำลอง (Express model) ที่สร้างขึ้นในรูปแบบต่าง ๆ เช่น สิ่งที่เป็นรูปธรรม คำพูด สัญลักษณ์ หรือรูปภาพ ต่อมานักเรียนทำการทำการทดสอบ (Test) และประเมิน (Evaluate) แบบจำลองโดยการนำไปทดลองใช้เพื่อนำไปสู่การปรับปรุง

(Revision) และแก้ไขแบบจำลองเพื่ออธิบายปรากฏการณ์ที่ศึกษาได้ดีขึ้น รวมทั้งขยายแบบจำลองเพื่อขยายแนวคิดให้กว้างขึ้น โดยผู้วิจัยได้ทำการพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้โดยมีขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ดังนี้ 1) ขั้นการสร้างแบบจำลอง เป็นขั้นตอนที่ครูผู้สอนเร้าความสนใจผู้เรียนเพื่อกระตุ้นให้ผู้เรียน โดยการตั้งคำถาม ข้อสังเกต หรือการใช้สื่อการเรียนรู้ ซึ่งนำไปสู่ปัญหาที่ต้องการให้เรียนรู้ จากนั้นนักเรียนคิด วางแผน อภิปรายโดยใช้ ความรู้ที่มีอยู่ออกแบบและสร้างแบบจำลองตามแนวคิดของตนเอง โดยได้ทำการปรับปรุงการเร้าความสนใจนักเรียนโดยใช้สื่อการเรียนรู้ได้แก่ วีดีทัศน์ และใช้สิ่งของที่ใช้ในการจัดเรียนรู้มาใช้ตั้งคำถามกับผู้เรียน 2) ขั้นการประเมินแบบจำลอง เป็นขั้นตอนที่นักเรียนได้ทำการประเมินแบบจำลองทางความคิดที่นักเรียนได้สร้างขึ้นว่าสามารถนำไปอธิบายปรากฏการณ์ที่ศึกษาได้หรือไม่ หรือแบบจำลองนั้นมีความถูกต้องด้านเนื้อหาที่ศึกษาหรือไม่ โดยผู้วิจัยได้ปรับปรุงขั้นตอนนี้โดยใช้การนำแบบจำลองของนักเรียนมาอภิปรายและหาข้อมูลร่วมกัน 3) ขั้นการปรับปรุงและเปลี่ยนแปลงแบบจำลอง เป็นขั้นตอนที่นักเรียนได้ทำการปรับปรุงแบบจำลองของนักเรียนให้สามารถอธิบายข้อมูลหรือปรากฏการณ์ที่ศึกษาได้อย่างถูกต้อง จากนั้นทำการอภิปรายว่าแบบจำลองของนักเรียนนั้นมีความสอดคล้องกับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์มากน้อยเพียงใด 4) ขั้นการขยายแบบจำลอง เป็นขั้นตอนที่นักเรียนนำแบบจำลองของนักเรียนนั้นไปใช้อธิบายในสถานการณ์อื่น ๆ รวมถึงตรวจสอบว่าแบบจำลองที่นักเรียนได้สร้างขึ้นนั้นสามารถอธิบายปรากฏการณ์อื่นได้หรือไม่ โดยทำการปรับปรุงโดยสร้างสถานการณ์ขึ้นมาจากนั้นให้นักเรียนทำการนำแบบจำลองของนักเรียนมาอธิบายสถานการณ์ที่กำหนดขึ้นในรูปแบบของโจทย์คำถาม นอกจากนี้ยังได้ทำการปรับปรุงเวลาที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้โดยกำหนดเวลาดังนี้ 1) ขั้นการสร้างแบบจำลอง กำหนดเวลาที่ 40 นาที 2) ขั้นการประเมินแบบจำลอง กำหนดเวลาที่ 30 นาที 3) ขั้นการปรับปรุงและเปลี่ยนแปลงแบบจำลอง กำหนดเวลาที่ 30 4) ขั้นการขยายแบบจำลอง กำหนดเวลาที่ 10 นาที

ผลการประเมินคุณภาพโดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 คน พบว่าแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง สารอาหารและสารเคมีในสิ่งมีชีวิต มีคุณภาพอยู่ในเกณฑ์ดีมาก และจากการบันทึกหลังแผน และถอดบทสัมภาษณ์ต่อการจัดกิจกรรมการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานพบว่า นักเรียนได้มีการฝึกการทำงานร่วมกัน ร่วมมือกันทำงานที่ได้รับมอบหมาย มีความรับผิดชอบต่อหน้าที่ที่ได้รับมอบหมาย ส่งเสริมการคิดอย่างเป็นขั้นตอน ช่วยให้เข้าใจในเนื้อหามากขึ้น อีกทั้งยังช่วยส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์

2. ผลการศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง สารอาหารและสารเคมีในสิ่งมีชีวิต พบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยหลังได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเฉลี่ยของนักเรียนเท่ากับ 15.63 ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 78.15

3. ผลศึกษาทักษะการสร้างแบบจำลองของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ใช้การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน จากการศึกษาพบว่า คะแนนเฉลี่ยของการประเมินคุณภาพของแบบจำลองของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานเท่ากับ 4.47 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ดี และผลการศึกษาทักษะกระบวนการการสร้างแบบจำลองพบว่า คะแนนเฉลี่ยของการประเมินทักษะกระบวนการสร้างแบบจำลองด้านการสร้างและการใช้ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานเท่ากับ 2.84 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ ดี และคะแนนเฉลี่ยของการประเมินทักษะกระบวนการสร้างแบบจำลองด้านการปรับปรุงและเปลี่ยนแปลงแบบจำลอง เท่ากับ 2.99 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ พอใช้

อภิปรายผล

การวิจัยในครั้งนี้เป็นการพัฒนาการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะการสร้างแบบจำลอง ในรายวิชาชีววิทยา เรื่อง สารอาหารและสารเคมีในสิ่งมีชีวิต สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จากการดำเนินการวิจัยสามารถอภิปรายผลได้ดังนี้

1. ผลการพัฒนากิจกรรมการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เป็นการจัดการเรียนรู้ที่เน้นการปฏิบัติการสร้าง การใช้ การประเมินและปรับปรุงแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์เพื่อทำความเข้าใจและอธิบายปรากฏการณ์ต่าง ๆ ที่ศึกษา โดยมี 4 ขั้นตอนได้แก่ 1) ขั้นการสร้างแบบจำลอง โดยได้ทำการปรับปรุงการเร้าความสนใจนักเรียนโดยใช้สื่อการเรียนรู้ได้แก่ วีดีทัศน์ และใช้สิ่งของที่ใช้ในการจัดเรียนรู้มาใช้ตั้งคำถามกับผู้เรียน โดยมีจุดมุ่งหมายคือการทำให้นักเรียนนั้นสนใจในการเรียนมากขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับคำกล่าวของ (Clement, 2000) ที่ได้กล่าวว่า การใช้สื่อเช่น รูปภาพ แบบจำลอง คลิปวีดีโอ การทดลอง ภาพเคลื่อนไหว เป็นต้นจะทำให้นักเรียนเห็นภาพและเข้าใจแนวคิดได้ง่ายขึ้น นอกจากนี้การนำเนื้อหามาเชื่อมโยงกับชีวิตประจำวันจำทำให้นักเรียนสนใจในการเรียนมากขึ้น 2) ขั้นการประเมินแบบจำลอง ผู้วิจัยได้ทำการปรับปรุงโดยการนำแบบจำลองของนักเรียนมาอภิปรายและหาข้อมูลร่วมกัน โดยการอภิปรายความแตกต่างของแบบจำลองของนักเรียนนั้นจะทำให้นักเรียนได้รู้ถึงข้อปรับปรุงของแบบจำลองของนักเรียนเองโดยเปรียบเทียบกับนักเรียนกลุ่มอื่น ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ (ชัยยนต์ ศรีเชียงหา, 2554) ที่ได้ทำการวิจัยเรื่องการพัฒนาแนวคิดเรื่อง “สมดุลเคมีและเจตคติต่อวิชาเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ด้วยกิจกรรมการจัดการเรียนรู้ โดยแบบจำลองเป็นฐาน” ที่ได้สรุปว่า การแสดงออกถึงแบบจำลองของนักเรียนจะทำให้เกิดการเปรียบเทียบแบบจำลองของตนเองและของเพื่อน ซึ่งจะทำให้นักเรียนรู้ถึงจุดเด่นและจุดด้อยที่จะนำไปสู่การปรับปรุงแก้ไขแบบจจำลอง

ให้ดียิ่งขึ้น 3) ขั้นการปรับปรุงและเปลี่ยนแปลงแบบจำลอง เป็นขั้นตอนที่มุ่งหวังให้นักเรียนนั้นแก้ไขปรับปรุงแบบจำลองของนักเรียนที่ได้จากการอภิปรายร่วมกันของนักเรียน เพื่อแก้ไขให้แบบจำลองนั้นมีความถูกต้องสมบูรณ์มากขึ้น ซึ่งผู้วิจัยได้ทำการปรับปรุงให้นักเรียนนั้นหาจุดเด่นและจุดด้อยของแบบจำลองของตนและทำการแก้ไขปรับปรุง ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาของ Najang and kaewdee (2014) ที่ได้ศึกษาเรื่อง “Effects of using model-centered instruction sequence on ability in making scientific model and concepts of laws of motion and types of motion of upper secondary school students” ที่พบว่า การแก้ไขปรับปรุงแบบจำลองจะช่วยให้นักเรียนขยายความสามารถในการอธิบายเพื่อนำไปสู่การปรับปรุงแก้ไขแบบจำลองให้นักเรียนอธิบายข้อมูลได้อย่างถูกต้องและเป็นวิทยาศาสตร์ยิ่งขึ้น 4) ขั้นการขยายแบบจำลอง โดยทำการปรับปรุงโดยสร้างสถานการณ์ขึ้นมาจากนั้นให้นักเรียนทำการนำแบบจำลองของนักเรียนมาอธิบายสถานการณ์ที่กำหนดขึ้นในรูปแบบของโจทย์คำถาม โดยมุ่งหวังให้นักเรียนสามารถนำแบบจำลองไปอธิบายในสถานการณ์ใหม่ ๆ หรือข้อคำถามใหม่ ที่จะช่วยให้นักเรียนนั้นเข้าใจในเนื้อหามากขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับที่ Evagorou et al. (2009) กล่าวว่า การขยายแบบจำลองเพื่อให้อธิบายในสถานการณ์ใหม่นั้นจะช่วยให้นักเรียนเชื่อมโยงความรู้ไปยังสถานการณ์หรือความรู้วิทยาศาสตร์ใหม่ๆได้ ซึ่งจากการบันทึกหลังแผน และถอดบทสัมภาษณ์ต่อการจัดกิจกรรมการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานพบว่า นักเรียนได้มีการฝึกการทำงานร่วมกัน ร่วมมือกันทำงานที่ได้รับมอบหมาย มีความรับผิดชอบต่อหน้าที่ที่ได้รับมอบหมาย ส่งเสริมการคิดอย่างเป็นขั้นตอน ซึ่งเกิดจากรูปแบบของการจัดเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน อันประกอบไปด้วยการสร้างแบบจำลอง ประเมินแบบจำลองปรับปรุงและแก้ไข และขยายแบบจำลอง ที่ช่วยทำให้นักเรียนฝึกความคิดอย่างเป็นระบบผ่านขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ที่มีการพัฒนาการคิดอย่างเป็นระบบอย่างมีลำดับขั้นตอน ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ ชนาธิป โหตรภวานนท์ (2562) ที่พบว่าการคิดอย่างเป็นระบบของนักเรียนมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นหลังจากที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานในทุกๆครั้ง อีกทั้งยังสอดคล้องกับงานวิจัยของ Srikrod et al. (2016) ที่ได้ศึกษาผลการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 5 ขั้น (5E) ร่วมกับเทคนิคแผนผังความคิดซึ่งพบว่าการสร้างแบบจำลองจะทำให้นักเรียนเข้าใจถึงประเด็นหลักที่สำคัญของความรู้ และสามารถเชื่อมโยงความรู้ความคิดอย่างเป็นระบบ การที่นักเรียนเข้าใจในเนื้อหามากขึ้น อาจเกิดจากรูปแบบการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ซึ่งผ่านการสร้างแบบจำลองและการขยายแบบจำลอง รวมถึงการอภิปรายร่วมกันของนักเรียน ซึ่งการสร้างแบบจำลองมีส่วนช่วยเสริมให้ผู้เรียนสามารถอธิบายแนวคิดจากนามธรรมไปสู่รูปธรรม (กนกภรณ์ ทรวดทรง, 2564) นอกจากนี้ Khan (2007) ได้กล่าวว่าในขั้นตอนการขยายแบบจำลอง นักเรียนสามารถนำแบบจำลองที่สร้างขึ้นไปขยายแนวคิดให้กว้างขึ้นและสามารถนำแนวคิดนั้นไปใช้อธิบายในสถานการณ์อื่นๆได้ นอกจากนี้ Coll and Taylor (2005) ได้กล่าวว่าการที่

นักเรียนได้ร่วมกันสร้างแบบจำลองผ่านกระบวนการกลุ่ม ซึ่งนำไปสู่การค้นหาความรู้ การอภิปรายความรู้ ทำให้นักเรียนสามารถระบุความสัมพันธ์ในแต่ละองค์ประกอบของเนื้อหาที่เรียนได้ดีมากขึ้น

2. ผลการศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง สารอาหารและสารเคมีในสิ่งมีชีวิต พบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 อาจเกิดจากการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานผ่านกระบวนการสร้างแบบจำลองซึ่งนำองค์ความรู้ที่นักเรียนได้ค้นคว้า หรือผ่านการทดลองนำมาสร้างเป็นแบบจำลอง ก่อให้เกิดความรู้ความเข้าใจและสามารถอธิบายเกี่ยวกับปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์ได้อย่างถูกต้องซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดของ Schwanz et al. (2009) ที่ได้ศึกษาการสร้างการประเมินทักษะการสร้างแบบจำลอง นอกจากนี้ผลของการวิจัยของ Srikrod et al. (2016) ที่ได้ศึกษาผลการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 5 ขั้น (5E) ร่วมกับเทคนิคแผนผังความคิด พบว่าการสร้างแบบจำลองนั้นจะทำให้ผู้เรียนเข้าใจถึงประเด็นที่สำคัญของความรู้ นอกจากนี้ขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานในแต่ละขั้นนั้นยังช่วยส่งเสริมความรู้ความเข้าใจ ไม่ว่าจะเป็นขั้นการสร้างแบบจำลองที่นักเรียนจะทำการค้นคว้าหาข้อมูลหรือผ่านการทำการทดลอง ขั้นตอนการประเมินแบบจำลอง ซึ่ง Nicolaou and Constantinou (2007) ได้กล่าวว่า การประเมินแบบจำลองต้องมีการเปรียบเทียบปรากฏการณ์ที่แท้จริงแล้วจึงทำการปรับปรุง เพื่อก่อให้เกิดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้อง นอกจากนี้การอภิปรายเกี่ยวกับแบบจำลองนั้นจะช่วยให้นักเรียนมีความเข้าใจในเนื้อหาและตัวแบบจำลองมากขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับที่ จิราภรณ์ กุลพิมล (2563) กล่าวว่าการอภิปรายแบบจำลองช่วยให้นักเรียนสามารถเรียนรู้ได้ด้วยตนเองส่งผลให้นักเรียนมีความรู้ความเข้าใจเกิดเป็นมโนมติ ขั้นตอนการปรับปรุงแบบจำลอง จะช่วยให้นักเรียนนั้นแก้ไขความรู้ให้ถูกต้องและเข้าใจมากขึ้นมากขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับที่ Najang and Kaewdee (2014) ได้กล่าวไว้ว่าการปรับปรุงแบบจำลองจะช่วยให้นักเรียนขยายความสามารถในการอธิบาย เพื่อนำไปสู่การปรับปรุงแก้ไขให้นักเรียนอธิบายข้อมูลได้ถูกต้องมากยิ่งขึ้น ขั้นตอนขยายแบบจำลอง นั้นก่อให้เกิดการขยายแนวคิดให้กว้างขึ้น ทำให้นักเรียนเข้าใจในเนื้อหามากขึ้นผ่านการเชื่อมโยงความรู้กับสถานการณ์อื่นๆ สอดคล้องกับที่ Khan (2007) ได้กล่าวว่าในขั้นตอนการขยายแบบจำลอง นักเรียนสามารถนำแบบจำลองที่สร้างขึ้นไปขยายแนวคิดให้กว้างขึ้นและสามารถนำแนวคิดนั้นไปใช้อธิบายในสถานการณ์อื่นๆได้

3. ผลศึกษาทักษะการสร้างแบบจำลองของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ใช้การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน จากการศึกษาพบว่า คะแนนเฉลี่ยของการประเมินคุณภาพของแบบจำลองของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานเท่ากับ 4.47 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ดี และผลการศึกษาทักษะกระบวนการการสร้างแบบจำลองพบว่า คะแนนเฉลี่ยของการประเมินทักษะกระบวนการสร้างแบบจำลองด้านการสร้างและการใช้ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการ

เรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานเท่ากับ 2.84 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ ดี และคะแนนเฉลี่ยของการประเมินทักษะกระบวนการสร้างแบบจำลองด้านการปรับปรุงและเปลี่ยนแปลงแบบจำลอง เท่ากับ 2.99 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ ดี และการที่แผนจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง โปรตีน มีคะแนนเฉลี่ยของการประเมินคุณภาพของแบบลองเท่ากับ 3.50 ซึ่งมีค่าเฉลี่ยต่ำที่สุดจากทั้ง 5 แผนการจัดการเรียนรู้ และคะแนนเฉลี่ยของการประเมินทักษะกระบวนการด้านการสร้างและใช้แบบจำลองที่มีค่าเท่ากับ 2.34 ซึ่งมีค่าเฉลี่ยต่ำที่สุดจากทั้ง 5 แผนการจัดการเรียนรู้ และคะแนนเฉลี่ยของการประเมินทักษะกระบวนการด้านการปรับปรุงและเปลี่ยนแปลงที่มีค่าเท่ากับ 2.63 ซึ่งมีค่าเฉลี่ยต่ำที่สุดจากทั้ง 5 แผนการจัดการเรียนรู้ นั้นเกิดจากรูปแบบของการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานที่ประกอบไปด้วยขั้นตอนการสร้างแบบจำลองที่ช่วยพัฒนาทักษะด้านการสร้างแบบจำลอง การประเมินแบบจำลองที่ช่วยพัฒนาทักษะด้านการใช้แบบจำลอง การแก้ไขปรับปรุงแบบจำลองที่ช่วยพัฒนาทักษะด้านการปรับปรุงและเปลี่ยนแปลงแบบจำลอง และการขยายแบบจำลอง โดยขั้นตอนที่กล่าวมานั้นช่วยในการพัฒนาทักษะการสร้างแบบจำลองของเรียนโดยผ่านการเรียนรู้อย่างซ้ำ ๆ เมื่อนักเรียนได้กระทำการซ้ำ ๆ จึงก่อให้เกิดการพัฒนาทักษะการสร้างแบบจำลอง โดยสอดคล้องกับแนวคิดของ Schwarz et al. (2009) ที่ได้กล่าวไว้ว่า การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานนั้นส่งเสริมพัฒนาการในทักษะการสร้างแบบจำลองโดยผ่านขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานที่เน้นการพัฒนา ด้านการสร้าง การประเมิน การปรับปรุง และการนำแบบจำลองไปใช้ นอกจากนี้ยังสอดคล้องกับแนวคิดของ Baek et al. (2010) ที่ได้กล่าวว่า การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานเป็นการสอนที่เน้นการปฏิบัติการสร้าง การใช้ การประเมินและปรับปรุงแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์อีกด้วย

ข้อเสนอแนะ

1. ผลการวิจัยพบว่าการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานสามารถพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่อง สารอาหารและสารเคมีในสสิ่งมีชีวิต และพัฒนาทักษะการสร้างแบบจำลองได้ ดังนั้นควรมีการศึกษาในเนื้อหาอื่นในวิชาชีววิทยา เช่น การหายใจระดับเซลล์ โครงสร้างของพืช เป็นต้น และศึกษาผลที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะการสร้างแบบจำลองในวิชาอื่น เช่น ฟิสิกส์และเคมี เป็นต้น

2. ควรมีการศึกษาผลที่เกิดจากการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานในตัวแปรอื่นๆ เช่น มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ การคิดอย่างเป็นระบบ เจตคติต่อวิชาวิทยาศาสตร์ เป็นต้น เนื่องจากเป็นสิ่งสำคัญที่ต้องใช้ในการเรียนในวิชาวิทยาศาสตร์

3. ในการเลือกเนื้อหาที่จะนำมาจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานนั้น ควรคำนึงถึงเนื้อหาที่เป็นนามธรรม เพื่อให้เกิดความเข้าใจต่อเนื้อหาและก่อเกิดประโยชน์ต่อนักเรียนอย่างสูงสุด เนื่องจากการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานนั้นเป็นหนึ่งในวิธีการจัดการเรียนรู้ที่สามารถนำความรู้ในรูปแบบของนามธรรมเปลี่ยนให้เป็นรูปธรรมได้

4. ในการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานนั้นควรมีการจัดการเวลาอย่างเคร่งครัด เนื่องจากในแต่ละขั้นตอนนั้นใช้เวลาเป็นอย่างมาก

บรรณานุกรม

พหูนํ ปณฺฑิโต ชีเว

กรมวิชาการ. (2544). *แนวทางการวัดและประเมินผลทางการเรียนตามหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช*. กรุงเทพฯ: สำนักทดสอบทางการศึกษา.

กระทรวงศึกษาธิการ. (2560). *หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2560* (3rd ed.). กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ชุมนุม สหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย.

กูลวรุณ ชูศักดิ์. (2538). *กิจกรรมร่วมหลักสูตร*. เชียงใหม่: ภาควิชาหลักสูตรและการสอน คณะคุรุศาสตร์ สถาบันราชภัฏเชียงใหม่.

โกเมศ นาแจ้ง. (2554). *ผลของการจัดการเรียนการสอนโดยใช้ MCIS ที่มีต่อความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ และมโนทัศน์เรื่องกฎการเคลื่อนที่และแบบของการเคลื่อนที่ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย*. https://doi.org/10.14457/CU.THE.2011.548

จิราภรณ์ กุลพิมล, & วาสนา กีรติจำเริญ. (2563). การเปรียบเทียบมโนมติ เรื่อง ของแข็ง ของเหลว แก๊ส ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จากการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานกับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ. *วารสารศึกษาศาสตร์ปริทัศน์*, *35*(2), 50–65. Retrieved from https://so04.tci-thaijo.org/index.php/eduku/article/view/222174

ชนาธิป โหตรภวานนท์. (2562). การพัฒนาการคิดอย่างเป็นระบบสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง ระบบประสาทและอวัยวะรับความรู้สึก โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบจำลองเป็นฐาน. *วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร*, *21*(2), 64–79.

ชาตรี ฝ่ายคำตา. (2557). การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน. *วารสารศึกษาศาสตร์ปริทัศน์*, *29*.

โชติกา ภาษีผล. (2559). *การวัดและประเมินผลการเรียนรู้*. กรุงเทพฯ: ศูนย์หนังสือจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ทิศนา แขมมณี. (2557). *ศาสตร์การสอน:องค์ความรู้เพื่อการจัดกระบวนการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพ* (18th ed.). กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ธนัฏฐา คงทน. (2559). การพัฒนาแนวคิดเรื่อง เคมีอินทรีย์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยอาศัยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน. *วารสารหน่วยวิจัยวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อมเพื่อการเรียนรู้*, *7*(1).

บุญชม ศรีสะอาด. (2541). *การพัฒนาการสอน* (พิมพ์ครั้ง 2). กรุงเทพฯ: ชมรมเด็ก.

บุญชม ศรีสะอาด. (2543). *การวิจัยทางการวัดผลและประเมินผล*. กรุงเทพฯ: สุวีริยาสาส์น.

บุญศรี พรหมมาพันธุ์. (2545). *การพัฒนาแบบทดสอบวัดความพร้อมทางการเรียน ใน ประมวลสาระชุดวิชาการพัฒนาเครื่องมือสาหรับการประเมินการศึกษา หน่วยที่ 5*. นนทบุรี: มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช สาขาศึกษาศาสตร์.

ผาณิตดา วงศ์ขจร, สุชาติ ลี้ตระกูล, & กิตติศักดิ์ นิวรัตน์. (2561). ปัจจัย พหุ ระดับ ที่ ส่ง ผล ต่อ ผล สัมฤทธิ์ ทางการ เรียน รู้ ระดับ ชาติ (O-NET) ของ นักเรียน ชั้น ประถม ศึกษา ปี ที่ 6 สำนักงาน เขต พื้นที่ การ ศึกษา ประถม ศึกษา พะเยา เขต 2. *วารสาร พัฒน ศิลป์ วิชาการ*, *2*, 339–353.

พรชัย ภาพันธ์. (2550). การเรียนรู้ที่ยึดผู้เรียนเป็นสำคัญ ที่ครูต้องกลับมาทบทวน. *วารสารวิชาการ*, 40–47.

พรรณพิไล ชมชิด. (2552). การเรียนการสอนวิทยาศาสตร์โดยใช้แบบจำลอง. *นิตยสาร สสวท.*, *38*(163), 33–34.

พวงรัตน์ ทวีรัตน์. (2530). *การสร้างและพัฒนาแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์*. กรุงเทพฯ: ม.ป.พ.

พิมพันธ์ เดชะคุปต์. (2548). *วิธีวิทยาการสอนวิทยาศาสตร์ทั่วไป*. กรุงเทพฯ: พัฒนาคุณภาพวิชาการ.

พีระพงษ์ เครื่องสนุก. (2558). เครื่องมือการวัดผลทางการศึกษา. Retrieved from GotoKnow website: https://www.gotoknow.org/posts/587305

ไพรโรจน์ นาคะสุวรรณ และวันนอร์ มะมา. (2528). *กิจกรรมเสริมหลักสูตร*. กรุงเทพฯ: อักษรบัณฑิต.

ภพ เลาหไพบูลย์. (2542). *แนวการสอนวิทยาศาสตร์* (พิมพ์ครั้ง). กรุงเทพฯ: บริษัทโรงพิมพ์ไทยวัฒนาพานิช จำกัด.

ภรทิพย์ สุภัทรชัยวงศ์. (2558). การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานเพื่อพัฒนาแบบจำลองทางความคิด เรื่อง โครงสร้างอะตอมและความเข้าใจธรรมชาติของแบบจำลองของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4. *วารสารนวัตกรรมการเรียนรู้*, *1*(1), 97–124.

มณีญา สุราช. (2560). *การวัดและประเมินผลการศึกษา*. คณะครุศาสตร์: มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี.

รอดแรงค้า, ว. (2554). *การสอนวิทยาศาสตร์ที่เน้นทักษะกระบวนการ*. กรุงเทพฯ: สถาบันพัฒนา

คุณภาพเชิงวิชาการ.

เรวณี ชัยเชาวรัตน์. (2559). *การออกแบบและการจัดการเรียนรู้*. อุดรธานี: คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี.

ล้วน สายยศ. (2543). *เทคนิคการวัดผลการเรียนรู้* (พิมพ์ครั้ง). กรุงเทพฯ: สุวีริยาสาส์น.

วรรณทิพา รอดแรงค้า. (2540). *การประเมินทักษะกระบวนการและการแก้ปัญหา*. กรุงเทพฯ: สถาบันส่งเสริมคุณภาพวิชาการ.

วรวัฒน ศีลบุตร. (2018). *การจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับวิธีการแบบเปิด เพื่อพัฒนาแนวคิด เรื่อง สารชีวโมเลกุล ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6*. 102–112.

วีรพงษ์ ศรัทธาผล. (2561). การจัดการเรียนการสอนในศตวรรษที่ 21. Retrieved from 2561 website: http://agro-industry.mfu.ac.th/events/744

ศรีกรด, ช., ศิริสวัสดิ์, เ., พันธ์พฤกษา, ก., & ประสบกิตติคุณ, ท. (2016). ผลการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 5 ขั้น (5E) ร่วมกับเทคนิคแผนผังความคิด วิชาชีววิทยา เรื่อง ระบบประสาทและ อวัยวะรับความรู้สึก สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5. *JOURNAL OF EDUCATION NARESUAN UNIVERSITY*, *18*(2), 171–180. Retrieved from https://so06.tci-thaijo.org/index.php/edujournal_nu/article/view/61075

ศิริชัย กาญจนวาสี. (2556). *ทฤษฎีการทดสอบแบบดั้งเดิม* (พิมพ์ครั้ง). กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สถาบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ. (2563). คะแนนเฉลี่ยผลการทดสอบ O-NET ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 จำแนกรายสาระและสังกัด. Retrieved from https://www.niets.or.th/th/catalog/view/3865

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2556). *คู่มือการใช้หลักสูตรวิทยาศาสตร์ฉบับอนาคต*. กรุงเทพฯ: สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.

สมชาย รัตนทองคำ. (2554). เอกสารประกอบการสอนวิชา475 788 การสอนทางกายภาพบำบัด. Retrieved from https://ams.kku.ac.th/ablearn/index.php?option=com_content&view=article&id=72:475-788-&catid=28:current-users&Itemid=41

สมนึก ภัททิยธนี. (2553). *การวัดผลการศึกษา* (พิมพ์ครั้ง). กาฬสินธุ์: โรงพิมพ์ประสานการพิมพ์.

สุทธิวรรณ พีรศักดิ์โสภณ. (2560). *เอกสารประกอบการบรรยาย การสร้างเครื่องมือวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน*. สุพรรณบุรี: สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาสุพรรณบุรี เขต 9.

Baek, H., Schwarz, C., Chen, J., Hokayem, H., & Zhan, L. (2011). Engaging elementary students in scientific modeling: The MoDeLS fifth-grade approach and findings. *Springer*, *Models and*, 195–218.

Barak, M., & Hussein-Farraj, R. (2013). Integrating Model-Based Learning and Animations for Enhancing Students' Understanding of Proteins Structure and Function. *Research in Science Education*, *43*(2), 619–636.

Buckley, Barbara C., et al. (2010). Looking inside the black box: assessing model-based learning and inquiry in BioLogica. *International Journal of Learning Technology*, *5.2*(2), 166–190.

Champagne, A. B., & Klopfer, L. E. (1981). Structuring process skills and the solution of verbal problems involving science concepts. *Science Education*, *65*(5), 493–511. https://doi.org/10.1002/sce.3730650505

Clement, J. (2010). Model based learning as a key research area for science education. *Http://Dx.Doi.Org/10.1080/095006900416901*, *22*(9), 1041–1053. https://doi.org/10.1080/095006900416901

Coll, R. K., France, B., & Taylor, I. (2011). The role of models/and analogies in science education: implications from research. *Http://Dx.Doi.Org/10.1080/0950069042000276712*, *27*(2), 183–198. https://doi.org/10.1080/0950069042000276712

Evagorou, M., Korfiatis, K., Nicolaou, C., & Constantinou, C. (2009). An Investigation of the Potential of Interactive Simulations for Developing System Thinking Skills in Elementary School: A case study with fifth-graders and sixth-graders. *Http://Dx.Doi.Org/10.1080/09500690701749313*, *31*(5), 655–674. https://doi.org/10.1080/09500690701749313

Gilbert, S. W., & Ireton, S. W. (2003). *understanding models in earth & space science*. NSTA press.

Gilbert, J. K. (2005). Visualization: A metacognitive skill in science and science education. *Springer*, *Visualizat*, 9–27.

Harrison, A. G., & Treagust, D. F. (2000). Learning about atoms, molecules, and chemical bonds: A case study of multiple-model use in grade 11 chemistry. *Science Education*, *84*(3), 352–381. https://doi.org/10.1002/(SICI)1098-237X(200005)84:3<352::AID-SCE3>3.0.CO;2-J

Hodgson, T. (1995). Secondary mathematics modeling: Issues and challenges. *School Science and Mathematics*, *95*(7), 351–358.

Ibrahim, B. B. (2009). *Model-based teaching and learning of kinematics in an introductory physics course for underprepared students*.

Jackson, V. (2001). The Multidimensional Assessment of Student Performance in Middle School Science. In *Assessment in Science* (pp. 181–196). https://doi.org/10.1007/978-94-010-0802-0_11

Justi, R., & Gilbert, J. (2002). Philosophy of chemistry in university chemical education: The case of models and modelling. *Foundations of Chemistry*, *4*(3), 213–240. https://doi.org/10.1023/A:1020608215725

Khan, S. (2007a). Model-based inquiries in chemistry. *Science Education*, *91*(6), 877–905. https://doi.org/10.1002/SCE.20226

Khan, S. (2007b). Model-based inquiries in chemistry. *Science Education*, *91*(6), 877–905. https://doi.org/10.1002/sce.20226

Millar, R., & Driver, R. (1987). Beyond processes. *Studies in Science Education*, *14*(1), 33–62. https://doi.org/10.1080/03057268708559938

Najang K. (2011). *Effects of using model-centered instruction sequence on ability in making scientific model and concepts of laws of motion and types of motion of upper secondary school students*. Chulalongkorn University, Bangkok.

Nicolaou, C. T., & Constantinou, C. P. (2014). Assessment of the modeling competence: A systematic review and synthesis of empirical research. *Educational Research Review*, *13*, 52–73. https://doi.org/10.1016/J.EDUREV.2014.10.001

Rea-Ramirez, Mary Anne, John Clement, and M. C. N.-O. (2008). an instructional model derived from model construction and criticism theory. *Springer*, *Model base*, 23–43.

Sadler, T. D., Friedrichsen, P., & Zangori, L. (2019). A framework for teaching for socio-scientific issue and model based learning (SIMBL). *Educação e Fronteiras/Education and Borders*, *9*(25), 8–26.

Schwarz, C. V., Reiser, B. J., Davis, E. A., Kenyon, L., Achér, A., Fortus, D., ... Krajcik, J. (2009). Developing a learning progression for scientific modeling: Making scientific modeling accessible and meaningful for learners. *Journal of Research in Science Teaching*, *46*(6), 632–654. https://doi.org/10.1002/TEA.20311

Science. (1970). *A Process Approach (SAPA)*. USA: AAAS/ XEROX Corporation.

Suradsrong, K., & Kijkuakul, S. (2021). MODEL-BASED LEARNING APPROACH INTEGRATED WITH AUGMENTED REALITY FOR ENHANCING GRADE 10 STUDENTS' MODEL-BUILDING SKILLS AND SCIENTIFIC CONCEPTIONS IN SOLUTION TOPIC: *JOURNAL OF EDUCATION NARESUAN UNIVERSITY*, *23*(4), 46–57. Retrieved from https://so06.tci-thaijo.org/index.php/edujournal_nu/article/view/241420

Suyanti, R. D., & Purba, D. M. (2017a). The implementation of discovery learning model based on lesson study to increase student's achievement in colloid. *AIP Conference Proceedings*, *1823*(1), 020090. https://doi.org/10.1063/1.4978163

Suyanti, R. D., & Purba, D. M. (2017b). The implementation of discovery learning model based on lesson study to increase student's achievement in colloid. *AIP Conference Proceedings*, *1823*(1), 20090. https://doi.org/10.1063/1.4978163

Tekin Dede, A., & Bukova Güzel, E. (2018). *A Rubric Development Study for the Assessment of Modeling Skills*. 33–72.

Wen, C. T., Chang, C. J., Chang, M. H., Fan Chiang, S. H., Liu, C. C., Hwang, F. K., & Tsai, C. C. (2018). The learning analytics of model-based learning facilitated by a problem-solving simulation game. *Instructional Science*, *46*(6), 847–867. https://doi.org/10.1007/s11251-018-9461-5

Windschitl, M., & Thompson, J. (2006). Transcending simple forms of school science investigation: The impact of preservice instruction on teachers' understandings of model-based inquiry. *American Educational Research Journal*, *43*(4), 783–835.

Yusuf, R. (2002). The Uses of Models in the Teaching of Science: A Case Study of Selected Secondary Schools in Kano Metropolis. *African Symposium: An On-Line African Educational Research Journal*, *2*(4).

ภาคผนวก

พหูนํ ปณฺฑิโต ชีเว

ภาคผนวก ก

ตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน วิชาชีววิทยา ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่องสารอาหารและสารเคมีในสิ่งมีชีวิต

พหูนํ ปณฺฑิโต ชีเว

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1

หน่วยการเรียนรู้ สารอาหารและสารเคมีในชีวิต กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

เรื่อง โปรตีน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

เวลาเรียน 2 ชั่วโมง ภาคเรียนที่ 2/2564

1.ผลการเรียนรู้

สืบค้นข้อมูล อธิบายโครงสร้างของโปรตีน และความสำคัญของโปรตีนที่มีต่อสิ่งมีชีวิต

2.สาระสำคัญ

โปรตีนเป็นสารที่มีมวลโมเลกุลสูง เกิดจากการรวมตัวกันของกรดอะมิโนจำนวนมาก ซึ่งประกอบด้วยหมู่อะมิโนและหมู่คาร์บอกซิลเชื่อมต่อกันด้วยพันธะเพปไทด์ สามารถทดสอบ โปรตีนโดยใช้สารละลายไบยูเรต โดยธาตุองค์ประกอบหลักของโปรตีน คือ คาร์บอน ไฮโดรเจน ออกซิเจนและไนโตรเจน กรดอะมิโนที่ร่างกายสังเคราะห์เองไม่ได้ เรียกว่า กรดอะมิโนจำเป็น

3.จุดประสงค์/ผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง

- ด้านความรู้ความเข้าใจ
  - นักเรียนสามารถอธิบายการเกิดปฏิกริยาในการทดสอบโปรตีนได้
- ด้านทักษะกระบวนการ
  - นักเรียนสามารถสร้างแบบจำลองการเกิดปฏิกริยาในการทดสอบโปรตีนได้
- ด้านคุณลักษณะ
  - นักเรียนทำงานที่ได้รับมอบหมายได้อย่างตรงเวลา

4.สาระการเรียนรู้

- โครงสร้างของโปรตีน
- องค์ประกอบของโปรตีน
- การทดสอบโปรตีน

5.กระบวนการจัดการเรียนรู้

ขั้นการสร้างแบบจำลอง

1. ครูผู้สอนทำการถามคำถามนักเรียน โดยมีแนวคำถามดังนี้

- ให้นักเรียนยกตัวอย่างสิ่งที่มีโปรตีนเป็นองค์ประกอบที่นักเรียนรู้จักมาคนละ 1 ชนิด

- นักเรียนรู้หรือไม่ว่ารูปร่างโครงสร้างของโปรตีนที่นักเรียนรับประทานนั้นมีรูปร่างเป็นอย่างไร

2. ครูผู้สอนทำการเปิด VDO เรื่องโครงสร้างของโปรตีนให้นักเรียนดู

3. ครูผู้สอนให้นักเรียนทำการอภิปรายโดยมีหัวข้อดังนี้ 1.โปรตีนมีโครงสร้างทั้งหมดกี่ประเภท 2.โครงสร้างโปรตีนแต่ละประเภทมีลักษณะเด่นอย่างไร

4. ครูผู้สอนถามคำถามนักเรียนว่านักเรียนทราบหรือไม่ว่ามีสารชนิดหนึ่งที่สามารถใช้ทดสอบโปรตีนได้ และสารนั้นทำปฏิกริยาอย่างไรกับโครงสร้างโปรตีน

5. ครูนำสารชนิดหนึ่งที่ใส่ในบีกเกอร์ออกมา (นมวัว) แล้วถามนักเรียนว่านักเรียนจะทราบได้อย่างไรว่าสารประเภทนี้เป็นโปรตีน

6. ครูผู้สอนทำการแนะนำสารเคมีและอธิบายขั้นตอนการทดสอบโปรตีนให้แก่นักเรียน

7. ทำการแบ่งกลุ่มให้กับนักเรียนจากนั้นนักเรียนเริ่มทำการทดลองตามขั้นตอนที่ครูผู้สอนทำการอธิบาย รวมถึงสังเกตผลการทดลอง

8. เมื่อทำการทดลองเสร็จ ครูผู้สอนให้นักเรียนสร้างแบบจำลองเกี่ยวกับ การเกิดปฏิกิริยาและผลของการทดลอง โดยใช้ความรู้และประสบการณ์ที่ได้จากการทำการทดลอง

ขั้นการประเมินแบบจำลอง

9. ครูผู้สอนทำการสุ่มนักเรียนออกมา นำเสนอแบบจำลองที่นักเรียนสร้างขึ้น จากนั้นครูผู้สอนร่วมกับอภิปรายกับนักเรียนว่าแบบจำลองที่นักเรียนสร้างขึ้นนั้นสามารถอธิบายการเกิดปฏิกริยาถูกต้องหรือไม่ และแบบจำลองที่ถูกต้องควรจะเป็นอย่างไร

10. นักเรียนแต่ละกลุ่มทำการตรวจสอบว่าแบบจำลองของนักเรียนนั้นต้องมีการแก้ไขปรับปรุงหรือไม่ และต้องปรับปรุงอย่างไร

ขั้นการดัดแปลงแก้ไขแบบจำลอง

11. นักเรียนแต่ละกลุ่มทำการแก้ไขแบบจำลองของตนให้มีความถูกต้องตามที่นักเรียนได้ทำการอภิปรายไว้ข้างต้น

ขั้นการขยายแบบจำลอง

12. ครูผู้สอนทำการถามคำถามนักเรียนว่า หากนักเรียนเปลี่ยนสารจำพวกโปรตีนเป็นชนิดอื่น เช่น เนื้อสัตว์ หรือถั่ว หรือเป็นโปรตีนที่มีโครงสร้างแบบอื่น แบบจำลองที่นักเรียนสร้างขึ้นนั้นสามารถอธิบายผลการทดลองได้หรือไม่ หากไม่ได้นักเรียนจะแก้ไขแบบจำลองอย่างไร

13. ครูผู้สอนให้นักเรียนทำการอภิปรายว่าหากเปลี่ยนสารที่ใช้ในการทดลองผลการทดลองจะเป็นแบบเดิมหรือไม่

14. นักเรียนทำแบบฝึกหัดหลังเรียน

6.การวัดและการประเมินผล

จุดประสงค์	วิธีวัด	เครื่องมือที่ใช้วัด	เกณฑ์การประเมิน
1. นักเรียนสามารถอธิบายการเกิดปฏิกริยาในการทดสอบโปรตีนได้	การทำแบบทดสอบหลังเรียน	แบบทดสอบหลังเรียน	หากนักเรียนได้คะแนนเกินกว่าร้อยละ 60 จะถือว่านักเรียนจะถือว่านักเรียนผ่านเกณฑ์
2.นักเรียนสามารถสร้างแบบจำลองการเกิดปฏิกริยาในการทดสอบโปรตีนได้	การสังเกต	แบบประเมินคุณภาพของแบบจำลอง	หากนักเรียนได้คะแนนเกินกว่าร้อยละ 60 จะถือว่านักเรียนจะถือว่านักเรียนผ่านเกณฑ์
3.นักเรียนทำงานที่ได้รับมอบหมายได้อย่างตรงเวลา	การส่งงาน	แบบบันทึกการส่งงาน	หากนักเรียนส่งงานภายในเวลาที่กำหนดจะถือว่านักเรียนผ่านเกณฑ์

7.สื่อการเรียนรู้/แหล่งการเรียนรู้

1. หนังสือเรียนรายวิชาชีววิทยาเบื้องต้น กลุ่มสาระวิทยาศาสตร์ โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยมหาสารคาม (ฝ่ายมัธยม) ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2562
2. VDO เรื่อง องค์ประกอบและโครงสร้างของโปรตีน https://www.youtube.com/watch?v=e9EZpfAvtmE

8.เอกสารอ้างอิง

1.หนังสือเรียนรายวิชาชีววิทยา เพิ่มเติมเล่ม 3 กลุ่มสาระวิทยาศาสตร์ ตามหลักสูตรแกนกลางปี พ.ศ.2551

2.หนังสือเรียนรายวิชาชีววิทยาเบื้องต้น กลุ่มสาระวิทยาศาสตร์ โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยมหาสารคาม (ฝ่ายมัธยม) ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2562

แบบบันทึกการส่งงาน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/7

เรื่อง โปรตีน เวลา..... วันที่...../...../.....

ข้อ	ชื่อ - สกุล	การส่งงาน		
		ส่งงานทันเวลา	ส่งงานไม่ทันเวลา	ไม่ส่งงาน
1	.....			
2	.....			
3	.....			
4	.....			
5	.....			
6	.....			
7	.....			
8	.....			
9	.....			
10	.....			
11	.....			
12	.....			
13	.....			
14	.....			
15	.....			
16	.....			
17	.....			
18	.....			
19	.....			
20	.....			
21	.....			
22	.....			
23	.....			

ชื่อ..... ชั้น..... เลขที่.....

แบบทดสอบหลังเรียน เรื่อง โปรตีน

คำชี้แจง : ให้นักเรียนเขียนแผนภาพตามที่โจทย์กำหนด

1.ขั้นตอนการทดสอบโปรตีน

สมการปฏิกิริยาเคมีในการทดสอบโปรตีน

เกณฑ์การประเมินแบบทดสอบหลังเรียน

เกณฑ์ข้อที่ 1

คะแนน	เกณฑ์
5	นักเรียนอธิบายขั้นตอนกระบวนการทดสอบโปรตีนได้ครบทุกขั้นตอน สามารถระบุสารเคมีที่ใช้ได้ถูกต้อง มีผลการทดลอง มีการใช้แผนภาพในการอธิบาย มีรูปภาพประกอบ อธิบายได้ชัดเจนไม่วกวน
4	นักเรียนอธิบายขั้นตอนกระบวนการทดสอบโปรตีนได้ครบทุกขั้นตอน สามารถระบุสารเคมีที่ใช้ได้ถูกต้อง มีผลการทดลอง มีการใช้แผนภาพในการอธิบาย มีรูปภาพประกอบ แต่คำอธิบายไม่ชัดเจน
3	นักเรียนอธิบายขั้นตอนกระบวนการทดสอบโปรตีนได้ครบทุกขั้นตอน มีผลการทดลอง ระบุสารเคมีที่ใช้ได้ถูกต้อง แต่ใช้การเขียนอธิบายไม่มีแผนภาพประกอบ
2	นักเรียนอธิบายขั้นตอนกระบวนการทดสอบโปรตีนได้ครบทุกขั้นตอน ไม่มีผลการทดลอง ระบุสารเคมีที่ใช้ได้ถูกต้อง แต่ใช้การเขียนอธิบายไม่มีแผนภาพประกอบ
1	อธิบายได้ไม่ครบถ้วน ใช้การเขียนอธิบาย ไม่มีการระบุผลการทดลอง
0	นักเรียนเขียนอธิบายไม่เกี่ยวข้องกับข้อคำถาม

เกณฑ์ข้อที่ 2

คะแนน	เกณฑ์
5	นักเรียนระบุสารตั้งต้นและผลิตภัณฑ์ถูกต้อง เครื่องหมายสมการถูกต้อง ดุลสมการถูกต้อง
4	นักเรียนระบุสารตั้งต้นและผลิตภัณฑ์ถูกต้อง เครื่องหมายสมการถูกต้องแต่ดุลสมการไม่ถูกต้อง
3	ระบุสารตั้งต้นหรือผลิตภัณฑ์อย่างใดอย่างหนึ่งไม่ถูกต้อง เครื่องหมายสมการถูกต้อง ดุลสมการถูกต้อง
2	ระบุสารตั้งต้นหรือผลิตภัณฑ์อย่างใดอย่างหนึ่งไม่ถูกต้อง เครื่องหมายสมการถูกต้องแต่ดุลสมการไม่ถูกต้อง
1	ระบุสารตั้งต้นและผลิตภัณฑ์ไม่ถูกต้องเครื่องหมายสมการถูกต้อง ดุลสมการถูกต้อง
0	นักเรียนเขียนตอบไม่ตรงคำถาม

ภาคผนวก ข
แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

พหูนํ ปณฺฑิโต ชีเว

แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง สารเคมีในสิ่งมีชีวิต

คำชี้แจง : ให้นักเรียนทำเครื่องหมาย × ลงในกระดาษคำตอบในข้อที่ถูกต้องที่สุดเพียงข้อเดียว นักเรียนมีเวลาทำแบบทดสอบ 30 นาที

---

1. หน่วยย่อยที่โมเลกุลเล็กที่สุดของโปรตีน คืออะไร
   ก. กรดอะมิโน
   ข. เปปไทด์
   ค. เอมีน
   ง. เอไมด์
2. หากเติมสารละลายไบยูเรตลงในสารละลายชนิดหนึ่ง ปรากฏว่าเกิดตะกอนสีม่วงอมน้ำเงิน สารละลายนี้เป็นสารจำพวกใด
   ก. คาร์โบไฮเดรต
   ข. โปรตีน
   ค. กรดอะมิโน
   ง. ข้อ ก. และ ค. ถูก
3. ถ้านักเรียนรับประทานเฉพาะอาหารมังสวิรัติ นักเรียนจะมีโอกาสขาดสารอาหารประเภทใด
   ก. คาร์โบไฮเดรต
   ข. ไขมัน
   ค. วิตามิน
   ง. โปรตีน
4. ข้อใดต่อไปนี้ไม่ใช่สารจำพวกโปรตีน
   ก. เขาสัตว์
   ข. ใยแมงมุม
   ค. ผนังเซลล์
   ง. เม็ดเลือดแดง

5. ในการทดสอบคาร์โบไฮเดรตเชิงซ้อนนั้นใช้สารใดในการตรวจสอบ

ก. สารละลายไบยูเรต

ข. สารละลายเบเนดิกซ์

ค. สารละลายไอโอดีน

ง. ไม่มีข้อถูก

6. จงเรียงลำดับของขั้นตอนการทดสอบคาร์โบไฮเดรต

A.นำหลอดทดลองไปต้ม B.หยดสารละลายเบเนดิกซ์ C.เติมน้ำกลั่น D.เติมสารละลายที่ต้องการทดสอบ

ก. A > B > C

ข. D > B > C

ค. D > B > A

ง. D > A > B

7. ปฏิกิริยาต่อไปนี้ ปฏิกิริยาใดบ้างที่ <u>ไม่เกิด</u>การเปลี่ยนสี

ก. น้ำผลไม้ + สารละลายเบเนดิกต์

ข. น้ำแป้ง + สารละลายเบเนดิกต์

ค. น้ำแป้ง + สารละลายไอโอดีน

ง. น้ำแป้ง + น้ำลาย + สารละลายเบเนดิกต์

8. จงพิจารณาผลการทดลองต่อไปนี้ **A, B** และ **C** น่าจะเป็นสารใดตามลำดับ

สาร	**การทดลอง**	**ผลที่สังเกตได้**
A	ต้มกับ HCl แล้วทำให้เป็นกลางด้วย NaOH เติมสารละลายเบเนดิกต์	ตะกอนสีแดงอิฐ
B	เติมสารละลาย NaOH ตามด้วย $CuSO_4$	เปลี่ยนเป็นสีน้ำเงินม่วง
C	ถูกับกระดาษซับมัน	กระดาษซับมันโปร่งแสงขึ้น

ก. ไข่ขาว น้ำตาลทราย มันหมู

ข. น้ำตาลทราย ไข่ขาว มันหมู

ค. ไข่ขาว มันหมู น้ำตาลทราย

ง. มันหมู ไข่ขาว น้ำตาลทราย

9. การจำแนกกรดไขมันอาศัยสิ่งใดต่อไปนี้เป็นหลักเกณฑ์

ก. อาศัยจำนวนคาร์บอนอะตอมในโมเลกุลของกรดไขมัน

ข. อาศัยชนิดของพันธะในโมเลกุลของกรดไขมัน

ค. อาศัยส่วนประกอบของฟอสฟอรัสในกรดไขมัน

ง. ข้อ ก และ ข ถูก

10. ข้อใดไม่ใช่สมบัติของ lipid

ก. ไม่มีขั้ว (nonpolar) ส่วนใหญ่ไม่ชอบน้ำ (hydrophobic)

ข. ไม่ละลายในน้ำ แต่เป็นตัวละลายวิตามิน ที่ละลายในไขมัน เช่น วิตามิน A , วิตามิน B1

ค. ละลายได้ดีในตัวทำละลายอินทรีย์ที่ไม่มีขั้ว (เช่น เฮกเซน แอลกอฮอล์)

ง. เป็นสารอาหารที่ ให้พลังงานแก่ร่างกาย 9 กิโลแคลอรีต่อกรัม

11. ข้อใดกล่าวถึงไขมันและน้ำมันได้ถูกต้อง

ก. เป็นสารประกอบพวกไตรกลีเซอไรด์

ข. ประกอบด้วยกลีเซอรอลที่มีองค์ประกอบเป็นกรดไขมัน

ค. เป็นสารโมเลกุลใหญ่เกิดจากการรวมตัวกันของกรดไขมัน

ง. ประกอบด้วยกรดไขมันอิ่มตัวและไม่อิ่มตัวเชื่อมต่อกันด้วยพันธะเดี่ยว

12. น้ำมันและไขมันแตกต่างกันอย่างไร

ก. มีองค์ประกอบที่ต่างกัน

ข. มีโครงสร้างของกลีเซอรอลต่างกัน

ค. มีจำนวนของกรดไขมันไม่เท่ากัน

ง. มีสถานะที่อุณหภูมิห้องไม่เหมือนกัน

13. นิวคลีโอไทด์ของดีเอ็นเอประกอบด้วยสารใดต่อไปนี้

ก. น้ำตาลไรโบส เบส และหมู่ฟอสเฟต

ข. น้ำตาลกลูโคส เบส และหมู่ฟอสเฟต

ค. น้ำตาลดีออกซีไรโบส เบส และหมู่ฟอสเฟต

ง. น้ำตาลดีออกซีไรโบส เบส และไตรกลีเซอไรด์

14. ข้อใด กล่าวผิด เกี่ยวกับ DNA และ RNA

ก. เบสที่พบใน DNA และ RNA มีชนิดที่เหมือนกัน

ข. DNA และ RNA มีน้ำตาลที่เป็นองค์ประกอบต่างกัน

ค. RNA จะถอดรหัสจาก DNA แล้วนำมาสังเคราะห์โปรตีน

ง. DNA ประกอบด้วยพอลินิวคลีโอไทด์ 2 สาย บิดเป็นเกลียวคล้ายบันไดเวียน ส่วน RNA เป็นพอลินิวคลีอิกเพียงสายเดียว

15. ข้อใด กล่าวผิด เกี่ยวกับกรดนิวคลีอิก

ก. ทำหน้าที่สังเคราะห์โปรตีนและคาร์โบไฮเดรตภายในเซลล์

ข. เป็นสารที่ถ่ายทอดข้อมูลทางพันธุกรรมของสิ่งมีชีวิต

ค. โมเลกุลของกรดนิวคลีอิกประกอบด้วยหน่วยย่อยที่เรียกว่า นิวคลีโอไทด์

ง. นิวคลีโอไทด์จะเรียงตัวต่อกันเป็นสายยาว เรียกว่า พอลินิวพลีโอไทด์

16. กรดนิวคลีอิก สามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้ยกเว้นข้อใด

ก. รักษาโรคทางพันธุกรรมบางชนิด

ข. ปรับปรุงพันธุ์พืช พันธุ์สัตว์ให้มีลักษณะตามต้องการ

ค. พิสูจน์บุคคล

ง. ทำลายเซลล์ยังไม่ตาย

17. เพราะเหตุใดเวลาที่นักเรียนเคี้ยวข้าวเป็นเวลานานจึงมีรสหวาน

ก. เพราะ เอมไซม์ไลเปสย่อยแป้งในข้าวให้เป็นน้ำตาล

ข. เพราะ เอมไซม์เปปซิเดสย่อยแป้งในข้าวให้เป็นน้ำตาล

ค. เพราะ เอมไซม์อะไมเลสย่อยแป้งในข้าวให้เป็นน้ำตาล

ง. เพราะ เอมไซม์โปรตีเอสย่อยแป้งในข้าวให้เป็นน้ำตาล

18. ความจำเพาะเจาะจงในการทำงานของเอนไซม์ทำให้เกิดผลในข้อใด

ก. เอนไซม์สามารถทำปฏิกิริยาได้หลายปฏิกิริยา

ข. เอนไซม์สามารถทำปฏิกิริยากับซับสเตรตได้หลายซับสเตรต

ค. เอนไซม์สามารถทำปฏิกิริยาได้ในอุณหภูมิใดอุณหภูมิหนึ่งเท่านั้น

ง. เอนไซม์ชนิดเดียวสามารถเร่งปฏิกิริยาได้เพียงปฏิกิริยาเดียว

19. เอนไซม์จะทำหน้าที่เร่งปฏิกิริยาได้ดีในสภาวะแวดล้อมเช่นใด

ก. ปริมาณเอนไซม์สูงแต่ซับสเตรตต่ำ และอุณหภูมิสูง

ข. ความเข้มข้นของเอนไซม์ และซับสเตรตใกล้เคียงกัน อุณหภูมิต่ำ

ค. **pH** ค่อนข้างเป็นกรด อุณหภูมิสูง

ง. ทั้งปริมาณเอนไซม์และซับสเตรตสูง ส่วนความเป็นกรดด่างและอุณหภูมิขึ้นกับชนิดของเอนไซม์

20. ตำแหน่งทำงานของเอนไซม์ เรียกว่าอะไร

ก. Substrate

ข. Inhibitor

ค. Active site

ง. Complex

พหูนํ ปณฺฑิโต ชีเว

ภาคผนวก ค

แบบสัมภาษณ์ การจัดกิจกรรมการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

แบบสัมภาษณ์

การจัดกิจกรรมการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

ข้อมูลผู้สัมภาษณ์ นายกานต์ชนก จันทฤทธิ์ นิสิตสาขาการสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ ภาควิชา หลักสูตรและการสอน คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

ข้อมูลผู้ให้สัมภาษณ์

ชื่อ.....

วัน/เดือน/ปี ที่สัมภาษณ์.....

คำชี้แจง : ให้นักเรียนตอบประเด็นดังต่อไปนี้

ให้นักเรียนบอกถึงข้อดีในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนที่นักเรียนได้เรียนที่ผ่านมา (กิจกรรมการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน)

.....

.....

.....

.....

.....

ให้นักเรียนบอกถึงข้อด้อยในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนที่นักเรียนได้เรียนที่ผ่านมา (กิจกรรมการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน)

.....

.....

.....

.....

.....

นักเรียนคิดว่า ในการจัดกิจกรรมที่ผ่านมา (กิจกรรมการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน) นักเรียนมีความชอบกิจกรรมใดมากที่สุด

.....

.....

.....

.....

ภาคผนวก ง
ตัวอย่างแบบประเมินทักษะการสร้างแบบจำลอง

พหูนํ ปณฺ ฑิโต ชีเว

แบบประเมินคุณภาพของแบบจำลอง

เรื่อง.....ครั้งที่..... ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ .....

คำชี้แจง : ให้ผู้ประเมินทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องคะแนน โดยใช้เกณฑ์การประเมินคุณภาพของแบบจำลองที่แนบมาให้

กลุ่มที่	ชื่อ-สกุล	การประเมิน				
		5	4	3	2	1
1	.....					
	.....					
	.....					
	.....					
	.....					
2	.....					
	.....					
	.....					
	.....					
	.....					
3	.....					
	.....					
	.....					
	.....					
	.....					
4	.....					
	.....					
	.....					
	.....					

กลุ่มที่	ชื่อ-สกุล	การประเมิน				
		5	4	3	2	1
	.....					
5	.....					
	.....					
	.....					
	.....					
	.....					
6	.....					
	.....					
	.....					
	.....					
	.....					

เกณฑ์การประเมินคุณภาพของแบบจำลอง

คะแนน	รายการประเมิน
5	นักเรียนสร้างแบบจำลองที่มีความถูกต้องสมบูรณ์ ระบุปฏิกริยาที่เกิดขึ้นได้อย่างถูกต้อง มีการระบุตัวแปรในการทดลอง มีการใช้ไดอะแกรมและไดอะแกรมมีความถูกต้องสมบูรณ์ ระบุผลการทดลองชัดเจน
4	นักเรียนสร้างแบบจำลองที่มีการระบุปฏิกริยาที่เกิดขึ้นถูกต้องครบถ้วนมีการระบุตัวแปร มีการใช้ไดอะแกรม แต่ขาดความจัดเจน ไม่มีการระบุผลการทดลอง
3	นักเรียนสร้างแบบจำลองที่มีการระบุปฏิกริยาที่เกิดขึ้นไม่ครบถ้วน มีการระบุตัวแปรในการทดลองไม่ครบ มีการใช้ไดอะแกรมแต่ขาดความเหมาะสม ขาดรายละเอียดในการอธิบาย
2	นักเรียนสร้างแบบจำลองที่มีการระบุปฏิกริยาที่เกิดขึ้นไม่ครบถ้วน ไม่มีการระบุตัวแปรในการทดลองหรือระบุได้ไม่ถูกต้อง และไม่มีการใช้ไดอะแกรม
1	นักเรียนสร้างแบบจำลองได้ไม่ชัดเจนและไม่สมบูรณ์ ไม่มีการระบุตัวแปรควบคุมและตัวแปรตาม และผลการทดลอง ไม่มีการใช้ไดอะแกรม

แบบประเมินกระบวนการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ด้านการสร้างและใช้แบบจำลอง

เรื่อง.....ครั้งที่..... ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ .....

คำชี้แจง : ให้ผู้ประเมินทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องคะแนน โดยใช้เกณฑ์การประเมินกระบวนการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ด้านการสร้างและใช้แบบจำลองที่แนบมาให้

กลุ่มที่	ชื่อ-สกุล	การประเมิน				
		5	4	3	2	1
1	.....					
	.....					
	.....					
	.....					
	.....					
2	.....					
	.....					
	.....					
	.....					
	.....					
3	.....					
	.....					
	.....					
	.....					
	.....					
4	.....					
	.....					
	.....					
	.....					
	.....					

กลุ่มที่	ชื่อ-สกุล	การประเมิน				
		5	4	3	2	1
5	.....					
	.....					
	.....					
	.....					
	.....					
6	.....					
	.....					
	.....					
	.....					
	.....					

พหูนํ ปณฺฑิโต ชีเว

เกณฑ์การประเมินกระบวนการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ด้านการสร้างและใช้แบบจำลอง

ระดับ	ความสามารถ
4	• นักเรียนสร้างแบบจำลองด้วยความคิดหรือประสบการณ์ของตนเอง ไม่ได้มีการเปิดตำรา อินเตอร์เน็ตหรือแหล่งความรู้อื่น • นักเรียนสามารถใช้แบบจำลองในการตอบคำถามได้อย่างถูกต้องชัดเจนได้ทุกข้อ
3	• นักเรียนสร้างแบบจำลองด้วยการเปิดตำรา อินเตอร์เน็ตหรือแหล่งความรู้อื่น • นักเรียนสามารถใช้แบบจำลองในการตอบคำถามได้ทุกข้อแต่ไม่ชัดเจน
2	• นักเรียนสร้างแบบจำลองด้วยการถามครูผู้สอน พร้อมด้วยการเปิดตำรา • นักเรียนสามารถใช้แบบจำลองในการตอบคำถามได้บางข้อ
1	• นักเรียนสร้างแบบจำลองโดยการลอกจากนักเรียนกลุ่มอื่น • นักเรียนไม่สามารถใช้แบบจำลองในการตอบคำถามได้

แบบประเมินกระบวนการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ด้านด้านการปรับปรุงและเปลี่ยนแปลงแบบจำลอง

เรื่อง.....ครั้งที่..... ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ .....

คำชี้แจง : ให้ผู้ประเมินทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องคะแนน โดยใช้เกณฑ์การประเมินกระบวนการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ด้านด้านการปรับปรุงและเปลี่ยนแปลงแบบจำลองที่แนบมาให้

กลุ่มที่	ชื่อ-สกุล	การประเมิน				
		5	4	3	2	1
1	.....					
	.....					
	.....					
	.....					
	.....					
2	.....					
	.....					
	.....					
	.....					
	.....					
3	.....					
	.....					
	.....					
	.....					
	.....					
4	.....					
	.....					
	.....					

กลุ่มที่	ชื่อ-สกุล	การประเมิน				
		5	4	3	2	1
	.....					
	.....					
5	.....					
	.....					
	.....					
	.....					
	.....					
6	.....					
	.....					
	.....					
	.....					
	.....					

เกณฑ์การประเมินกระบวนการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ด้านด้านการปรับปรุงและเปลี่ยนแปลงแบบจำลอง

ระดับ	ความสามารถ
4	• นักเรียนปรับปรุงเปลี่ยนแปลงในแบบจำลองทำให้การอธิบายดีขึ้นมากกว่า มีการแก้จุดบกพร่องต่าง ๆในแบบจำลองให้ดีมากขึ้น • นักเรียนมีการประเมินแบบจำลองของตน เพื่อทำให้การอธิบายดีขึ้น
3	• นักเรียนปรับปรุงเปลี่ยนแปลงในแบบจำลองทำให้การอธิบายดีขึ้นมากกว่า มีการแก้จุดบกพร่องต่าง ๆในแบบจำลองให้ดีมากขึ้น • นักเรียนไม่ได้มีการประเมินแบบจำลองของตนเอง แต่ใช้วิธีการถามจากนักเรียนคนอื่นว่าควรปรับปรุงอย่างไร
2	• นักเรียนปรับปรุงแบบจำลองจากข้อมูลจากครู ตำราเรียน หรือเพื่อนๆ • นักเรียนไม่ได้มีการประเมินแบบจำลองของตนเอง
1	• นักเรียนไม่ได้มีการปรับปรุงแบบจำลอง

ภาคผนวก จ
การตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือ

พหูนํ ปณฺฑิโต ชีเว

การวิเคราะห์แบบประเมินความสอดคล้อง (IOC) ของแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้กิจกรรมการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

ตาราง 43 ค่าการประเมินความสอดคล้อง (IOC) ของแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้กิจกรรมการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง กรดนิวคลีอิค

รายการประเมิน	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					เฉลี่ย	ระดับความสอดคล้อง
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5		
1.จุดประสงค์สอดคล้องกับผลการเรียนรู้ สาระสำคัญและสาระการเรียนรู้	+1	+1	+1	+1	0	0.8	สอดคล้อง
2.สาระสำคัญสอดคล้องกับผลการเรียนรู้	+1	+1	+1	+1	0	0.8	สอดคล้อง
3.กิจกรรรมการจัดการเรียนรู้สอดคล้องกับสาระการเรียนรู้และจุดประสงค์การเรียนรู้	+1	+1	+1	+1	0	0.8	สอดคล้อง
4.สื่อและแหล่งการเรียนรู้สอดคล้องกับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้	+1	+1	+1	+1	0	0.8	สอดคล้อง
5.การวัดและประเมินผลสอดคล้องกับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้และจุดประสงค์การเรียนรู้	+1	+1	+1	+1	0	0.8	สอดคล้อง

ตาราง 44 ค่าการประเมินความสอดคล้อง (IOC) ของแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้กิจกรรมการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง ไขมัน

รายการประเมิน	**คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ**					**เฉลี่ย**	**ระดับความสอดคล้อง**
	คนที่ 1	**คนที่ 2**	**คนที่ 3**	**คนที่ 4**	**คนที่ 5**		
1.จุดประสงค์สอดคล้องกับผลการเรียนรู้ สาระสำคัญและสาระการเรียนรู้	+1	+1	+1	+1	0	0.8	สอดคล้อง
2.สาระสำคัญสอดคล้องกับผลการเรียนรู้	+1	+1	+1	+1	0	0.8	สอดคล้อง
3.กิจกรรรมการจัดการเรียนรู้สอดคล้องกับสาระการเรียนรู้และจุดประสงค์การเรียนรู้	+1	+1	+1	+1	0	0.8	สอดคล้อง
4.สื่อและแหล่งการเรียนรู้สอดคล้องกับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้	+1	+1	+1	+1	0	0.8	สอดคล้อง
5.การวัดและประเมินผลสอดคล้องกับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้และจุดประสงค์การเรียนรู้	+1	+1	+1	+1	0	0.8	สอดคล้อง

ตาราง 45 ค่าการประเมินความสอดคล้อง (IOC) ของแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้กิจกรรมการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง คาร์โบไฮเดรต

รายการประเมิน	**คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ**					**เฉลี่ย**	**ระดับความสอดคล้อง**
	คนที่ 1	**คนที่ 2**	**คนที่ 3**	**คนที่ 4**	**คนที่ 5**		
1.จุดประสงค์สอดคล้องกับผลการเรียนรู้ สาระสำคัญและสาระการเรียนรู้	+1	+1	+1	+1	0	0.8	สอดคล้อง
2.สาระสำคัญสอดคล้องกับผลการเรียนรู้	+1	+1	+1	+1	0	0.8	สอดคล้อง
3.กิจกรรรมการจัดการเรียนรู้สอดคล้องกับสาระการเรียนรู้และจุดประสงค์การเรียนรู้	+1	+1	+1	+1	0	0.8	สอดคล้อง
4.สื่อและแหล่งการเรียนรู้สอดคล้องกับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้	+1	+1	+1	+1	0	0.8	สอดคล้อง
5.การวัดและประเมินผลสอดคล้องกับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้และจุดประสงค์การเรียนรู้	+1	+1	+1	+1	0	0.8	สอดคล้อง

ตาราง 46 ค่าการประเมินความสอดคล้อง (IOC) ของแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้กิจกรรมการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง โปรตีน

รายการประเมิน	**คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ**					**เฉลี่ย**	**ระดับความสอดคล้อง**
	คนที่ 1	**คนที่ 2**	**คนที่ 3**	**คนที่ 4**	**คนที่ 5**		
1.จุดประสงค์สอดคล้องกับผลการเรียนรู้ สาระสำคัญและสาระการเรียนรู้	+1	+1	+1	+1	0	0.8	สอดคล้อง
2.สาระสำคัญสอดคล้องกับผลการเรียนรู้	+1	+1	+1	+1	0	0.8	สอดคล้อง
3.กิจกรรรมการจัดการเรียนรู้สอดคล้องกับสาระการเรียนรู้และจุดประสงค์การเรียนรู้	+1	+1	+1	+1	0	0.8	สอดคล้อง
4.สื่อและแหล่งการเรียนรู้สอดคล้องกับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้	+1	+1	+1	+1	0	0.8	สอดคล้อง
5.การวัดและประเมินผลสอดคล้องกับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้และจุดประสงค์การเรียนรู้	+1	+1	+1	+1	0	0.8	สอดคล้อง

ตาราง 47 ค่าการประเมินความสอดคล้อง (IOC) ของแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้กิจกรรมการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง เอมไซม์

รายการประเมิน	**คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ**					**เฉลี่ย**	**ระดับความสอดคล้อง**
	คนที่ 1	**คนที่ 2**	**คนที่ 3**	**คนที่ 4**	**คนที่ 5**		
1.จุดประสงค์สอดคล้องกับผลการเรียนรู้ สาระสำคัญและสาระการเรียนรู้	+1	+1	+1	+1	0	0.8	สอดคล้อง
2.สาระสำคัญสอดคล้องกับผลการเรียนรู้	+1	+1	+1	+1	0	0.8	สอดคล้อง
3.กิจกรรรมการจัดการเรียนรู้สอดคล้องกับสาระการเรียนรู้และจุดประสงค์การเรียนรู้	+1	+1	+1	+1	0	0.8	สอดคล้อง
4.สื่อและแหล่งการเรียนรู้สอดคล้องกับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้	+1	+1	+1	+1	0	0.8	สอดคล้อง
5.การวัดและประเมินผลสอดคล้องกับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้และจุดประสงค์การเรียนรู้	+1	+1	+1	+1	0	0.8	สอดคล้อง

การวิเคราะห์คุณภาพของแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้กิจกรรมการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

ตาราง 48 ค่าการประเมินคุณภาพของแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้กิจกรรมการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง กรดนิวคลีอิค

รายการประเมิน	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					เฉลี่ย	ระดับความเหมาะสม
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5		
1.1 ระบุพฤติกรรมที่สามารถวัดและประเมินได้อย่างชัดเจน	4	5	5	5	5	4.8	มีคุณภาพดีมาก
1.2 ข้อความชัดเจนและเข้าใจง่าย	4	5	5	5	4	4.6	มีคุณภาพดีมาก
2.1 ความถูกต้อง	4	5	5	5	4	4.6	มีคุณภาพดีมาก
2.2 ภาษาที่ใช้ชัดเจน เข้าใจง่าย	4	5	5	5	4	4.6	มีคุณภาพดีมาก
3.1 เนื้อหามีความถูกต้อง	4	5	5	5	4	4.6	มีคุณภาพดีมาก
3.2 เนื้อหามีความเหมาะสมกับเวลา	4	5	5	5	4	4.6	มีคุณภาพดีมาก
3.3 เนื้อหาเหมาะสมกับระดับผู้เรียน	4	5	5	5	4	4.6	มีคุณภาพดีมาก
4.1 เนื้อหาเหมาะสมกับระดับผู้เรียน	4	5	5	5	3	4.4	มีคุณภาพดี
4.2 ผู้เรียนมีส่วนร่วมในกิจกรรม	5	5	5	5	4	4.6	มีคุณภาพดีมาก
5.1 วัดได้ครอบคลุมเนื้อหา	4	5	5	5	3	4.4	มีคุณภาพดี
5.2 ใช้เครื่องมือวัดได้เหมาะสม	4	5	5	5	3	4.4	มีคุณภาพดี
เฉลี่ย	4.09	5	5	5	3.81	4.56	

ตาราง 49 ค่าการประเมินคุณภาพของแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้กิจกรรมการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง ไขมัน

รายการประเมิน	**คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ**					**เฉลี่ย**	**ระดับความเหมาะสม**
	คนที่ 1	**คนที่ 2**	**คนที่ 3**	**คนที่ 4**	**คนที่ 5**		
1.1 ระบุพฤติกรรมที่สามารถวัดและประเมินได้อย่างชัดเจน	4	5	5	5	5	4.8	มีคุณภาพดีมาก
1.2 ข้อความชัดเจนและเข้าใจง่าย	4	5	5	5	4	4.6	มีคุณภาพดีมาก
2.1 ความถูกต้อง	4	5	5	5	4	4.6	มีคุณภาพดีมาก
2.2 ภาษาที่ใช้ชัดเจน เข้าใจง่าย	4	5	5	5	4	4.6	มีคุณภาพดีมาก
3.1 เนื้อหามีความถูกต้อง	4	5	5	5	4	4.6	มีคุณภาพดีมาก
3.2 เนื้อหามีความเหมาะสมกับเวลา	4	5	5	5	4	4.6	มีคุณภาพดีมาก
3.3 เนื้อหาเหมาะสมกับระดับผู้เรียน	4	5	5	5	4	4.6	มีคุณภาพดีมาก
4.1 เนื้อหาเหมาะสมกับระดับผู้เรียน	4	5	5	5	3	4.4	มีคุณภาพดี
4.2 ผู้เรียนมีส่วนร่วมในกิจกรรม	5	5	5	5	4	4.6	มีคุณภาพดีมาก
5.1 วัดได้ครอบคลุมเนื้อหา	4	5	5	5	3	4.4	มีคุณภาพดี
5.2 ใช้เครื่องมือวัดได้เหมาะสม	4	5	5	5	3	4.4	มีคุณภาพดี
เฉลี่ย	4.09	5	5	5	3.81	4.56	

ตาราง 50 ค่าการประเมินคุณภาพของแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้กิจกรรมการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง คาร์โบไฮเดรต

รายการประเมิน	**คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ**					**เฉลี่ย**	**ระดับความเหมาะสม**
	คนที่ 1	**คนที่ 2**	**คนที่ 3**	**คนที่ 4**	**คนที่ 5**		
1.1 ระบุพฤติกรรมที่สามารถวัดและประเมินได้อย่างชัดเจน	4	5	5	5	5	4.8	มีคุณภาพดีมาก
1.2 ข้อความชัดเจนและเข้าใจง่าย	4	5	5	5	4	4.6	มีคุณภาพดีมาก
2.1 ความถูกต้อง	4	5	5	5	4	4.6	มีคุณภาพดีมาก
2.2 ภาษาที่ใช้ชัดเจน เข้าใจง่าย	4	5	5	5	4	4.6	มีคุณภาพดีมาก
3.1 เนื้อหามีความถูกต้อง	4	5	5	5	4	4.6	มีคุณภาพดีมาก
3.2 เนื้อหามีความเหมาะสมกับเวลา	4	5	5	5	4	4.6	มีคุณภาพดีมาก
3.3 เนื้อหาเหมาะสมกับระดับผู้เรียน	4	5	5	5	4	4.6	มีคุณภาพดีมาก
4.1 เนื้อหาเหมาะสมกับระดับผู้เรียน	4	5	5	5	3	4.4	มีคุณภาพดี
4.2 ผู้เรียนมีส่วนร่วมในกิจกรรม	5	5	5	5	4	4.6	มีคุณภาพดีมาก
5.1 วัดได้ครอบคลุมเนื้อหา	4	5	5	5	3	4.4	มีคุณภาพดี
5.2 ใช้เครื่องมือวัดได้เหมาะสม	4	5	5	5	3	4.4	มีคุณภาพดี
เฉลี่ย	4.09	5	5	5	3.81	4.56	

ตาราง 51 ค่าการประเมินคุณภาพของแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้กิจกรรมการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง โปรตีน

รายการประเมิน	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					เฉลี่ย	ระดับความเหมาะสม
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5		
1.1 ระบุพฤติกรรมที่สามารถวัดและประเมินได้อย่างชัดเจน	4	5	5	5	5	4.8	มีคุณภาพดีมาก
1.2 ข้อความชัดเจนและเข้าใจง่าย	4	5	5	5	4	4.6	มีคุณภาพดีมาก
2.1 ความถูกต้อง	4	5	5	5	4	4.6	มีคุณภาพดีมาก
2.2 ภาษาที่ใช้ชัดเจน เข้าใจง่าย	4	5	5	5	4	4.6	มีคุณภาพดีมาก
3.1 เนื้อหามีความถูกต้อง	4	5	5	5	4	4.6	มีคุณภาพดีมาก
3.2 เนื้อหามีความเหมาะสมกับเวลา	4	5	5	5	4	4.6	มีคุณภาพดีมาก
3.3 เนื้อหาเหมาะสมกับระดับผู้เรียน	4	5	5	5	4	4.6	มีคุณภาพดีมาก
4.1 เนื้อหาเหมาะสมกับระดับผู้เรียน	4	5	5	5	3	4.4	มีคุณภาพดี
4.2 ผู้เรียนมีส่วนร่วมในกิจกรรม	5	5	5	5	4	4.6	มีคุณภาพดีมาก
5.1 วัดได้ครอบคลุมเนื้อหา	4	5	5	5	3	4.4	มีคุณภาพดี
5.2 ใช้เครื่องมือวัดได้เหมาะสม	4	5	5	5	3	4.4	มีคุณภาพดี
เฉลี่ย	4.09	5	5	5	3.81	4.56	

ตาราง 52 ค่าการประเมินคุณภาพของแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้กิจกรรมการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง เอมไซม์

รายการประเมิน	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					เฉลี่ย	ระดับความเหมาะสม
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5		
1.1 ระบุพฤติกรรมที่สามารถวัดและประเมินได้อย่างชัดเจน	4	5	5	5	5	4.8	มีคุณภาพดีมาก
1.2 ข้อความชัดเจนและเข้าใจง่าย	4	5	5	5	4	4.6	มีคุณภาพดีมาก
2.1 ความถูกต้อง	4	5	5	5	4	4.6	มีคุณภาพดีมาก
2.2 ภาษาที่ใช้ชัดเจน เข้าใจง่าย	4	5	5	5	4	4.6	มีคุณภาพดีมาก
3.1 เนื้อหามีความถูกต้อง	4	5	5	5	4	4.6	มีคุณภาพดีมาก
3.2 เนื้อหามีความเหมาะสมกับเวลา	4	5	5	5	4	4.6	มีคุณภาพดีมาก
3.3 เนื้อหาเหมาะสมกับระดับผู้เรียน	4	5	5	5	4	4.6	มีคุณภาพดีมาก
4.1 เนื้อหาเหมาะสมกับระดับผู้เรียน	4	5	5	5	3	4.4	มีคุณภาพดี
4.2 ผู้เรียนมีส่วนร่วมในกิจกรรม	5	5	5	5	4	4.6	มีคุณภาพดีมาก
5.1 วัดได้ครอบคลุมเนื้อหา	4	5	5	5	3	4.4	มีคุณภาพดี
5.2 ใช้เครื่องมือวัดได้เหมาะสม	4	5	5	5	3	4.4	มีคุณภาพดี
เฉลี่ย	4.09	5	5	5	3.81	4.56	

การวิเคราะห์คุณภาพของเกณฑ์การประเมินคุณภาพของแบบจำลอง

ตาราง 53 ค่าการประเมินระดับคุณภาพของเกณฑ์การประเมินคุณภาพของแบบจำลอง

รายการประเมิน	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					เฉลี่ย	ระดับความเหมาะสม
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5		
1. **ระดับ 5** นักเรียนสร้างแบบจำลองที่มีความถูกต้องสมบูรณ์ ระบุปฏิกริยาที่เกิดขึ้นได้อย่างถูกต้อง มีการระบุตัวแปรในการทดลอง มีการใช้ไดอะแกรมและไดอะแกรมมีความถูกต้องสมบูรณ์ ระบุผลการทดลองชัดเจน	5	5	5	5	4	4.8	มีคุณภาพดีมาก
2. **ระดับ 4** นักเรียนสร้างแบบจำลองที่มีการระบุปฏิกริยาที่เกิดขึ้นถูกต้องครบถ้วนมีการระบุตัวแปร มีการใช้ไดอะแกรม แต่ขาดความจัดเจน ไม่มีการระบุผลการทดลอง	5	5	5	5	4	4.8	มีคุณภาพดีมาก
3. **ระดับ 3** นักเรียนสร้างแบบจำลองที่มีการระบุปฏิกริยาที่เกิดขึ้นไม่ครบถ้วน มีการระบุตัวแปรในการทดลองไม่ครบ มีการใช้ไดอะแกรมแต่ขาดความเหมาะสม ขาดรายละเอียดในการอธิบาย	5	5	5	5	4	4.8	มีคุณภาพดีมาก
4. **ระดับ 2** นักเรียนสร้างแบบจำลองที่มีการระบุปฏิกริยาที่เกิดขึ้นไม่ครบถ้วน ไม่มีการระบุตัวแปรในการทดลองหรือระบุได้ไม่ถูกต้องและไม่มีการใช้ไดอะแกรม	5	5	5	5	4	4.8	มีคุณภาพดีมาก
5. **ระดับ 1** นักเรียนสร้างแบบจำลองได้ไม่ชัดเจนและไม่สมบูรณ์ ไม่มีการระบุตัวแปรควบคุมและตัวแปรตาม และผลการทดลอง ไม่มีการใช้ไดอะแกรม	5	5	5	5	4	4.8	มีคุณภาพดีมาก

การวิเคราะห์คุณภาพของเกณฑ์การประเมินกระบวนการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ด้านการสร้างและใช้แบบจำลอง

ตาราง 54 ค่าการประเมินคุณภาพของเกณฑ์การประเมินกระบวนการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ด้านการสร้างและใช้แบบจำลอง

รายการประเมิน	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					เฉลี่ย	ระดับคุณภาพ
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5		
1. ระดับ 4 - นักเรียนสร้างแบบจำลองด้วยความคิดหรือประสบการณ์ของตนเอง ไม่ได้มีการเปิดตำรา อินเตอร์เน็ตหรือแหล่งความรู้อื่น - นักเรียนสามารถใช้แบบจำลองในการตอบคำถามได้อย่างถูกต้องชัดเจนได้ทุกข้อ	5	5	5	5	4	4.8	มีคุณภาพดีมาก
2. ระดับ 3 - นักเรียนสร้างแบบจำลองด้วยการเปิดตำรา อินเตอร์เน็ตหรือแหล่งความรู้อื่น - นักเรียนสามารถใช้แบบจำลองในการตอบคำถามได้ทุกข้อแต่ไม่ชัดเจน	5	5	5	5	4	4.8	มีคุณภาพดีมาก
3. ระดับ 2 - นักเรียนสร้างแบบจำลองด้วยการถามครูผู้สอน พร้อมด้วยการเปิดตำรา - นักเรียนสามารถใช้แบบจำลองในการตอบคำถามได้บางข้อ	5	5	5	5	4	4.8	มีคุณภาพดีมาก
4. ระดับ 1 - นักเรียนสร้างแบบจำลองโดยการลอกจากนักเรียนกลุ่มอื่น - นักเรียนไม่สามารถใช้แบบจำลองในการตอบคำถามได้	5	5	5	5	4	4.8	มีคุณภาพดีมาก

การวิเคราะห์คุณภาพของเกณฑ์การประเมินกระบวนการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ด้านการปรับปรุงและเปลี่ยนแปลงแบบจำลอง

ตาราง 55 ค่าการประเมินคุณภาพของเกณฑ์การประเมินกระบวนการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ด้านการปรับปรุงและเปลี่ยนแปลงแบบจำลอง

รายการประเมิน	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					เฉลี่ย	ระดับคุณภาพ
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5		
1. ระดับ 4 - นักเรียนปรับปรุงเปลี่ยนแปลงในแบบจำลองทำให้การอธิบายดีขึ้นมากกว่า มีการแก้จุดบกพร่องต่าง ๆในแบบจำลองให้ดีมากขึ้น - นักเรียนมีการประเมินแบบจำลองของตนเพื่อทำให้การอธิบายดีขึ้น	5	5	5	5	4	4.8	มีคุณภาพดีมาก
2. ระดับ 3 - นักเรียนปรับปรุงเปลี่ยนแปลงในแบบจำลองทำให้การอธิบายดีขึ้นมากกว่า มีการแก้จุดบกพร่องต่าง ๆในแบบจำลองให้ดีมากขึ้น - นักเรียนไม่ได้มีการประเมินแบบจำลองของตนเอง แต่ใช้วิธีการถามจากนักเรียนคนอื่นว่าควรปรับปรุงอย่างไร	5	5	5	5	4	4.8	มีคุณภาพดีมาก
3. ระดับ 2 - นักเรียนปรับปรุงแบบจำลองจากข้อมูลจากครู ตำราเรียน หรือเพื่อนๆ - นักเรียนไม่ได้มีการประเมินแบบจำลองของตนเอง - นักเรียนสร้างแบบจำลองด้วยการถาม	5	5	5	5	4	4.8	มีคุณภาพดีมาก

รายการประเมิน	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					เฉลี่ย	ระดับคุณภาพ
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5		
ครูผู้สอน พร้อมด้วยการเปิดตำรา - นักเรียนสามารถใช้แบบจำลองในการตอบคำถามได้บางข้อ							
4. ระดับ 1 - นักเรียนสร้างแบบจำลองโดยการลอกจากนักเรียนกลุ่มอื่น - นักเรียนไม่สามารถใช้แบบจำลองในการตอบคำถามได้	5	5	5	5	4	4.8	มีคุณภาพดีมาก

การวิเคราะห์ดัชนีความสอดคล้อง ของแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ตาราง 56 แสดงการวิเคราะห์ดัชนีความสอดคล้อง ของแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ข้อที่	คะแนนจากผู้เชี่ยวชาญ					เฉลี่ย	ข้อที่	คะแนนจากผู้เชี่ยวชาญ					เฉลี่ย
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5			คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5	
1	+1	+1	+1	+1	+1	1.00	21	-1	-1	0	-1	-1	-0.8
2	+1	+1	+1	+1	+1	1.00	22	+1	+1	+1	+1	+1	1.00
3	+1	+1	-1	+1	+1	0.60	23	+1	+1	+1	+1	+1	1.00
4	+1	+1	+1	+1	+1	1.00	24	0	+1	+1	0	0	0.40
5	+1	+1	+1	+1	+1	1.00	25	+1	+1	+1	+1	+1	1.00
6	+1	0	+1	+1	0	0.60	26	+1	+1	+1	+1	+1	1.00
7	+1	+1	+1	+1	+1	1.00	27	+1	+1	+1	+1	+1	1.00
8	+1	+1	+1	+1	+1	1.00	28	+1	+1	+1	+1	+1	1.00
9	+1	+1	+1	+1	+1	1.00	29	+1	0	+1	0	0	0.40
10	+1	+1	+1	+1	+1	1.00	30	+1	+1	0	+1	+1	0.80
11	+1	+1	+1	+1	+1	1.00	31	-1	0	0	+1	0	0.00
12	+1	+1	0	+1	+1	0.80	32	+1	+1	+1	+1	+1	1.00
13	+1	+1	0	+1	+1	0.80	33	0	0	+1	+1	0	0.40
14	+1	+1	+1	+1	+1	1.00	34	0	+1	+1	+1	0	0.60
15	+1	+1	+1	+1	+1	1.00	35	+1	+1	+1	+1	0	0.80
16	+1	+1	0	0	+1	0.60	36	+1	+1	+1	+1	+1	1.00
17	+1	+1	+1	+1	0	0.80	37	+1	+1	+1	+1	+1	1.00
18	+1	+1	+1	+1	+1	1.00	38	+1	+1	+1	+1	+1	1.00
19	-1	0	0	+1	-1	-0.2	39	0	+1	+1	+1	+1	0.80
20	+1	+1	+1	+1	+1	1.00	40	+1	+1	+1	+1	+1	1.00

ภาคผนวก ฉ
หนังสือขออนุญาต

พหูนํ ปณฺฑิโต ชีเว

ที่ อว 0605.5(2)/ว3483

คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
อำเภอเมือง จังหวัดมหาสารคาม 44000

17 ธันวาคม 2563

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เรียน อาจารย์ ดร.วุฒิศักดิ์ บุญแน่น

ด้วย นายกานต์ชนก จันทฤทธิ์ นิสิตปริญญาโท สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม กำลังศึกษาและทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง : "การพัฒนากิจกรรมเสริมหลักสูตรโดยใช้กิจกรรมการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง สารอาหารและสารเคมีในสิ่งมีชีวิต" ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร (กศ.ม.) การสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ โดยมี อาจารย์ ดร.กันยารัตน์ สอนสุภาพ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก ในครั้งนี้

เพื่อให้การจัดทำวิทยานิพนธ์เป็นไปด้วยความเรียบร้อย และบรรลุตามวัตถุประสงค์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรอบรู้ ความสามารถ และมีประสบการณ์ ในเรื่องนี้เป็นอย่างดี จึงใคร่ขอความอนุเคราะห์จากท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย เพื่อนิสิตจะนำข้อมูลที่ได้ไปดำเนินการในขั้นตอนต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม หวังเป็นอย่างยิ่งว่าคงได้รับความกรุณาจากท่านด้วย และขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์ ดร.รังสรรค์ โฉมยา)
รองคณบดี ปฏิบัติราชการแทน
คณบดีคณะศึกษาศาสตร์

งานวิชาการและบัณฑิตศึกษา คณะศึกษาศาสตร์
โทรศัพท์,โทรสาร 0-4371-3174
เบอร์โทรนิสิต 0885712560

ที่ อว 0605.5(2)/ว3483

คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
อำเภอเมือง จังหวัดมหาสารคาม 44000

17 ธันวาคม 2563

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เรียน นางณิชาพัฒณ์ จิรพันธุ์กุลชาติ

ด้วย นายกานต์ชนก จันทฤทธิ์ นิสิตปริญญาโท สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม กำลังศึกษาและทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง : "การพัฒนากิจกรรมเสริมหลักสูตรโดยใช้กิจกรรมการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง สารอาหารและสารเคมีในสิ่งมีชีวิต" ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร (กศ.ม.) การสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ โดยมี อาจารย์ ดร.กันยารัตน์ สอนสุภาพ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก ในครั้งนี้

เพื่อให้การจัดทำวิทยานิพนธ์เป็นไปด้วยความเรียบร้อย และบรรลุตามวัตถุประสงค์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรอบรู้ ความสามารถ และมีประสบการณ์ ในเรื่องนี้เป็นอย่างดี จึงใคร่ขอความอนุเคราะห์จากท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย เพื่อนิสิตจะนำข้อมูลที่ได้ไปดำเนินการในขั้นตอนต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม หวังเป็นอย่างยิ่งว่าคงได้รับความกรุณาจากท่านด้วย และขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์ ดร.รังสรรค์ โฉมยา)
รองคณบดี ปฏิบัติราชการแทน
คณบดีคณะศึกษาศาสตร์

งานวิชาการและบัณฑิตศึกษา คณะศึกษาศาสตร์
โทรศัพท์,โทรสาร 0-4371-3174
เบอร์โทรนิสิต 0885712560

ที่ อว 0605.5(2)/ว3483

คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
อำเภอเมือง จังหวัดมหาสารคาม 44000

17 ธันวาคม 2563

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เรียน นางเสาวลักษณ์ นิลโคตร

ด้วย นายกานต์ชนก จันทฤทธิ์ นิสิตปริญญาโท สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม กำลังศึกษาและทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง : "การพัฒนากิจกรรมเสริมหลักสูตรโดยใช้กิจกรรมการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง สารอาหารและสารเคมีในสิ่งมีชีวิต" ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร (กศ.ม.) การสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ โดยมี อาจารย์ ดร.กันยารัตน์ สอนสุภาพ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก ในครั้งนี้

เพื่อให้การจัดทำวิทยานิพนธ์เป็นไปด้วยความเรียบร้อย และบรรลุตามวัตถุประสงค์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรอบรู้ ความสามารถ และมีประสบการณ์ ในเรื่องนี้เป็นอย่างดี จึงใคร่ขอความอนุเคราะห์จากท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย เพื่อนิสิตจะนำข้อมูลที่ได้ไปดำเนินการในขั้นตอนต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม หวังเป็นอย่างยิ่งว่าคงได้รับความกรุณาจากท่านด้วย และขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์ ดร.รังสรรค์ โฉมยา)
รองคณบดี ปฏิบัติราชการแทน
คณบดีคณะศึกษาศาสตร์

งานวิชาการและบัณฑิตศึกษา คณะศึกษาศาสตร์
โทรศัพท์,โทรสาร 0-4371-3174
เบอร์โทรนิสิต 0885712560

ที่ อว 0605.5(2)/ว3483

คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
อำเภอเมือง จังหวัดมหาสารคาม 44000

17 ธันวาคม 2563

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เรียน ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุรีย์พร สว่างเมฆ

ด้วย นายกานต์ชนก จันทฤทธิ์ นิสิตปริญญาโท สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม กำลังศึกษาและทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง : "การพัฒนากิจกรรมเสริมหลักสูตรโดยใช้กิจกรรมการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง สารอาหารและสารเคมีในสิ่งมีชีวิต" ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร (กศ.ม.) การสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ โดยมี อาจารย์ ดร.กันยารัตน์ สอนสุภาพ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก ในครั้งนี้

เพื่อให้การจัดทำวิทยานิพนธ์เป็นไปด้วยความเรียบร้อย และบรรลุตามวัตถุประสงค์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรอบรู้ ความสามารถ และมีประสบการณ์ ในเรื่องนี้เป็นอย่างดี จึงใคร่ขอความอนุเคราะห์จากท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย เพื่อนิสิตจะนำข้อมูลที่ได้ไปดำเนินการในขั้นตอนต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม หวังเป็นอย่างยิ่งว่าคงได้รับความกรุณาจากท่านด้วย และขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์ ดร.รังสรรค์ โฉมยา)
รองคณบดี ปฏิบัติราชการแทน
คณบดีคณะศึกษาศาสตร์

งานวิชาการและบัณฑิตศึกษา คณะศึกษาศาสตร์
โทรศัพท์,โทรสาร 0-4371-3174
เบอร์โทรนิสิต 0885712560

บันทึกข้อความ

ส่วนราชการ งานวิชาการและบัณฑิตศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม โทร 6216

ที่ อว 0605.5(2)/ว3483 วันที่ 17 ธันวาคม 2563

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เรียน ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.มนตรี วงษ์สะพาน

ด้วย นายกานต์ชนก จันทฤทธิ์ นิสิตปริญญาโท สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม กำลังศึกษาและทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง : “การพัฒนากิจกรรมเสริมหลักสูตรโดยใช้กิจกรรมการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง สารอาหารและสารเคมีในสิ่งมีชีวิต” ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร (กศ.ม.) การสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ โดยมี อาจารย์ ดร.กันยารัตน์ สอนสุภาพ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก ในครั้งนี้

เพื่อให้การจัดทำวิทยานิพนธ์เป็นไปด้วยความเรียบร้อย และบรรลุตามวัตถุประสงค์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรอบรู้ ความสามารถ และมีประสบการณ์ ในเรื่องนี้เป็นอย่างดี จึงใคร่ขอความอนุเคราะห์จากท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย เพื่อนิสิตจะนำข้อมูลที่ได้ไปดำเนินการในขั้นตอนต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา

(รองศาสตราจารย์ ดร.รังสรรค์ โฉมยา)
รองคณบดี ปฏิบัติราชการแทน
คณบดีคณะศึกษาศาสตร์

บันทึกข้อความ

ส่วนราชการ งานวิชาการและบัณฑิตศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม โทร 6216

ที่ อว 0605.5(2) / 2117 วันที่ 27 กันยายน 2564

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์เก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อการจัดทำวิทยานิพนธ์

เรียน ผู้อำนวยการโรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยมหาสารคาม (ฝ่ายมัธยม)

ด้วย นายกานต์ชนก จันทฤทธิ์ นิสิตปริญญาโท สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม กำลังศึกษาและทำวิทยานิพนธ์เรื่อง การพัฒนากิจกรรมเสริมหลักสูตรโดยใช้กิจกรรมการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง สารอาหารและสารเคมีในสิ่งมีชีวิต ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร กศ.ม. การสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ โดยมี อาจารย์ ดร.กันยารัตน์ สอนสุภาพ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลักในครั้งนี้

เพื่อให้การจัดทำวิทยานิพนธ์เป็นไปด้วยความเรียบร้อย และบรรลุตามวัตถุประสงค์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ใคร่ขอความอนุเคราะห์จากท่านได้อนุญาตให้ นายกานต์ชนก จันทฤทธิ์ เก็บรวบรวมข้อมูลสำหรับการทำวิทยานิพนธ์ในครั้งนี้ เพื่อนิสิตจะนำข้อมูลที่ได้ไปดำเนินการในขั้นตอนต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา

(รองศาสตราจารย์ ดร.รังสรรค์ โฉมยา)
รองคณบดี ปฏิบัติราชการแทน
คณบดีคณะศึกษาศาสตร์

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ	กานต์ชนก จันทฤทธิ์
วันเกิด	9 ตุลาคม พ.ศ.2538
สถานที่เกิด	อำเภอเมือง จังหวัดมหาสารคาม
สถานที่อยู่ปัจจุบัน	123 ม.8 ต.บ้านโคก อ.หนองนาคำ จ.ขอนแก่น
ตำแหน่งหน้าที่การงาน	-
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	-
ประวัติการศึกษา	พ.ศ. 2557 มัธยมศึกษาตอนปลาย โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยมหาสารคาม (ฝ่ายมัธยม) พ.ศ. 2561 ปริญญาวิทยาศาสตร์บัณฑิต (วท.บ.) สาขาชีววิทยา มหาวิทยาลัยมหาสารคาม พ.ศ. 2565 ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต (กศ.ม.) สาขาการสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม