การพัฒนาการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ความเข้าใจมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ และการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2

วิทยานิพนธ์

ของ

ปัทมนันท์ แสนตรี

เสนอต่อมหาวิทยาลัยมหาสารคาม เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน

มกราคม 2566

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

การพัฒนาการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ความเข้าใจมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ และการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2

วิทยานิพนธ์

ของ

ปัทมนันท์ แสนตรี

เสนอต่อมหาวิทยาลัยมหาสารคาม เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน
มกราคม 2566

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

Effects of Model-Based Learning Development on the Scientific Concepts and Scientific Reasoning of Grade 7 Students

Pattamanan Santree

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of Requirements

for Master of Education (Curriculum and Instruction)

January 2023

Copyright of Mahasarakham University

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ได้พิจารณาวิทยานิพนธ์ของนางสาวปัทมนันท์ แสนตรี แล้วเห็นสมควรรับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน ของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ
(ผศ. ดร. จิระพร ชะโน)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
(รศ. ดร. มนตรี วงษ์สะพาน)

.....กรรมการ
(รศ. ดร. ประเสริฐ เรือนนะการ)

.....กรรมการผู้ทรงคุณวุฒิภายนอก
(ผศ. ดร. สมาน เอกพิมพ์)

มหาวิทยาลัยอนุมัติให้รับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญา การศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน ของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

.....	.....
(รศ. ดร. ชวลิต ชูกำแพง)	(รศ. ดร. กริสน์ ชัยมูล)
คณบดีคณะศึกษาศาสตร์	คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

ชื่อเรื่อง การพัฒนาการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ความเข้าใจมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ และการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2

ผู้วิจัย ปัทมนันท์ แสนตรี

อาจารย์ที่ปรึกษา รองศาสตราจารย์ ดร. มนตรี วงษ์สะพาน

ปริญญา การศึกษามหาบัณฑิต **สาขาวิชา** หลักสูตรและการสอน

มหาวิทยาลัย มหาวิทยาลัยมหาสารคาม **ปีที่พิมพ์** 2566

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีความมุ่งหมายเพื่อ 1) เพื่อหาประสิทธิภาพของแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ให้มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 75/75 2) เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง งานและพลังงาน กับเกณฑ์ร้อยละ 70 3) เพื่อเปรียบเทียบความเข้าใจมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง งานและพลังงาน และ 4) เพื่อเปรียบเทียบการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง งานและพลังงาน ตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2/7 ที่เรียนในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2564 โรงเรียนสารคามพิทยาคม จังหวัดมหาสารคาม จำนวน 40 คน ได้มาโดยการสุ่มตัวอย่างแบบกลุ่ม เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ 1) แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานเรื่อง งานและพลังงาน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 จำนวน 6 แผนการเรียนรู้ 14 ชั่วโมง 2) แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน มีค่าความเชื่อมั่นทั้งฉบับ (r) เท่ากับ 0.81 3)แบบทดสอบวัดความเข้าใจมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ แบบอัตนัยจำนวน 6 ข้อ มีค่าความเชื่อมั่นทั้งฉบับ (α) เท่ากับ 0.72 และ 4) แบบทดสอบวัดการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์อัตนัย จำนวน 6 ข้อ มีค่าความเชื่อมั่นทั้งฉบับ (α) เท่ากับ 0.82 สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และสถิติทดสอบค่าที โดยใช้ One sample และ Dependent samples t-test

ผลการวิจัยพบว่า

1. การจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง งานและพลังงาน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 มีประสิทธิภาพเท่ากับ 76.98/75.33

2. นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง งานและพลังงาน หลังเรียนสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ .05

3. นักเรียนมีความเข้าใจมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

4. นักเรียนมีความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

คำสำคัญ : การพัฒนาการจัดการเรียนรู้แบบจำลองเป็นฐาน, ความเข้าใจมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์, การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์

TITLE Effects of Model-Based Learning Development on the Scientific Concepts and Scientific Reasoning of Grade 7 Students

AUTHOR Pattamanan Santree

ADVISORS Associate Professor Montree Wongsaphan , Ed.D.

DEGREE Master of Education **MAJOR** Curriculum and Instruction

UNIVERSITY Mahasarakham University **YEAR** 2023

ABSTRACT

This research aimed 1) to develop a model-based learning management plan to be effective according to the 75/75 criteria, 2) to compare the learning achievement of students who received model-based learning management on work and energy with the 70% criteria, 3) To compare the understanding of scientific concepts between pre-learning and post-learning with a model-based learning management on work and energy and 4) to compare scientific reasoning between pre-learning and post-learning with a model-based learning management on work and energy. The sample used in this research were Mathayomsuksa 2/7 students studying in the second semester of the academic year 2021 at Sarakham Pittayakom School, Maha Sarakham Province;40 students were obtained by random cluster sampling. The research instruments were 1) Six model-based learning management plan on work and energy for grade 8^{th} students, 2) The academic achievement tests with a value of reliability (r) was 0.81, 3) a scientific concepts test with a value of reliability (α) was 0.72, and 4) scientific reasoning tests with a value of reliability (α) was 0.82. The statistics used in the data analysis were percentage, average, Standard Deviation, and t-test for one and two dependent samples.

The results of the research were:

1. The model-based learning management plan on Work and Energy for grade 8th students effective was 76.98/75.33.

2. The students' learning achievement scores on Work and Energy after learning through model-based learning were statistically significantly higher than the 70% criteria at the .05 level.

3. The students' understanding on scientific concepts after learning through model-based learning were statistically significantly higher than before at the .05 level.

4. The students' understanding on scientific reasoning after learning through model-based learning were statistically significantly higher than before at the .05 level.

Keyword : Developing a Model-based Learning Development, Scientific Concepts, Scientific Reasoning

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยความกรุณาและความช่วยเหลือเป็นอย่างดียิ่งจาก รองศาสตราจารย์ ดร.มนตรี วงษ์สะพาน อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จิระพร ชะโน ประธานกรรมการสอบ รองศาสตราจารย์ ดร.ประเสริฐ เรือนนะการ คณะกรรมการสอบ และ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สมาน เอกพิมพ์ ผู้ทรงคุณวุฒิภายนอก ที่ได้กรุณาให้คำปรึกษา แนะนำ ตลอดจน ช่วยแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ตั้งแต่ต้น จนสำเร็จ ผู้ศึกษาขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงยิ่ง

ขอขอบพระคุณ คณาจารย์ภาควิชาหลักสูตรและการสอนทุกท่านที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ และให้คำแนะนำสั่งสอน ตลอดช่วงระยะเวลาที่ทำการศึกษา

ขอขอบคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์พงศธร กองแก้ว อาจารย์ ดร.ณัฐพล โยธา คุณครูอารีวรรณ ธาตุดี คุณครูพงษ์ลดา กาญจนปภากูล และคุณครูวัลลภ ปริญทอง ที่ได้กรุณาเป็นผู้เชี่ยวชาญในการตรวจสอบเครื่องมือในการวิจัย ขอขอบพระคุณ ผู้อำนวยการโรงเรียนสารคามพิทยาคมที่ให้ความอนุเคราะห์ ในการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูลในการวิจัย และขอขอบใจนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ทุกคน ที่ให้ความร่วมมือในการทำวิจัยจนเสร็จสมบูรณ์

ขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา ขอบพระคุณ ญาติพี่น้องทุกคน ครอบครัว และขอบคุณ นิสิตสาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ทุกคนที่คอยให้กำลังใจ ให้ความรัก ความห่วงใย จนทำให้งานวิจัยฉบับนี้เสร็จสมบูรณ์

คุณค่าและประโยชน์ของงานวิจัยฉบับนี้ ผู้วิจัยขอมอบเป็นเครื่องบูชาพระคุณบิดา มารดา และบูรพาจารย์ตลอดจนผู้มีพระคุณทุกท่านที่ให้การอบรม สั่งสอน จนประสบความสำเร็จในการดำเนินชีวิตและความก้าวหน้าในหน้าที่การงาน

ปัทมนันท์ แสนตรี

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... ฉ

กิตติกรรมประกาศ ..... ช

สารบัญ ..... ฌ

สารบัญตาราง ..... ฏ

สารบัญภาพประกอบ ..... ฑ

บทที่ 1 บทนำ 1

ภูมิหลัง 1

ความมุ่งหมายของการวิจัย 6

สมมติฐานของการวิจัย 7

ความสำคัญของการวิจัย 7

ขอบเขตของการวิจัย 7

นิยามศัพท์เฉพาะ 8

บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 12

หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ 12

การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน 39

ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน 54

ความเข้าใจมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ 62

การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ 75

ประสิทธิภาพของแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ 83

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 87
งานวิจัยในประเทศ 87
งานวิจัยต่างประเทศ 91
กรอบแนวคิดการวิจัย 94
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย 96
ประชากรและตัวอย่าง 96
เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล 97
การสร้างและหาคุณภาพเครื่องมือ 97
วิธีดำเนินการทดลองและการเก็บรวบรวมข้อมูล 112
การวิเคราะห์ข้อมูล 113
สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล 115
บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล 122
สัญลักษณ์ที่ใช้ในการเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล 122
ลำดับขั้นตอนในการเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล 122
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล 123
บทที่ 5 สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ 127
ความมุ่งหมายของการวิจัย 127
สรุปผล 128
อภิปรายผล 128
ข้อเสนอแนะ 131
บรรณานุกรม 133
ภาคผนวก 143
ภาคผนวก ก เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย และแบบประเมินเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย 144
ภาคผนวก ข การตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย 174

ภาคผนวก ค ประสิทธิภาพของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน..... 192

ประวัติผู้เขียน..... 195

สารบัญตาราง

หน้า

ตาราง 1 ตารางแสดงสาระการเรียนรู้ มาตรฐานการเรียนรู้ ตัวชี้วัด และสาระการเรียนรู้แกนกลาง. 18

ตาราง 2 ลักษณะของแบบจำลองและการใช้แบบจำลองในห้องเรียนวิทยาศาสตร์ 50

ตาราง 3 วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่าง สาระสำคัญ จุดประสงค์การเรียนรู้และเวลา เพื่อพัฒนาแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ให้สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้ เรื่อง งานและพลังงาน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2..... 98

ตาราง 4 ความสอดคล้องระหว่างจำนวนข้อสอบที่ต้องการกับจุดประสงค์การเรียนรู้..... 103

ตาราง 5 ความสัมพันธ์ระหว่างมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ที่ต้องการวัดและจำนวนข้อสอบที่ออกและที่ต้องใช้จริง 107

ตาราง 6 ความสัมพันธ์ระหว่างสถานการณ์การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ที่ต้องการวัดและจำนวนข้อสอบที่ออกและที่ต้องใช้จริง..... 110

ตาราง 7 แบบแผนการทดลอง..... 112

ตาราง 8 วันและเวลาที่ใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน..... 113

ตาราง 9 ประสิทธิภาพของการจัดการเรียนรูโดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง งานและพลังงาน กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 123

ตาราง 10 การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง งานและพลังงาน กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ให้ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 124

ตาราง 11 ผลการเปรียบเทียบความเข้าใจมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง งานและพลังงาน กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2..... 125

ตาราง 12 ผลการเปรียบเทียบการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง งานและพลังงาน กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 125

ตาราง 13 ค่าเฉลี่ยของแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานที่ประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญ 175

ตาราง 14 ผลการประเมินของแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน 184

ตาราง 15 การประเมินแบบทดสอบของผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน ในการหาค่า IOC ในด้านความเที่ยงตรงของเนื้อหาและความสอดคล้องของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน 185

ตาราง 16 ค่าความยากง่าย (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน 187

ตาราง 17 การประเมินแบบทดสอบของผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน ในการหาค่า IOC ในด้านความเที่ยงตรงของเนื้อหาและแบบประเมินความสอดคล้องการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ 189

ตาราง 18 การประเมินแบบทดสอบของผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน ในการหาค่า IOC ในด้านความเที่ยงตรงของเนื้อหาและความสอดคล้องของแบบประเมินความสอดคล้องความเข้าใจมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ 190

ตาราง 19 ค่าความยาก (P_E) ค่าอำนาจจำแนก (D) และค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ 191

ตาราง 20 ค่าความยาก (P_E) ค่าอำนาจจำแนก (D) และค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ 191

ตาราง 21 ประสิทธิภาพของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน 193

สารบัญภาพประกอบ

หน้า

ภาพประกอบ 1 กรอบแนวคิดของแบบจำลองและการสร้างแบบจำลอง 47

ภาพประกอบ 2 รูปแบบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน..... 49

ภาพประกอบ 3 กรอบแนวคิดการวิจัย 95

บทที่ 1

บทนำ

ภูมิหลัง

วิทยาศาสตร์มีบทบาทสำคัญยิ่งในสังคมโลกปัจจุบันและอนาคต เพราะวิทยาศาสตร์เกี่ยวข้องกับทุกคน ทั้งในชีวิตประจำวันและการงานอาชีพต่าง ๆ ตลอดจนเทคโนโลยี เครื่องมือ เครื่องใช้และผลผลิตต่าง ๆ ที่มนุษย์ได้ใช้เพื่ออำนวยความสะดวกในชีวิตและการทำงาน สิ่งเหล่านี้ล้วนเป็นผลของความรู้วิทยาศาสตร์ ผสมผสานกับความคิดสร้างสรรค์และศาสตร์อื่น ๆ วิทยาศาสตร์ช่วยให้มนุษย์ได้พัฒนาวิธีคิด ทั้งความคิดเป็นเหตุเป็นผล คิดสร้างสรรค์ คิดวิเคราะห์วิจารณ์ มีทักษะสำคัญในการค้นคว้าหาความรู้ ใช้ความรู้และทักษะเพื่อแก้ปัญหา หรือพัฒนางานด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม มีความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบ รวมทั้งสามารถค้นหาข้อมูลหรือสารสนเทศ ประเมินสารสนเทศ ประยุกต์ใช้ทักษะการคิดเชิงคำนวณและความรู้ ด้านวิทยาการคอมพิวเตอร์ สื่อดิจิทัล เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริงอย่างสร้างสรรค์ สามารถตัดสินใจโดยใช้ข้อมูลที่หลากหลายและมีประจักษ์พยานที่ตรวจสอบได้ วิทยาศาสตร์เป็นวัฒนธรรมของโลกสมัยใหม่ซึ่งเป็นสังคมแห่งการเรียนรู้ (Knowledge-based society) ดังนั้น ทุกคนจึงจำเป็นต้องได้รับการพัฒนาให้รู้วิทยาศาสตร์ เพื่อที่จะมีความรู้ความเข้าใจในธรรมชาติและเทคโนโลยีที่มนุษย์สร้างสรรค์ขึ้น สามารถนำความรู้ไปใช้อย่างมีเหตุผล สร้างสรรค์และมีคุณธรรม (กระทรวงศึกษาธิการ, 2560) จากความสำคัญของวิทยาศาสตร์ข้างต้น ทุกประเทศจึงจัดให้มีการสอนวิทยาศาสตร์ตั้งแต่ระดับอนุบาลจนถึงอุดมศึกษา โดยจัดวิชาวิทยาศาสตร์เป็นวิชาพื้นฐานที่ทุกคนต้องเรียน เพื่อที่จะได้มีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับบทบาทของวิทยาศาสตร์ที่มีต่อตนเอง สังคม และประเทศชาติ เพื่อที่ประชาชนจะได้มีความรู้แตกฉานทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

เมื่อจะจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ให้ตรงตามจริต ต้องเรียนรู้ที่จะเป็นทั้งผู้สร้างและผู้ซึมซับความรู้โดยอาศัยเครื่องมือทางการเรียนรู้ที่หลากหลาย ไม่ว่าจะเป็นอินเทอร์เน็ต สื่อสังคมออนไลน์ การใช้เทคโนโลยีสื่อสารมาทำให้เกิดการแลกเปลี่ยนเรียนรู้และสื่อสารอย่างมีประสิทธิภาพ (ประสาท เนืองเฉลิม, 2558) เป้าหมายของการศึกษาวิทยาศาสตร์ คือ การทำให้นักเรียนทุกคนมีการรู้เรื่องวิทยาศาสตร์ (Scientific Literacy) ซึ่งรวมถึงความรู้มิติต่าง ๆ ทางวิทยาศาสตร์ ได้แก่ ความรู้ความสามารถทางสติปัญญา กระบวนการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ และความสัมพันธ์ระหว่างวิทยาศาสตร์กับเทคโนโลยีด้วย (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2553)

บุคคลที่รู้วิทยาศาสตร์เป็นผู้ที่ตระหนักถึงความสำคัญและความเกี่ยวข้องกันระหว่างวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยีกับกิจกรรมต่าง ๆ ของมนุษย์ มีความรู้และความเข้าใจต่อมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ และความสามารถในการตัดสินใจโดยอาศัยมโนทัศน์และหลักการทางวิทยาศาสตร์เพื่อตนเองและสังคมอย่างมีความรับผิดชอบได้ (American Association for the Advancement of Science, 1993) เมื่อพิจารณาลักษณะของบุคคลที่รู้วิทยาศาสตร์จะเห็นได้ว่าเกี่ยวข้องกับการรู้และความเข้าใจมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ ดังนั้นความเข้าใจมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์จึงเป็นพื้นฐานสำหรับการรู้วิทยาศาสตร์ (Klymkowsky, Garvin-Doxas and Zeilk, 2003) หรือกล่าวอีกนัยหนึ่ง คือ การส่งเสริมให้บุคคลมีความเข้าใจมโนทัศน์วิทยาศาสตร์เป็นส่วนหนึ่งที่ช่วยส่งเสริมให้บุคคลมีการรู้วิทยาศาสตร์นั่นเอง นอกจากนี้การมีความเข้าใจมโนทัศน์ยังช่วยให้บุคคลสามารถเลือกใช้วิธีการที่หลากหลายในการรับมือกับสถานการณ์ใหม่ได้อย่างยืดหยุ่นอีกด้วย ส่วนบุคคลที่ไม่มีความเข้าใจมโนทัศน์จะมองไม่เห็นรูปแบบ ความสัมพันธ์ หรือความขัดแย้งของข้อมูลใหม่ ๆ ได้และอาจรับมือข้อมูลใหม่เหล่านั้นโดยพยายามจดจำข้อมูลเหล่านั้นทั้งหมด (Bransford, Brown and Cocking, 2000) จึงอาจกล่าวได้ว่า ความเข้าใจมโนทัศน์มีความสำคัญเป็นอย่างยิ่งต่อการเรียนของนักเรียนและควรส่งเสริมให้นักเรียนมีความเข้าใจมโนทัศน์ เพราะเมื่อนักเรียนมีความเข้าใจมโนทัศน์จะทำให้นักเรียนสามารถประยุกต์สิ่งที่ตนเรียนไปใช้รับมือสถานการณ์ใหม่ได้อย่างมีประสิทธิภาพ และสามารถเรียนรู้ได้อย่างรวดเร็วและดียิ่งขึ้น

ดังนั้น การสอนวิทยาศาสตร์ควรเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้พัฒนาตนเองอย่างเต็มที่ได้เปิดกว้างทางความคิดเจตคติที่ดีต่อวิทยาศาสตร์ พัฒนาชีวิตด้วยทักษะและคุณลักษณะอันพึงประสงค์ เรียนรู้สิ่งต่าง ๆ จากสิ่งแวดล้อมภายนอกมากกว่าแค่การซึมซับความรู้ภายในห้องเรียน บุคคลที่มีความรอบรู้ทางวิทยาศาสตร์สามารถใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์เพื่อหาความรู้ใหม่อธิบายปรากฏการณ์ และตัดสินใจเรื่องที่เกี่ยวกับวิทยาศาสตร์บนพื้นฐานของประจักษ์พยานวิทยาศาสตร์ หรือกล่าวได้ว่าสามารถอธิบายและลงข้อสรุปที่ได้มาจากการเก็บรวบรวมข้อมูลอย่างถูกต้อง ความรู้ และการเปิดกว้างรับความคิดเห็นหรืออภิปรายข้อสงสัย โดยใช้ข้อถกเถียงที่มีตรรกะสมเหตุสมผล (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2554) จึงกล่าวได้ว่า การพัฒนากำลังคนทางด้านวิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยีให้มีประสิทธิภาพอาศัยการเรียนรู้ที่ให้นักเรียนเป็นผู้สร้างองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ด้วยตนเอง มีความรอบรู้ทางวิทยาศาสตร์ รวมถึงความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ (Scientific Reasoning)

ความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ เป็นความสามารถในการแสวงหาหลักฐานหรือประจักษ์พยาน รวมทั้ง แนวคิด ทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์ มาสนับสนุนหรือปฏิเสธสมมติฐาน ซึ่งนำไปสู่การได้มโนทัศน์หรือความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (Schen, 2007) หลายประเทศได้กำหนดให้การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์เป็นความสามารถหลักในการจัดการศึกษาวิทยาศาสตร์มาอย่างยาวนาน

(Lawson, 2004) เพราะความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์นี้สามารถพัฒนาผู้คนให้กลายเป็นผู้เรียนรู้ตลอดชีวิต (Lifelong Learners) เป็นบุคคลที่มีคุณภาพของสังคม (Gerber, Cavallo and Marek, 2001) โดยผู้ที่มีความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์จะสามารถอธิบาย ปรากฏการณ์ และตัดสินใจเรื่องราวต่าง ๆ ได้โดยใช้หลักฐานหรือประจักษ์พยานทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งได้จากการรวบรวมข้อมูลอย่างถูกต้องเหมาะสมหรือได้จากการอภิปรายโต้แย้งแลกเปลี่ยนมุมมองจนนำไปสู่ข้อสรุปที่สมเหตุสมผล (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2554) นอกจากนี้ ผู้ที่มีความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์จะสามารถนำมโนทัศน์ หลักการหรือทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์มาสร้างความรู้ความเข้าใจของตนได้โดยการเชื่อมโยงมโนทัศน์ หลักการ หรือทฤษฎีเหล่านั้นกับสมมติฐานตั้งต้นของตน และผู้ที่มีความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์จะสามารถแก้ไขมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ที่คลาดเคลื่อนได้ โดยการให้นักเรียนพิจารณามโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนของตนเองแล้วระบุคำถาม และหาคำตอบโดยใช้มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ร่วมกับ หลักฐานและการให้เหตุผลเพื่อให้ได้มโนทัศน์ที่ถูกต้อง หรือกล่าวได้ว่านักเรียนต้องสามารถใช้เหตุผล ที่มาจากหลักฐานสนับสนุนมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์และโต้แย้งมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนเดิม (Lawson, 2004)

จากการประเมินของโครงการประเมินผลนักเรียนนานาชาติหรือ PISA (Programme for International Student Assessment) ที่มีวัตถุประสงค์เพื่อวัดและประเมินการรู้เรื่องวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่มีอายุ 15 ปี เพื่อสำรวจความสามารถและศักยภาพเกี่ยวกับการประยุกต์ใช้ความรู้ทักษะการให้เหตุผล และการให้ประจักษ์พยานทางวิทยาศาสตร์ในการแก้ปัญหา โดยในปี ค.ศ. 2006, 2009, 2012 และ 2015 พบว่านักเรียนไทยมีคะแนนเฉลี่ยการรู้เรื่อง วิทยาศาสตร์เท่ากับ 421, 425, 444 และ 421 คะแนน ตามลำดับ ซึ่งจะเห็นได้อย่างชัดเจนว่าประเทศไทยมีคะแนนต่ำกว่าค่าเฉลี่ยมาตรฐานของ OECD ที่ได้กำหนดไว้ที่ 500 คะแนน โดยการประเมินในปี ค.ศ. 2006 และ 2015 ที่เน้นการประเมินการรู้วิชาวิทยาศาสตร์ร้อยละ 60 ผลการประเมินพบว่า นักเรียนไทยมีคะแนนเฉลี่ยรวมวิชาวิทยาศาสตร์เท่ากับ 421 คะแนน เท่ากันทั้ง 2 ปี และเป็นคะแนนที่แสดงให้เห็นว่านักเรียนไทยไม่สามารถระบุอธิบาย และประยุกต์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ในสถานการณ์ที่หลากหลายได้ อีกทั้งยังไม่สามารถเชื่อมโยงระหว่างการอธิบายและการใช้ประจักษ์พยานทางวิทยาศาสตร์จากแหล่งต่าง ๆ เพื่อใช้เป็นเหตุผลในการตัดสินใจ นักเรียนไม่สามารถแสดงออกถึงการใช้ความคิดและการเป็นเหตุเป็นผลเชิงวิทยาศาสตร์ในระดับสูงได้ แสดงให้เห็นถึงระดับความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนไทยอยู่ในระดับที่ควรได้รับการพัฒนาเป็นอย่างยิ่ง จึงสะท้อนให้เห็นว่านักเรียนมีทักษะการใช้ความรู้และทักษะในชีวิตจริงด้อยกว่านักเรียนนานาชาติ อีกทั้งนักเรียนไทยไม่คุ้นเคยกับข้อสอบคิดวิเคราะห์ที่มีการใช้เหตุผลประกอบการตัดสินใจ นักเรียนไทยจึงยังด้อยด้าน

การคิด การให้เหตุผล การโต้แย้งที่จำเป็นสำหรับการมีส่วนร่วม ในสังคมอนาคต (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2561)

และจากผลการทดสอบทางการศึกษาระดับชาติขั้นพื้นฐาน (O-NET) ปีการศึกษา 2560-2562 ของผู้เรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนสารคามพิทยาคม ในรายวิชาวิทยาศาสตร์ ระดับประเทศ คิดเป็นร้อยละ 39.77,44.52 และ 34.37 ซึ่งต่ำกว่าร้อยละ 50 ทุกปี และคะแนนเฉลี่ยสาระการเรียนรู้เรื่อง พลังงาน ในปีการศึกษา 2560-2562 คิดเป็นร้อยละ 39.15, 38.09 และ 38.05 จะเห็นว่าคะแนนในสาระการเรียนรู้ เรื่อง พลังงาน นั้นลดต่ำลงทุกปี ดังนั้นสาระการเรียนรู้ เรื่อง พลังงาน จึงเป็นสาระการเรียนรู้ที่ต้องเร่งพัฒนาเป็นอย่างยิ่ง (งานวัดผล ประเมินผล กลุ่มบริหารวิชาการ, 2562) ข้อมูลดังกล่าวแสดงให้เห็นว่า การจัดการเรียนการสอนเพื่อพัฒนาคุณภาพการศึกษาของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้นวิชาวิทยาศาสตร์ โรงเรียนสารคามพิทยาคมควรพัฒนาการจัดการเรียนการสอนให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น นอกเหนือจากผลการประเมินข้างต้นแล้ว จากการทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ของผู้เรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ในปีการศึกษาที่ผ่านมา เรื่อง งานและพลังงาน เมื่อพิจารณาข้อสอบอัตนัยของนักเรียน พบว่า นักเรียนมีความเข้าใจมโนทัศน์คลาดเคลื่อนในการเรียนเรื่อง งานและพลังงาน ทั้งนี้เป็นเพราะเนื้อหาในเรื่องนี้นั้นมีความซับซ้อนและเป็นนามธรรม เพราะเป็นเรื่องที่ไม่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า ดังนั้นจึงยากต่อการทำความเข้าใจ ทำให้ผู้เรียนมีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนได้ และคำตอบที่นักเรียนเขียนตอบนั้นไม่ชัดเจนและไม่สามารถตีความถึงการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ได้ และยังพบอีกว่านักเรียนส่วนใหญ่ไม่สามารถนำความรู้และหลักการทางวิทยาศาสตร์ที่มีมาใช้ในการเชื่อมโยงเพื่ออธิบายลงข้อสรุปของตนเองได้และไม่สามารถอธิบายพร้อมกับหลักฐานเชิงประจักษ์ที่เหมาะสมเพื่อใช้ในการสนับสนุนความคิดเห็นหรือข้อสรุปของตนเองได้ แสดงให้เห็นถึงการขาดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียน

การจัดการเรียนรู้ที่ช่วยส่งเสริมให้ผู้เรียนมีความเข้าใจมโนทัศน์และมีความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์นั้นมีหลายรูปแบบ จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องพบว่า วิธีการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน (Model-based learning: MBL) เป็นการจัดการเรียนรู้โดยการนำเสนอแบบจำลองเป็นสิ่งที่นักวิทยาศาสตร์สร้างขึ้นเพื่อใช้อธิบายแนวคิด หลักการ ทฤษฎี หรือกฎ หรือหากกล่าวอีกนัยหนึ่ง แบบจำลอง คือ ตัวแทนของ วัตถุ แนวคิด กระบวนการหรือระบบ ซึ่งแบบจำลอง เป็นสิ่งที่เชื่อมโยงระหว่างทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์กับความเป็นจริง (Gilbert, Cavalllo and Marek, 2000) แบบจำลองมีความสำคัญต่อวิทยาศาสตร์โดยแบบจำลองสามารถทำให้เข้าใจมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์และแนวคิดต่าง ๆ ได้ง่ายขึ้น ซึ่งจะช่วยในการมองเห็นปรากฏการณ์ต่าง ๆ และสามารถใช้อธิบายปรากฏการณ์ธรรมชาติ (Gilbert and Ireton, 2003) นักเรียนจะสามารถสร้างความเข้าใจโดยการเปรียบเทียบหลักฐานที่ได้จากการออกแบบแบบจำลอง

ทางวิทยาศาสตร์ หรือแผนภาพ จะทำให้นักเรียนสามารถเชื่อมโยงกับความคิดกับความเข้าใจและพัฒนาความเข้าใจมโนทัศน์ในเรื่องนั้น ๆ ได้ (Justi and Gilbert, 2003) โดยมีงานวิจัยจำนวนมากที่นำการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานมาใช้เพื่อพัฒนาความเข้าใจมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์และการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ที่มีลักษณะเป็นนามธรรม ตัวอย่างเช่น งานวิจัยเรื่อง ผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่อง ระบบย่อยอาหาร โดยใช้ Model Centerod instruction Sequence (MCIS) ที่มีต่อมโนมติ และการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ผลการวิจัยพบว่า การจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ MCIS สามารถช่วยพัฒนามโนมติและการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ เรื่อง ระบบย่อยอาหาร ของนักเรียนได้ โดยภาพรวมหลังจากการจัดการเรียนรู้โดยใช้ MCIS นักเรียนส่วนใหญ่มีมโนมติที่สมบูรณ์ส่วนการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ที่มีการพัฒนามากที่สุด คือ การให้เหตุผลแบบสมมตินัย รองลงมา คือ การให้เหตุผลแบบอธิบาย การให้เหตุผลแบบอุปนัย และการให้เหตุผลแบบนิรนัย ตามลำดับ (รัตนาพร ประพันธ์วิทย์, 2559) การสอนด้วยวิธีการปรับเปลี่ยนมโนทัศน์โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานในห้องเรียนขนาดใหญ่ เพื่อท้าทายความคิดของนักเรียนเรื่องโครงสร้างภายในของโลก เพื่อช่วยพัฒนาความเข้าใจของนักเรียนเกี่ยวกับโครงสร้างของโลกในห้องเรียนขนาดใหญ่ ผลจากการเปรียบเทียบภาพวาดแบบจำลองของนักเรียนระหว่างก่อนเรียนกับหลังเรียนแสดงให้เห็นว่า การสอนโดยใช้แบบจำลองเป็นฐานสามารถปรับเปลี่ยนความเข้าใจมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนของนักเรียนให้ไปยอมรับแนวความคิดที่ถูกต้องได้ (Steer, 2005) การศึกษาผลของการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานที่มีต่อมโนมติ เรื่อง ปฏิสัมพันธ์ในระบบสุริยะ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนมีความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ที่สมบูรณ์ (SU) หลังการจัดการเรียนรู้เพิ่มสูงขึ้นจากร้อยละ 3.91 เป็นร้อยละ 7.97 มีความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์บางส่วน (PU) หลังการจัดการเรียนรู้เพิ่มสูงขึ้นจากร้อยละ 8.77 เป็นร้อยละ 24.13 มีความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์เพียงบางส่วนและมีมโนมติทางวิทยาศาสตร์ที่คลาดเคลื่อน (PU&SM) หลังการจัดการเรียนรู้เพิ่มสูงขึ้นจากร้อยละ 3.77 เป็นร้อยละ 5.00 มีความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์คลาดเคลื่อน (SM) หลังการจัดการเรียนรู้เพิ่มสูงขึ้นจากร้อยละ 42.25 เป็นร้อยละ 46.30 และมีไม่มีมโนมติ (NU) หลังการจัดการเรียนรู้ลดลงจากร้อยละ 41.30 เป็นร้อยละ 16.30 (ลัทธวรรณ ศรีวิคำ, 2558) การศึกษาการศึกษาความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ปฏิกิริยาเคมี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยรูปแบบแบบจำลองเป็นฐาน ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยรูปแบบแบบจำลองเป็นฐานมีระดับความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ปฏิกิริยาเคมี ที่ถูกต้องร้อยละ 75.88 คลาดเคลื่อนร้อยละ 12.43 และไม่ถูกต้องร้อยละ 11.70 ซึ่งแสดงให้เห็นว่านักเรียนมีมโนมติทางวิทยาศาสตร์เรื่องปฏิกิริยาเคมีถูกต้องสูงกว่านักเรียนที่มีมโนมติทางวิทยาศาสตร์ที่คลาดเคลื่อน และมีมโนมติทางวิทยาศาสตร์ที่ไม่ถูกต้อง (ธนาศวรรย์ สมไพบูลย์, 2562)

จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องจะเห็นได้ว่า รูปแบบการสอนโดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เป็นรูปแบบหนึ่งที่สามารถนำมาใช้ในการจัดการเรียนการสอนที่เน้นผู้เรียนให้มีความเข้าใจมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้องและยังช่วยส่งเสริมความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ (Ornek, 2006) เนื่องจากแบบจำลองทำหน้าที่เป็นตัวเชื่อมระหว่างทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์ที่เป็นนามธรรมกับโลกของความเป็นจริงและช่วยนำเสนอและอธิบายสิ่งต่าง ๆ ที่เป็นนามธรรมให้นักเรียนเข้าใจได้ง่ายขึ้น (Gilbert, Boulter and Elmer, 2000) นอกจากนี้แบบจำลองยังช่วยให้นักเรียนได้แสดงออกถึงความคิดของตน แสดงออกถึงความคิดอย่างเป็นระบบ (Windschit and Thompson, 2006) ด้วยเหตุนี้ผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะออกแบบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เพื่อพัฒนาความเข้าใจมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ และการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ เรื่อง งานและพลังงาน เพราะเนื้อหาในเรื่องงานและพลังงานนั้นเป็นเรื่องที่ไม่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า ดังนั้นจึงยากต่อการทำความเข้าใจ ซึ่งอาจทำให้ผู้เรียนมีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนได้ โดยผลที่ได้จากการวิจัยในครั้งนี้จะเป็นแนวทางในการปรับปรุงพัฒนาการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนวิชาวิทยาศาสตร์ให้มีคุณภาพมากยิ่งขึ้น

ความมุ่งหมายของการวิจัย

1. เพื่อหาประสิทธิภาพของการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง งานและพลังงาน กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ให้มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 75/75
2. เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง งานและพลังงาน กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 กับเกณฑ์ร้อยละ 70
3. เพื่อเปรียบเทียบความเข้าใจมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง งานและพลังงาน กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2
4. เพื่อเปรียบเทียบการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง งานและพลังงาน กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2

สมมติฐานของการวิจัย

1. นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง งานและพลังงาน กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 มีผลสัมฤทธิ์หลังเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70

2. นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง งานและพลังงาน กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 มีความเข้าใจมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน

3. นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง งานและพลังงาน กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 มีการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน

ความสำคัญของการวิจัย

1. ได้แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง งานและพลังงาน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่มีประสิทธิภาพ เพื่อเป็นแนวทางสำหรับครูผู้สอนนำไปใช้ในการจัดการเรียนรู้ให้เกิดประโยชน์กับผู้เรียนมากขึ้น

2. เป็นแนวทางในการพัฒนาความเข้าใจมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ และการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ ในวิชาวิทยาศาสตร์และสาขาวิชาอื่น ๆ เพื่อให้การจัดการเรียนการสอนมีคุณภาพ

3. เป็นแนวทางสำหรับครูผู้สอน และผู้สนใจในการพัฒนาการจัดกิจกรรมการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานไปใช้ หรือนำไปปรับปรุงให้เหมาะสมกับเนื้อหาวิชา ระดับชั้น วัย ความสามารถ และความสนใจของผู้เรียนในการพัฒนาการเรียนการสอน เพื่อให้นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้น

ขอบเขตของการวิจัย

1. ประชากร

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่เรียนในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2564 โรงเรียนสารคามพิทยาคม จังหวัดมหาสารคาม สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 26 ห้องเรียนปกติแบ่งเป็น 10 ห้องเรียน จำนวน 400 คน โดยทางโรงเรียนได้จัดนักเรียนแบบคละความสามารถ ประกอบด้วย นักเรียนกลุ่มเก่ง กลุ่มปานกลางและกลุ่มอ่อน

2. ตัวอย่าง

นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2/7 ที่เรียนในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2564 โรงเรียนสารคามพิทยาคม จังหวัดมหาสารคาม สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษามหาสารคาม จำนวน 40 คน ได้มาโดยการสุ่มตัวอย่างแบบกลุ่ม (Cluster Random Sampling) โดยใช้หน่วยการสุ่มเป็นห้องเรียน จากนั้นจึงทำการสุ่มหน่วยของตัวอย่างจากห้องเรียนโดยการจับสลาก

3. ตัวแปรที่ศึกษา

3.1 ตัวแปรอิสระ (Independent Variable)

การเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง งานและพลังงาน กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2

3.2 ตัวแปรตาม (Dependent Variable)

32.2.1 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

3.2.2 ความเข้าใจมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์

3.2.3 การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์

4. เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้เป็นเนื้อหากลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สำหรับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2564 สาระที่ 2 วิทยาศาสตร์กายภาพ มาตรฐาน ว 2.3 เรื่อง งานและพลังงาน จำนวน 6 แผนการจัดการเรียนรู้ ได้แก่

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง งานและกำลัง

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง เครื่องกลอย่างง่าย

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 เรื่อง สร้างเครื่องทุ่นแรง

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 เรื่อง พลังงานศักย์โน้มถ่วง

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5 เรื่อง พลังงานจลน์

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 6 เรื่อง กฎการอนุรักษ์พลังงาน

นิยามศัพท์เฉพาะ

1. การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน หมายถึง กระบวนการจัดการเรียนรู้ที่เน้นให้ผู้เรียนสร้างแบบจำลอง เพื่อใช้อธิบายปรากฏการณ์ต่าง ๆ โดยอาศัยความรู้เดิมและข้อมูลใหม่จากประสบการณ์ที่ได้รับ แล้วรวบรวมเพื่อแสดงออกเป็นแบบจำลองทางความคิดของตนเอง และนำแบบจำลองนั้นมาประเมินเพื่อตรวจสอบ แก้ไข และปรับปรุงให้ดียิ่งขึ้น โดยผ่านการมีปฏิสัมพันธ์ร่วมกันระหว่างครูและนักเรียน และเพื่อนร่วมชั้นเรียน สำหรับงานวิจัยในครั้งนี้ผู้วิจัยได้นำรูปแบบการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานตามกรอบแนวคิดของ

Justi และ Gilbert (2002) มาปรับขั้นตอนเพื่อให้เหมาะสมกับบริบทและเนื้อหาที่ใช้ในการวิจัย ซึ่งการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ประกอบด้วย 5 ขั้นตอน ดังรายละเอียดต่อไปนี้

ขั้นที่ 1 ขั้นสร้างแบบจำลองทางความคิด (Produce mental model) นักเรียนจะถูกกระตุ้นให้สร้างแบบจำลองทางความคิดเกี่ยวกับปรากฏการณ์ที่ศึกษา โดยนักเรียนรวบรวมข้อมูลต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับปรากฏการณ์นั้น ๆ เข้าด้วยกัน จากนั้นทำการตรวจสอบข้อมูลแล้วจึงลงมือสร้างแบบจำลอง โดยในขั้นตอนนี้ครูอาจจะใช้คำถามหรือใช้สถานการณ์ในการกระตุ้นนักเรียนสร้างแบบจำลองทางความคิดของตนเองออกมา

ขั้นที่ 2 ขั้นแสดงออกแบบจำลอง (Express model) ครูกระตุ้นให้นักเรียนรวบรวมข้อมูลต่าง ๆ ที่เป็นความรู้หรือประสบการณ์เดิมและข้อมูลใหม่ที่ได้รับเข้าด้วยกัน จากนั้นนำข้อมูลมาวิเคราะห์ แล้วลงมือสร้างแบบจำลองที่เป็นตัวแทนของปรากฏการณ์ นักเรียนอาจแสดงออกถึงแบบจำลองที่สร้างขึ้นในรูปแบบต่าง ๆ เช่น สิ่งที่เป็นรูปธรรม ข้อความ แนวคิด สัญลักษณ์ รูปภาพ เป็นต้น เพื่อสื่อสารให้ผู้อื่นได้รับรู้

ขั้นที่ 3 ขั้นทดสอบแบบจำลอง (Test model) ครูเปิดโอกาสให้นักเรียนได้นำแบบจำลองที่สร้างขึ้นไปทดสอบและอธิบายปรากฏการณ์ที่ศึกษา หลังจากนั้นครูเพิ่มพูนแบบจำลองของนักเรียน โดยใช้คำถาม หรือกิจกรรมที่เร้าความสนใจที่ให้นักเรียนได้สังเกตแบบจำลองของตนเอง ซึ่งในขั้นนี้ครูทบทวนความรู้เดิมของนักเรียนว่าแบบจำลองที่สร้างขึ้นสามารถอธิบายแนวคิดที่เป็นปรากฏการณ์ ที่ศึกษานั้นได้หรือไม่

ขั้นที่ 4 ขั้นประเมินแบบจำลอง (Evaluate model) นักเรียนประเมินว่าแบบจำลองที่สร้างขึ้นสามารถอธิบายแนวคิดที่เป็นปรากฏการณ์ที่ศึกษานั้นได้หรือไม่หรือมีความเหมาะสมเพียงใด หากนักเรียนพบว่าแบบจำลองที่สร้างขึ้นไม่สามารถอธิบาย ปรากฏการณ์ได้ นักเรียนสามารถปรับปรุงแก้ไขแบบจำลองของนักเรียนได้ โดยให้นักเรียนและเพื่อนประเมินแบบจำลองร่วมกันเพื่อหาข้อสรุปว่า แบบจำลองที่ถูกสร้างขึ้นมานี้ถูกต้องและเหมาะสมหรือไม่ ในขณะที่ทำการประเมินแบบจำลอง ครูฝึกเรื่องการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ โดยใช้ข้อสรุปและหลักฐานทางวิทยาศาสตร์ที่ได้จากการตรวจสอบหรือทดลองในขั้นทดสอบแบบจำลองมาประเมิน ร่วมกันสร้างเป็นแบบจำลองที่มีความถูกต้องเหมาะสมและมีเหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ที่สอดคล้องกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์

ขั้นที่ 5 ขั้นขยายแบบจำลอง (Elaborate model) นักเรียนสามารถนำแบบจำลองปรับปรุงแล้วไปสร้างเพิ่มเติมหรือนำไปรวมกับแบบจำลองอื่นเพื่อขยายแนวคิดให้กว้างขึ้น

2. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง ความสามารถในการเรียนรู้ของผู้เรียน ซึ่งเกิดจากกระบวนการเรียนการสอน ประกอบด้วย พฤติกรรมที่แสดงออกมาในด้านพุทธิพิสัย ได้แก่ ความจำ ความเข้าใจ การนำไปใช้ การวิเคราะห์ สังเคราะห์ และประเมินค่า อันเป็นพฤติกรรมที่สามารถวัดได้

โดยวัดจากคะแนนการตอบแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เป็นแบบปรนัย 4 ตัวเลือก จำนวน 30 ข้อ

3. ความเข้าใจมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความคิดรวบยอดที่เกิดจากประสบการณ์สิ่งเร้าที่ได้รับ การสังเกต ทดลอง หรือเรียนรู้มาของนักเรียนเกี่ยวกับเรื่อง งานและพลังงาน โดยวัดจากแบบทดสอบวัดความเข้าใจมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ แบบอัตนัย จำนวน 6 ข้อ และใช้เกณฑ์การแบ่งความเข้าใจมโนทัศน์เป็น 4 ระดับ ดังนี้

3.1 ความเข้าใจที่สมบูรณ์ (Complete Understanding : CU) หมายถึง คำตอบของนักเรียนถูกและการให้เหตุผลถูกต้องสมบูรณ์ ครบองค์ประกอบที่สำคัญในแต่ละแนวคิด ให้ 3 คะแนน โดยมีองค์ประกอบดังนี้

3.1.1 ระบุแนวคิดในการคำนวณ โดยมีองค์ความรู้หรือหลักการ

3.1.2 แสดงวิธีการคำนวณได้ถูกต้อง

3.1.3 ได้คำตอบที่ถูกต้องตามที่โจทย์กำหนด

3.2 ความเข้าใจที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (Partial Understanding : PU) หมายถึง คำตอบของนักเรียนถูกต้องและการให้เหตุผลถูก แต่ขาดองค์ประกอบที่สำคัญบางส่วน ให้ 2 คะแนน

3.3 ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (Partial Understanding with Specific Alternative Conception : PS) หมายถึง คำตอบของนักเรียนถูกบางส่วน แต่บางส่วนแสดงความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน ให้ 1 คะแนน

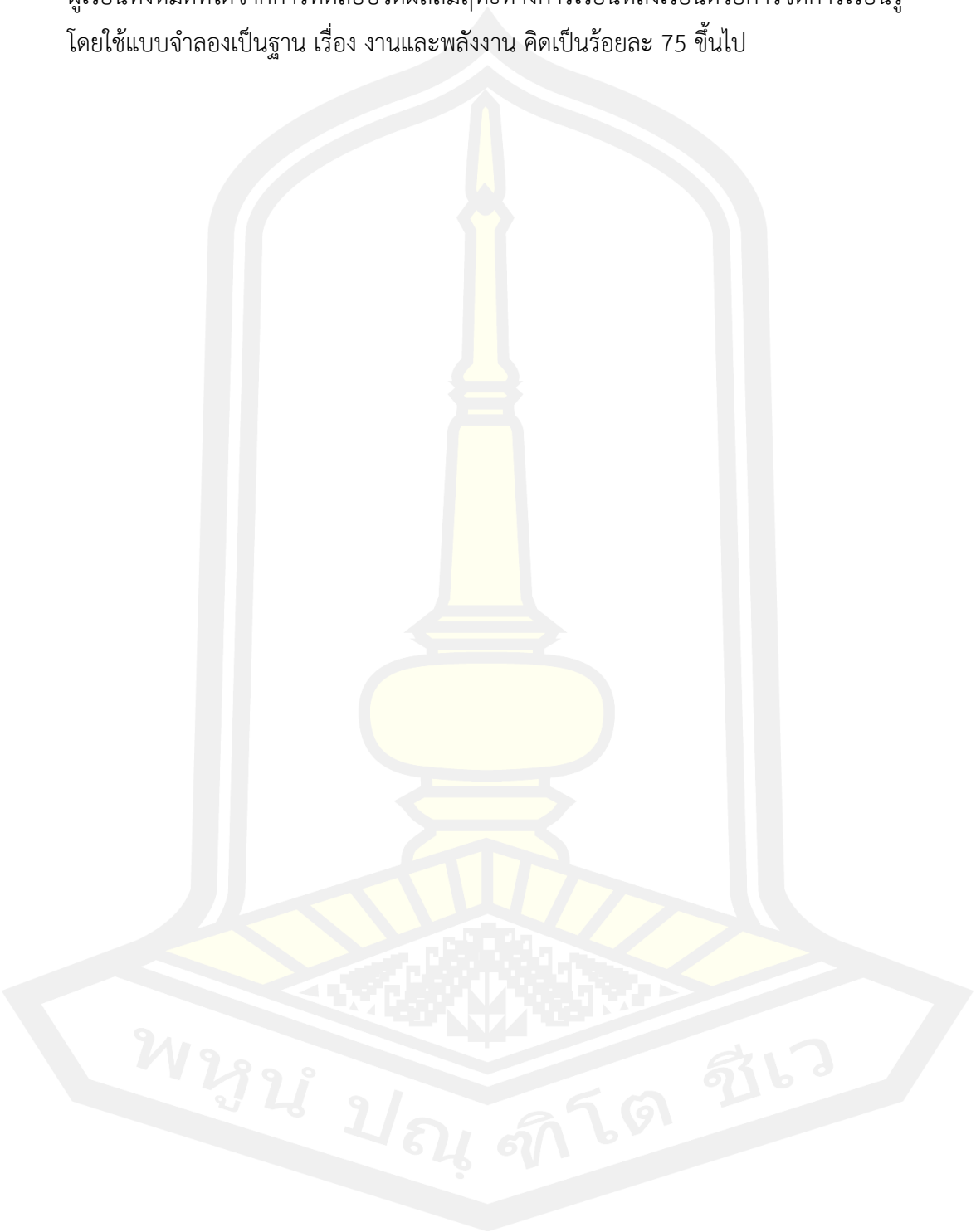
3.4 ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน (Alternative Conception : AC) หรือความไม่เข้าใจ (No Understanding : NU) หมายถึง คำตอบของนักเรียนแสดงความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนทั้งหมด หรือคำตอบของนักเรียนไม่ตรงกับ คำถาม หรือนักเรียนไม่ตอบคำถาม ให้ 0 คะแนน

4. การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์หมายถึง ความสามารถที่เกิดจากการลงข้อสรุปที่ถูกต้องในการอธิบายหลักการทางวิทยาศาสตร์ที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างเหตุกับผล โดยใช้หลักฐานทางวิทยาศาสตร์ได้จากการศึกษาค้นคว้า สำรวจ ตรวจสอบหรือทำการทดลองอย่างมีเหตุผล จนนำไปสู่การสรุปเป็นองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ โดยวัดได้จากแบบวัดการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ที่เป็นแบบอัตนัย จำนวน 6 ข้อ ซึ่งเป็นการวัดและประเมินความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ โดยปรับตามแนวคิด Lawson โดยเป็นข้อสอบประเภท เขียนตอบแบบเติมคำหรือเขียนตอบอย่างสั้น พร้อมทั้งอธิบายเหตุผลสนับสนุน

5. ประสิทธิภาพของแผนการจัดการเรียนรู้ หมายถึง คุณภาพด้านกระบวนการและผลลัพธ์ของแผนการจัดการเรียนรู้ที่ได้จากการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

75 ตัวแรก หมายถึง ประสิทธิภาพของกระบวนการ ได้แก่ ร้อยละของคะแนนเฉลี่ยจากใบงาน พฤติกรรมการเรียนรู้และแบบทดสอบย่อย ในระหว่างเรียน คิดเป็นร้อยละ 75 ขึ้นไป

75 ตัวหลัง หมายถึง ประสิทธิภาพของผลลัพธ์ ซึ่งหมายถึงร้อยละของคะแนนเฉลี่ยของผู้เรียนทั้งหมดที่ได้จากการทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง งานและพลังงาน คิดเป็นร้อยละ 75 ขึ้นไป



บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ดังนี้

1. หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560 กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์
2. การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน
3. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
4. ความเข้าใจมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์
5. การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์
6. การหาประสิทธิภาพของการจัดการเรียนรู้
7. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
   7.1 งานวิจัยในประเทศ
   7.2 งานวิจัยต่างประเทศ
8. กรอบแนวคิดการวิจัย

หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

กระทรวงศึกษาธิการ (2560) ได้กล่าวถึงมาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัด กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ไว้ ดังนี้

กรอบยุทธศาสตร์ชาติ 20 ปี (พ.ศ. 2560 - 2575) ซึ่งเป็นแผนหลักของการพัฒนาประเทศ และเป้าหมายของการพัฒนาที่ยั่งยืน (Sustainable Development Goals : SDGs) แผนการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2560 - 2575 รวมทั้งการปรับโครงสร้างประเทศ ไปสู่ประเทศไทย 4.0 ซึ่งยุทธศาสตร์ชาติที่จะใช้เป็นกรอบแนวทางการพัฒนาในระยะ 20 ปีต่อจากนี้ ประกอบด้วย 5 ยุทธศาสตร์ ได้แก่ (1) ยุทธศาสตร์ด้านความมั่นคง (2) ยุทธศาสตร์ด้านการสร้างความสามารถในการแข่งขัน (3) ยุทธศาสตร์การพัฒนาและเสริมสร้างศักยภาพคน (4) ยุทธศาสตร์ด้านการสร้างโอกาสความเสมอภาค และเท่าเทียมกันทางสังคม (5) ยุทธศาสตร์ด้านการสร้างการเติบโตบนคุณภาพชีวิตที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม และ (6) ยุทธศาสตร์ด้านการปรับสมดุลและพัฒนาระบบการบริหารจัดการ

ภาครัฐ เพื่อมุ่งสู่วิสัยทัศน์และทิศทางการพัฒนาประเทศ “ความมั่นคง มั่งคั่ง ยั่งยืน” เป็นประเทศพัฒนาแล้วด้วยการพัฒนาตามหลักปรัชญา ของเศรษฐกิจพอเพียง

ประเด็นที่สำคัญเพื่อแปลงแผนไปสู่การปฏิบัติให้เกิดผลสัมฤทธิ์ได้อย่างแท้จริงตามยุทธศาสตร์การพัฒนา และเสริมสร้างศักยภาพคน คือ การเตรียมพร้อมด้านกำลังคนและการเสริมสร้างศักยภาพของประชากรในทุกช่วงวัย มุ่งเน้นการยกระดับคุณภาพทุนมนุษย์ของประเทศ โดยพัฒนาคนให้เหมาะสมตามช่วงวัย เพื่อให้เติบโตอย่างมีคุณภาพ การพัฒนาทักษะที่สอดคล้องกับความต้องการในตลาดแรงงานและทักษะที่จำเป็นต่อการดำรงชีวิตในศตวรรษที่ 21 ของคนในแต่ละช่วงวัยตามความเหมาะสม การเตรียมความพร้อมของกำลังคนด้านวิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยีที่จะเปลี่ยนแปลงในอนาคต ตลอดจนการยกระดับคุณภาพการศึกษาสู่ความเป็นเลิศ

ดังนั้น การขับเคลื่อนยุทธศาสตร์ชาติ เพื่อเตรียมความพร้อมคนให้สามารถปรับตัวรองรับผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงได้อย่างเหมาะสม กระทรวงศึกษาธิการจึงกำหนดเป็นนโยบายสำคัญเร่งด่วนให้มีการปรับปรุงหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ในกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ดังนี้ (กระทรวงศึกษาธิการ, 2560)

1. ความสำคัญของวิทยาศาสตร์

วิทยาศาสตร์มีบทบาทสำคัญยิ่งในสังคมโลกปัจจุบันและอนาคต เพราะวิทยาศาสตร์เกี่ยวข้องกับทุกคน ทั้งในชีวิตประจำวันและการงานอาชีพต่าง ๆ ตลอดจนเทคโนโลยี เครื่องมือ เครื่องใช้และผลผลิตต่าง ๆ ที่มนุษย์ได้ใช้เพื่ออำนวยความสะดวกในชีวิตและการทำงานเหล่านี้ล้วนเป็นผลของความรู้วิทยาศาสตร์ผสมผสานกับความคิดสร้างสรรค์และศาสตร์อื่น ๆ วิทยาศาสตร์ช่วยให้มนุษย์ได้พัฒนาวิธีคิด ทั้งความคิดเป็นเหตุเป็นผล คิดสร้างสรรค์ คิดวิเคราะห์วิจารณ์ มีทักษะสำคัญในการค้นคว้าหาความรู้ใช้ความรู้ทักษะเพื่อแก้ปัญหา หรือพัฒนางานด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม มีความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบ รวมทั้ง สามารถค้นหาข้อมูลหรือสารสนเทศ ประเมินสารสนเทศ ประยุกต์ใช้ทักษะการคิดเชิงคำนวณและความรู้ด้านวิทยาการคอมพิวเตอร์ สื่อดิจิทัลเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริงอย่างสร้างสรรค์ สามารถตัดสินใจโดยใช้ข้อมูลที่หลากหลายและมีประจักษ์พยานที่ตรวจสอบได้ วิทยาศาสตร์เป็นวัฒนธรรมของโลกสมัยใหม่ซึ่งเป็นสังคมแห่งการเรียนรู้ (Knowledge-based society) ดังนั้นทุกคนจึงจำเป็นต้องได้รับการพัฒนาให้รู้วิทยาศาสตร์เพื่อที่จะมีความรู้ความเข้าใจในธรรมชาติและเทคโนโลยีที่มนุษย์สร้างสรรค์ขึ้น สามารถนำความรู้ไปใช้อย่างมีเหตุผลสร้างสรรค์และมีคุณธรรม (กระทรวงศึกษาธิการ, 2560)

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์มุ่งหวังให้ผู้เรียนได้เรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่เน้นการเชื่อมโยงความรู้กับกระบวนการมีทักษะสำคัญในการค้นคว้าและสร้างองค์ความรู้ โดยใช้กระบวนการในการสืบเสาะหาความรู้ และแก้ปัญหาที่หลากหลาย ให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการเรียนรู้

ทุกขั้นตอน มีการทำกิจกรรมด้วยการลงมือปฏิบัติจริง อย่างหลากหลาย เหมาะสมกับระดับชั้น โดยกำหนดสาระสำคัญ 4 สาระ (กระทรวงศึกษาธิการ, 2560) ดังนี้

1.1 วิทยาศาสตร์ชีวภาพ เรียนรู้เกี่ยวกับ ชีวิตในสิ่งแวดล้อม องค์ประกอบของสิ่งมีชีวิต การดำรงชีวิตของมนุษย์และสัตว์ การดำรงชีวิตของพืช พันธุกรรม ความหลากหลายทางชีวภาพและวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิต

1.2 วิทยาศาสตร์กายภาพ เรียนรู้เกี่ยวกับ ธรรมชาติของสาร การเปลี่ยนแปลงของสาร การเคลื่อนที่ พลังงาน และคลื่น

1.3 วิทยาศาสตร์โลก และอวกาศ เรียนรู้เกี่ยวกับองค์ประกอบของเอกภพ ปฏิสัมพันธ์ภายในระบบสุริยะ เทคโนโลยีอวกาศ ระบบโลก การเปลี่ยนแปลงทางธรณีวิทยา กระบวนการเปลี่ยนแปลงลมฟ้าอากาศ และผลต่อ สิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม

1.4 เทคโนโลยี

1.4.1 การออกแบบและเทคโนโลยี เรียนรู้เกี่ยวกับเทคโนโลยีเพื่อการดำรงชีวิตในสังคมที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว ใช้ความรู้และทักษะทางด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และศาสตร์อื่น ๆ เพื่อแก้ปัญหาหรือพัฒนางานอย่างมีความคิดสร้างสรรค์ ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เลือกใช้เทคโนโลยีอย่างเหมาะสม โดยคำนึงถึงผลกระทบต่อชีวิต สังคม และสิ่งแวดล้อม

1.4.2 วิทยาการคำนวณ เรียนรู้เกี่ยวกับการคิดเชิงคำนวณ การคิดวิเคราะห์แก้ปัญหาเป็นขั้นตอนและเป็นระบบ ประยุกต์ใช้ความรู้ด้วยวิทยาการคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารในการแก้ปัญหาที่พบในชีวิตจริงได้อย่างมีประสิทธิภาพ

2. คุณภาพผู้เรียน

คุณภาพผู้เรียนเมื่อจบชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 มีดังนี้ (กระทรวงศึกษาธิการ, 2560)

2.1 เข้าใจลักษณะและองค์ประกอบที่สำคัญของเซลล์สิ่งมีชีวิต ความสัมพันธ์ของการทำงานของระบบต่าง ๆ ในร่างกายมนุษย์ การดำรงชีวิตของพืช การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม การเปลี่ยนแปลงของยีนหรือโครโมโซม และตัวอย่างโรคที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงทางพันธุกรรม ประโยชน์และผลกระทบของสิ่งมีชีวิตดัดแปลงพันธุกรรม ความหลากหลายทางชีวภาพ ปฏิสัมพันธ์ขององค์ประกอบของระบบนิเวศ และการถ่ายทอดพลังงานในสิ่งมีชีวิต

2.2 เข้าใจองค์ประกอบและสมบัติของธาตุ สารละลาย สารบริสุทธิ์ สารผสม หลักการแยกสาร การเปลี่ยนแปลงของสารในรูปแบบของการเปลี่ยนสถานการณ์เกิดสารละลาย และการเกิดปฏิกิริยาเคมีและสมบัติทางกายภาพและการใช้ประโยชน์ของวัสดุประเภทพอลิเมอร์ เซรามิก และวัสดุผสม

2.3 เข้าใจการเคลื่อนที่ แรงลัพธ์และผลของแรงลัพธ์กระทำต่อวัตถุ โมเมนต์ของแรง แรงที่ปรากฏในชีวิตประจำวัน สนามของแรง ความสัมพันธ์ของงาน พลังงานจลน์ พลังงานศักย์

โน้มถ่วง กฎการอนุรักษ์พลังงาน การถ่ายโอนพลังงาน สมดุลความร้อน ความสัมพันธ์ของปริมาณทางไฟฟ้า การต่อวงจรไฟฟ้าในบ้าน พลังงานไฟฟ้า และหลักการเบื้องต้นของวงจรอิเล็กทรอนิกส์

2.4 เข้าใจสมบัติของคลื่น และลักษณะของคลื่นแบบต่าง ๆ แสง การสะท้อน การหักเหของแสงและทัศนอุปกรณ์

2.5 เข้าใจการโคจรของดาวเคราะห์รอบดวงอาทิตย์ การเกิดฤดู การเคลื่อนที่ปรากฏของดวงอาทิตย์ การเกิดข้างขึ้นข้างแรม การขึ้นและตกของดวงจันทร์ การเกิดน้ำขึ้นน้ำลง ประโยชน์ของเทคโนโลยีอวกาศ และความก้าวหน้าของโครงการสำรวจอวกาศ

2.6 เข้าใจลักษณะของชั้นบรรยากาศ องค์ประกอบและปัจจัยที่มีต่อลมฟ้าอากาศ การเกิดและผลกระทบของพายุฟ้าคะนอง พายุหมุนเขตร้อน การพยากรณ์อากาศ สถานการณ์การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศโลก กระบวนการเกิดเชื้อเพลิง ซากดึกดำบรรพ์และการใช้ประโยชน์ พลังงานทดแทนและการใช้ประโยชน์ ลักษณะโครงสร้างภายในโลก กระบวนการเปลี่ยนแปลงทางธรณีวิทยาบนผิวโลก ลักษณะชั้นหน้าตักดิน กระบวนการเกิดดิน แหล่งน้ำผิวดิน แหล่งน้ำใต้ดิน กระบวนการเกิดและผลกระทบของภัยธรรมชาติและธรณีพิบัติภัย

2.7 เข้าใจแนวคิดหลักของเทคโนโลยี ได้แก่ ระบบทางเทคโนโลยี การเปลี่ยนแปลงของเทคโนโลยี ความสัมพันธ์ระหว่างเทคโนโลยีกับศาสตร์อื่น โดยเฉพาะวิทยาศาสตร์ หรือคณิตศาสตร์ วิเคราะห์ เปรียบเทียบ และตัดสินใจเพื่อเลือกใช้เทคโนโลยี โดยคำนึงถึงผลกระทบต่อชีวิต สังคม และสิ่งแวดล้อม ประยุกต์ใช้ความรู้ ทักษะ และทรัพยากรเพื่อออกแบบและสร้างผลงานสำหรับการแก้ปัญหาในชีวิตประจำวันหรือการประกอบอาชีพ โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม รวมทั้ง เลือกใช้วัสดุ อุปกรณ์ และเครื่องมือได้อย่างถูกต้อง เหมาะสม ปลอดภัย รวมทั้งคำนึงถึงทรัพย์สินทางปัญญา

2.8 นำข้อมูลปฐมภูมเข้าสู่ระบบคอมพิวเตอร์ วิเคราะห์ ประเมิน นำเสนอข้อมูลและสารสนเทศได้ตามวัตถุประสงค์ ใช้ทักษะการคิดเชิงคำนวณในการแก้ปัญหาที่พบในชีวิตจริง และเขียนโปรแกรมอย่างง่าย เพื่อช่วยในการแก้ปัญหา ใช้เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารอย่างรู้เท่าทันและรับผิดชอบต่อสังคม

2.9 ตั้งคำถามหรือกำหนดปัญหาที่เชื่อมโยงกับพยานหลักฐานหรือหลักการทางวิทยาศาสตร์ที่มีการกำหนดและควบคุมตัวแปร คิดคาดคะเนคำตอบหลายแนวทาง สร้างสมมติฐานที่สามารถนำไปสู่การสำรวจ ตรวจสอบ ออกแบบและลงมือสำรวจตรวจสอบโดยใช้วัสดุและเครื่องมือที่เหมาะสม เลือกใช้เครื่องมือและเทคโนโลยีสารสนเทศที่เหมาะสมในการเก็บรวบรวมข้อมูลทั้งในเชิงปริมาณและคุณภาพที่ได้ผลเที่ยงตรง และปลอดภัย

2.10 วิเคราะห์และประเมินความสอดคล้องของข้อมูลที่ได้จากการสำรวจตรวจสอบจากพยานหลักฐาน โดยใช้ความรู้และหลักการทางวิทยาศาสตร์ในการแปลความหมายและลงข้อสรุป

และสื่อสารความคิด ความรู้ จากผลการสำรวจตรวจสอบหลากหลายรูปแบบ หรือใช้เทคโนโลยีสารสนเทศเพื่อให้ผู้อื่นเข้าใจได้อย่างเหมาะสม

2.11 แสดงถึงความสนใจมุ่งมั่น รับผิดชอบ รอบคอบ และซื่อสัตย์ในสิ่งที่จะเรียนรู้ มีความคิดสร้างสรรค์เกี่ยวกับเรื่องที่จะศึกษาตามความสนใจของตนเอง โดยใช้เครื่องมือและวิธีการที่ให้ได้ผลถูกต้อง เชื่อถือได้ ศึกษาค้นคว้าเพิ่มเติมจากแหล่งความรู้ต่าง ๆ แสดงความคิดเห็นของตนเอง รับฟังความคิดเห็นผู้อื่น และยอมรับการเปลี่ยนแปลงความรู้ที่ค้นพบเมื่อมีข้อมูลและประจักษ์พยานใหม่เพิ่มขึ้นหรือแย้งจากเดิม

2.12 ตระหนักในคุณค่าของความรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่ใช้ในชีวิตประจำวัน ใช้ความรู้และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีในการดำรงชีวิต และการประกอบอาชีพ แสดงความชื่นชม ยกย่อง และเคารพสิทธิในผลงานของผู้คิดค้น เข้าใจผลกระทบทั้งด้านบวกและด้านลบของการพัฒนาทางวิทยาศาสตร์ต่อสิ่งแวดล้อมและต่อบริบทอื่น ๆ และศึกษาหาความรู้เพิ่มเติม ทำโครงงานหรือสร้างชิ้นงานตามความสนใจ

2.13 แสดงถึงความซาบซึ้ง ห่วงใย มีพฤติกรรมเกี่ยวกับการดูแลรักษาความสมดุลของระบบนิเวศและความหลากหลายทางชีวภาพ

3. สาระ และมาตรฐานการเรียนรู้

สาระที่ 1 วิทยาศาสตร์ชีวภาพ

มาตรฐาน ว 1.1 เข้าใจความหลากหลายของระบบนิเวศ ความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งไม่มีชีวิตกับสิ่งมีชีวิตและความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งมีชีวิตกับสิ่งมีชีวิตต่าง ๆ ในระบบนิเวศ การถ่ายทอดพลังงาน การเปลี่ยนแปลงแทนที่ในระบบนิเวศ ความหมายของประชากร ปัญหาและผลกระทบที่มีต่อทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม แนวทางในการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติและการแก้ไขปัญหาสิ่งแวดล้อม รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

มาตรฐาน ว 1.2 เข้าใจสมบัติของสิ่งมีชีวิต หน่วยพื้นฐานของสิ่งมีชีวิต การลำเลียงสารเข้าและออกจากเซลล์ ความสัมพันธ์ของโครงสร้างและหน้าที่ของระบบต่าง ๆ ของสัตว์และมนุษย์ที่ทำงานสัมพันธ์กัน ความสัมพันธ์ของโครงสร้างและหน้าที่ของอวัยวะต่าง ๆ ของพืชที่ทำงานสัมพันธ์กัน รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

มาตรฐาน ว 1.3 เข้าใจกระบวนการและความสำคัญของการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม สารพันธุกรรมการเปลี่ยนแปลงทางพันธุกรรมที่มีผลต่อสิ่งมีชีวิต ความหลากหลายทางชีวภาพและวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิต รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

สาระที่ 2 วิทยาศาสตร์กายภาพ

มาตรฐาน ว 2.1 เข้าใจสมบัติของสสาร องค์ประกอบของสสาร ความสัมพันธ์ระหว่างสมบัติของสสารกับโครงสร้างและแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาค หลักและธรรมชาติของการเปลี่ยนแปลง สถานะของสสาร การเกิดสารละลาย และการเกิดปฏิกิริยาเคมี

มาตรฐาน ว 2.2 เข้าใจธรรมชาติของแรงในชีวิตประจำวัน ผลของแรงที่กระทำต่อวัตถุ ลักษณะการเคลื่อนที่แบบต่าง ๆ ของวัตถุ รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

มาตรฐาน ว 2.3 เข้าใจความหมายของพลังงาน การเปลี่ยนแปลงและการถ่ายโอนพลังงาน ปฏิสัมพันธ์ระหว่างสสารและพลังงาน พลังงานในชีวิตประจำวัน ธรรมชาติของคลื่นปรากฏการณ์ที่เกี่ยวข้องกับ เสียง แสง และคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

สาระที่ 3 วิทยาศาสตร์โลก และอวกาศ

มาตรฐาน ว 3.1 เข้าใจองค์ประกอบ ลักษณะ กระบวนการเกิด และวิวัฒนาการของเอกภพ กาแล็กซี ดาวฤกษ์และระบบสุริยะ รวมทั้งปฏิสัมพันธ์ภายในระบบสุริยะที่ส่งผลต่อสิ่งมีชีวิตและการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีอวกาศ

มาตรฐาน ว 3.2 เข้าใจองค์ประกอบและความสัมพันธ์ของระบบโลก กระบวนการเปลี่ยนแปลงภายในโลกและบนผิวโลก ธรณีพิบัติภัย กระบวนการเปลี่ยนแปลงลมฟ้าอากาศและภูมิอากาศโลก รวมทั้งผลต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม

สาระที่ 4 เทคโนโลยี

มาตรฐาน ว 4.1 เข้าใจแนวคิดหลักของเทคโนโลยีเพื่อการดำรงชีวิตในสังคมที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว ใช้ความรู้และทักษะทางด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และศาสตร์อื่น ๆ เพื่อแก้ปัญหา หรือพัฒนางานอย่างมีความคิดสร้างสรรค์ ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เลือกใช้เทคโนโลยีอย่างเหมาะสม โดยคำนึงถึงผลกระทบต่อชีวิต สังคม และสิ่งแวดล้อม

มาตรฐาน ว 4.2 เข้าใจและใช้แนวคิดเชิงคำนวณในการแก้ปัญหาที่พบในชีวิตจริงอย่างเป็นขั้นตอนและเป็นระบบ ใช้เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารในการเรียนรู้การทำงาน และการแก้ปัญหาได้อย่างมีประสิทธิภาพ รู้เท่าทันและมีจริยธรรม

4. ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง

ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง วิชาวิทยาศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 แสดงดังตาราง 1

ตาราง 1 ตารางแสดงสาระการเรียนรู้ มาตรฐานการเรียนรู้ ตัวชี้วัด และสาระการเรียนรู้แกนกลาง

สาระที่	มาตรฐาน	ตัวชี้วัด	สาระการเรียนรู้แกนกลาง
สาระที่ 1 วิทยาศาสตร์ชีวภาพ	ว 1.2	1. ระบุอวัยวะและบรรยายหน้าที่ของอวัยวะที่เกี่ยวข้องในระบบหายใจ 2. อธิบายกลไกการหายใจเข้าและออก โดยใช้แบบจำลอง รวมทั้งอธิบายกระบวนการแลกเปลี่ยนแก๊ส 3. ตระหนักถึงความสำคัญของระบบหายใจโดยการบอกแนวทางในการดูแลรักษาอวัยวะ ในระบบหายใจให้ทำงานเป็นปกติ	- ระบบหายใจมีอวัยวะต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ จมูก ท่อลม ปอด กะบังลม และกระดูกซี่โครง - มนุษย์หายใจเข้า เพื่อนำแก๊สออกซิเจนเข้าสู่ร่างกายเพื่อนำไปใช้ในเซลล์ และหายใจออกเพื่อกำจัดแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ออกจากร่างกาย - อากาศเคลื่อนที่เข้าและออกจากปอดได้เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงปริมาตรและความดันของอากาศภายในช่องอกซึ่งเกี่ยวข้องกับการทำงานของกะบังลม และกระดูกซี่โครง - การแลกเปลี่ยนแก๊สออกซิเจนกับแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ในร่างกาย เกิดขึ้นบริเวณถุงลมในปอดกับหลอดเลือดฝอยที่ถุงลม และระหว่างหลอดเลือดฝอยกับเนื้อเยื่อ - การสูบบุหรี่ การสูดอากาศที่มีสารปนเปื้อน และการเป็นโรคเกี่ยวกับระบบหายใจบางโรค อาจทำให้เกิดโรคถุงลมโป่งพอง ซึ่งมีผลให้ความจุ อากาศของปอดลดลง ดังนั้นจึงควรดูแลรักษา ระบบหายใจ ให้ทำหน้าที่เป็นปกติ
สาระที่ 1 วิทยาศาสตร์ชีวภาพ	ว 1.2	4. ระบุอวัยวะและบรรยายหน้าที่ของอวัยวะในระบบขับถ่ายในการกำจัดของเสียทางไต 5. ตระหนักถึงความสำคัญของระบบขับถ่าย ในการกำจัดของเสียทางไต โดยการบอกแนวทางในการปฏิบัติตนที่ช่วยให้ระบบขับถ่ายทำหน้าที่ได้อย่างปกติ	- ระบบขับถ่ายมีอวัยวะที่เกี่ยวข้อง คือ ไต ท่อไต กระเพาะปัสสาวะ และท่อปัสสาวะ โดยมีไต ทำหน้าที่กำจัดของเสีย เช่น ยูเรีย แอมโมเนีย กรดยูริก รวมทั้งสารที่ร่างกายไม่ต้องการออกจาก เลือด และควบคุมสารที่มีมากหรือน้อยเกินไป เช่น น้ำ โดยขับออกมาในรูปของปัสสาวะ - การเลือกรับประทานอาหารที่เหมาะสม เช่น รับประทานอาหารที่ไม่มีรสเค็มจัด การดื่มน้ำสะอาดให้เพียงพอ เป็นแนวทางหนึ่งที่ช่วยให้ระบบขับถ่ายทำหน้าที่ได้อย่างปกติ

ตาราง 1 (ต่อ)

สาระที่	มาตรฐาน	ตัวชี้วัด	สาระการเรียนรู้แกนกลาง
สาระที่ 1 วิทยาศาสตร์ชีวภาพ	ว 1.2	6. บรรยายโครงสร้างและหน้าที่ของหัวใจหลอดเลือดและเลือด 7. อธิบายการทำงานของระบบหมุนเวียนเลือด โดยใช้แบบจำลอง	- ระบบหมุนเวียนเลือดประกอบด้วย หัวใจ หลอดเลือด และเลือด - หัวใจของมนุษย์แบ่งเป็น 4 ห้อง ได้แก่ หัวใจห้องบน 2 ห้อง และห้องล่าง 2 ห้อง ระหว่างหัวใจห้องบนและหัวใจห้องล่างมีลิ้นหัวใจกั้น - หลอดเลือด แบ่งเป็น หลอดเลือดอาร์เตอรี หลอดเลือดเวน หลอดเลือดฝอย ซึ่งมีโครงสร้างต่างกัน - เลือด ประกอบด้วย เซลล์เม็ดเลือด เพลตเลตและพลาสมา - การบีบและคลายตัวของหัวใจทำให้เลือดหมุนเวียนและลำเลียงสารอาหาร แก๊ส ของเสีย และสารอื่น ๆ ไปยังอวัยวะและเซลล์ต่าง ๆ ทั่วร่างกาย - เลือดที่มีปริมาณแก๊สออกซิเจนสูงจะออกจากหัวใจไปยังเซลล์ต่าง ๆ ทั่วร่างกาย ขณะเดียวกันแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์จากเซลล์จะแพร่เข้าสู่เลือดและลำเลียงกลับเข้าสู่หัวใจและถูกส่งไปแลกเปลี่ยนแก๊สที่ปอด
สาระที่ 1 วิทยาศาสตร์ชีวภาพ	ว 1.2	8. ออกแบบการทดลองและทดลอง ในการ เปรียบเทียบอัตราการเต้นของหัวใจ ขณะปกติและหลังทำกิจกรรม 9. ตระหนักถึงความสำคัญของระบบหมุนเวียนเลือด โดยการบอกแนวทางในการดูแลรักษาอวัยวะในระบบหมุนเวียนเลือดให้ทำงานเป็นปกติ	- ชีพจรบอกถึงจังหวะการเต้นของหัวใจ ซึ่งอัตราการเต้นของหัวใจในขณะปกติและหลังจากทำกิจกรรมต่าง ๆ จะแตกต่างกัน ส่วนความดันเลือด ระบบหมุนเวียนเลือดเกิดจากการทำงานของหัวใจและหลอดเลือด - อัตราการเต้นของหัวใจมีความแตกต่างกันในแต่ละบุคคล คนที่เป็นโรคหัวใจและหลอดเลือดจะส่งผลทำให้หัวใจสูบฉีดเลือดไม่เป็นปกติ

ตาราง 1 (ต่อ)

สาระที่	มาตรฐาน	ตัวชี้วัด	สาระการเรียนรู้แกนกลาง
		10. ระบุอวัยวะและบรรยายหน้าที่ของอวัยวะในระบบประสาทส่วนกลางในการควบคุมการทำงานต่าง ๆ ของร่างกาย 11. ตระหนักถึงความสำคัญของระบบประสาทโดยการบอกแนวทางในการดูแลรักษา รวมถึง การป้องกันการกระทบกระเทือนและอันตรายต่อสมองและไขสันหลัง	- การออกกำลังกาย การเลือกรับประทานอาหารการพักผ่อน และการรักษาภาวะอารมณ์ให้เป็นปกติจึงเป็นทางเลือกหนึ่งในการดูแลรักษาระบบหมุนเวียนเลือดให้เป็นปกติ - ระบบประสาทส่วนกลาง ประกอบด้วยสมองและไขสันหลัง จะทำหน้าที่ร่วมกับส้นประสาทซึ่งเป็นระบบประสาทรอบนอกในการควบคุมการทำงานของอวัยวะต่าง ๆ รวมถึงการแสดงพฤติกรรม เพื่อการตอบสนองต่อสิ่งเร้า - เมื่อมีสิ่งเร้ามากระตุ้นหน่วยรับความรู้สึกจะเกิดกระแสประสาทส่งไปตามเซลล์ประสาทรับความรู้สึกไปยังระบบประสาทส่วนกลางแล้วส่งกระแสประสาทมาตามเซลล์ประสาทสั่งการไปยังหน่วยปฏิบัติงาน เช่น กล้ามเนื้อ - ระบบประสาทเป็นระบบที่มีความซับซ้อนและมีความสัมพันธ์กับทุกระบบในร่างกาย ดังนั้นจึงควรป้องกันการเกิดอุบัติเหตุที่กระทบกระเทือนต่อสมอง หลีกเลี่ยงการใช้สารเสพติด หลีกเลี่ยงภาวะเครียด และรับประทานอาหารที่มีประโยชน์เพื่อดูแลรักษาระบบประสาทให้ทำงานเป็นปกติ
สาระที่ 1 วิทยาศาสตร์ชีวภาพ	ว 1.2	12. ระบุอวัยวะและบรรยายหน้าที่ของอวัยวะในระบบสืบพันธุ์ของเพศชายและเพศหญิง โดยใช้แบบจำลอง 13. อธิบายผลของฮอร์โมนเพศชายและเพศหญิงที่ควบคุมการเปลี่ยนแปลงของร่างกาย เมื่อเข้าสู่วัยหนุ่มสาว	- มนุษย์มีระบบสืบพันธุ์ที่ประกอบด้วยอวัยวะต่าง ๆ ที่ทำหน้าที่เฉพาะ โดยรังไข่ในเพศหญิงจะทำหน้าที่ผลิตเซลล์ไข่ส่วนอัณฑะในเพศชายจะทำหน้าที่สร้างเซลล์อสุจิ - ฮอร์โมนเพศทำหน้าที่ควบคุมการแสดงออกของลักษณะทางเพศที่แตกต่างกัน เมื่อเข้าสู่วัยหนุ่มสาวจะมีการสร้างเซลล์ไข่และเซลล์อสุจิการตกไข่การมีรอบเดือน และถ้ามีการปฏิสนธิของเซลล์ไข่และเซลล์อสุจิจะทำให้เกิดการตั้งครรภ์

ตาราง 1 (ต่อ)

สาระที่	มาตรฐาน	ตัวชี้วัด	สาระการเรียนรู้แกนกลาง
		14. ตระหนักถึงการเปลี่ยนแปลงของร่างกายเมื่อเข้าสู่วัยหนุ่มสาว โดยการดูแลรักษาร่างกายและจิตใจของตนเองในช่วงที่มี การเปลี่ยนแปลง 15. อธิบายการตกไข่ การมีประจำเดือน การปฏิสนธิและการพัฒนาของไซโกตจนคลอดเป็นทารก 16. เลือกวิธีการคุมกำเนิดที่เหมาะสมกับสถานการณ์ที่กำหนด 17. ตระหนักถึงผลกระทบของการตั้งครรภ์ก่อนวัยอันควร โดยการประพฤติตนให้เหมาะสม	- การมีประจำเดือน มีความสัมพันธ์กับการตกไข่โดยเป็นผลจากการเปลี่ยนแปลงของระดับฮอร์โมนเพศหญิง - เมื่อเพศหญิงมีการตกไข่และเซลล์ไข่ได้รับการปฏิสนธิกับเซลล์อสุจิจะทำให้ได้ไซโกต ไซโกตจะเจริญเป็นเอ็มบริโอและฟีตัส จนกระทั่งคลอดเป็นทารก แต่ถ้าไม่มีการปฏิสนธิเซลล์ไข่จะสลายตัว ผนังด้านในมดลูกรวมทั้งหลอดเลือดจะสลายตัวและหลุดลอกออก เรียกว่าประจำเดือน - การคุมกำเนิดเป็นวิธีป้องกันไม่ให้เกิดการตั้งครรภ์โดยป้องกันไม่ให้เกิดการปฏิสนธิหรือไม่ให้มีการฝังตัวของเอ็มบริโอ ซึ่งมีหลายวิธี เช่น การใช้ถุงยางอนามัย การกินยาคุมกำเนิด
สาระที่ 1 วิทยาศาสตร์ชีวภาพ	ว 2.1	1. อธิบายการแยกสารผสมโดยการระเหยแห้งการตกผลึก การกลั่นอย่างง่าย โครมาโทกราฟีแบบกระดาษ การสกัดด้วยตัวทำละลาย โดยใช้หลักฐานเชิงประจักษ์ 2. แยกสารโดยการระเหยแห้ง การตกผลึกการกลั่นอย่างง่าย โครมาโทกราฟีแบบกระดาษการสกัดด้วยตัวทำละลาย	- การแยกสารผสมให้เป็นสารบริสุทธิ์ทำได้หลายวิธีขึ้นอยู่กับสมบัติของสารนั้น ๆ การระเหยแห้งใช้แยกสารละลายซึ่งประกอบด้วยตัวละลายที่เป็นของแข็งในตัวทำละลายที่เป็นของเหลว โดยใช้ความร้อนระเหยตัวทำละลายออกไปจนหมดเหลือแต่ตัวละลาย การตกผลึกใช้แยกสารละลายที่ประกอบด้วยตัวละลายที่เป็นของแข็งในตัวทำละลายที่เป็นของเหลวโดยทำให้สารละลายอิ่มตัวแล้วปล่อยให้ตัวทำละลายระเหยออกไปบางส่วนตัวละลายจะตกผลึกแยกออกมา การกลั่นอย่างง่าย ใช้แยกสารละลายที่ประกอบด้วย

ตาราง 1 (ต่อ)

สาระที่	มาตรฐาน	ตัวชี้วัด	สาระการเรียนรู้แกนกลาง
สาระที่ 1 วิทยาศาสตร์ชีวภาพ	ว 2.1		ตัวละลายและตัวทำละลายที่เป็นของเหลวที่มีจุดเดือดต่างกันมาก วิธีนี้จะแยกของเหลวบริสุทธิ์ออกจากสารละลายโดยให้ความร้อนกับสารละลายของเหลวจะเดือดและกลายเป็นไอแยกจากสารละลายแล้วควบแน่นกลับเป็นของเหลวอีกครั้ง ขณะที่ของเหลวเดือดอุณหภูมิของไอจะคงที่ โครมาโทกราฟีแบบกระดาษเป็นวิธีการแยกสารผสมที่มีปริมาณน้อยโดยใช้แยกสารที่มีสมบัติการละลายในตัวทำละลายและการถูกดูดซับด้วยตัวดูดซับแตกต่างกัน ทำให้สารแต่ละชนิดเคลื่อนที่ไปบนตัวดูดซับได้ต่างกัน สารจึงแยกออกจากกันได้อัตราส่วนระหว่างระยะทางที่สารองค์ประกอบแต่ละชนิดเคลื่อนที่ได้บนตัวดูดซับกับระยะทางที่ตัวทำละลายเคลื่อนที่ได้เป็นค่าเฉพาะตัวของสารแต่ละชนิดในตัวทำละลายและตัวดูดซับหนึ่ง ๆ การสกัดด้วยตัวทำละลายเป็นวิธีการแยกสารผสมที่มีสมบัติการละลายในตัวทำละลายที่ต่างกัน โดยชนิดของตัวทำละลายมีผลต่อชนิดและปริมาณของสารที่สกัดได้การสกัดโดยการกลั่นด้วยไอน้ำใช้แยกสารที่ระเหยง่ายไม่ละลายน้ำ และไม่ทำปฏิกิริยากับน้ำออกจากสารที่ระเหยยากโดยใช้ไอน้ำเป็นตัวพา
	ว 2.1	3. นำวิธีการแยกสารไปใช้แก้ปัญหาในชีวิตประจำวันโดยบูรณาการวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์เทคโนโลยีและวิศวกรรมศาสตร์	- ความรู้ด้านวิทยาศาสตร์เกี่ยวกับการแยกสาร บูรณาการกับคณิตศาสตร์เทคโนโลยีโดยใช้กระบวนการทางวิศวกรรม สามารถนำไปใช้แก้ปัญหาในชีวิตประจำวันหรือปัญหาที่พบในชุมชนหรือสร้างนวัตกรรม โดยมีขั้นตอน ดังนี้

ตาราง 1 (ต่อ)

สาระที่	มาตรฐาน	ตัวชี้วัด	สาระการเรียนรู้แกนกลาง
			- ระบุปัญหาในชีวิตประจำวันที่เกี่ยวกับการแยกสารโดยใช้สมบัติทางกายภาพ หรือนวัตกรรมที่ต้องการพัฒนา โดยใช้หลักการดังกล่าว - รวบรวมข้อมูลและแนวคิดเกี่ยวกับการแยกสารโดยใช้สมบัติทางกายภาพที่สอดคล้องกับปัญหาที่ระบุ หรือนำไปสู่การพัฒนานวัตกรรมนั้น - ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา หรือพัฒนานวัตกรรมที่เกี่ยวกับการแยกสารในสารผสม โดยใช้สมบัติทางกายภาพ โดยเชื่อมโยงความรู้ด้านวิทยาศาสตร์คณิตศาสตร์เทคโนโลยีและกระบวนการทางวิศวกรรม รวมทั้งกำหนดและควบคุมตัวแปรอย่างเหมาะสม ครอบคลุม - วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา หรือพัฒนานวัตกรรม รวบรวมข้อมูล จัดกระทำข้อมูลและเลือกวิธีการสื่อความหมายที่เหมาะสมในการนำเสนอผล - ทดสอบ ประเมินผล ปรับปรุงวิธีการแก้ปัญหาหรือนวัตกรรมที่พัฒนาขึ้น โดยใช้หลักฐานเชิงประจักษ์ที่รวบรวมได้ - นำเสนอวิธีการแก้ปัญหา หรือผลของนวัตกรรมที่พัฒนาขึ้น และผลที่ได้โดยใช้วิธีการสื่อสารที่เหมาะสมและน่าสนใจ
	ว 2.1	4. ออกแบบการทดลองและทดลองในการอธิบายผลของชนิดตัวละลาย ชนิดตัวทำละลายอุณหภูมิที่มีต่อสภาพละลายได้ของสาร รวมทั้งอธิบายผลของความดันที่มีต่อสภาพละลายได้ของสาร โดยใช้สารสนเทศ	- สารละลายอาจมีสถานะเป็นของแข็ง ของเหลว และแก๊ส สารละลายประกอบด้วยตัวทำละลายและตัวละลาย กรณีสารละลายเกิดจากสารที่มีสถานะเดียวกัน สารที่มีปริมาณมากที่สุดจัดเป็นตัวทำละลาย กรณีสารละลายเกิดจากสารที่มีสถานะต่างกัน สารที่มีสถานะเดียวกันกับสารละลายจัดเป็นตัวทำละลาย

ตาราง 1 (ต่อ)

สาระที่	มาตรฐาน	ตัวชี้วัด	สาระการเรียนรู้แกนกลาง
			- สารละลายที่ตัวละลายไม่สามารถละลายในตัวทำละลายได้อีกที่อุณหภูมิหนึ่ง ๆ เรียกว่า สารละลายอิ่มตัว - สภาพละลายได้ของสารในตัวทำละลาย เป็นค่าที่บอกปริมาณของสารที่ละลายได้ในตัวทำละลาย 100 กรัม จนได้สารละลายอิ่มตัว ณ อุณหภูมิและความดันหนึ่ง ๆ สภาพละลายได้ของสารบ่งบอกความสามารถในการละลายได้ของตัวละลายในตัวทำละลาย ซึ่งความสามารถในการละลายของสารขึ้นอยู่กับชนิดของตัวทำละลายและตัวละลาย อุณหภูมิและความดัน - สารชนิดหนึ่งๆ มีสภาพละลายได้แตกต่างกันในตัวทำละลายที่แตกต่างกัน และสารต่างชนิดกันมีสภาพละลายได้ในตัวทำละลายหนึ่งๆ ไม่เท่ากัน - เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น สารส่วนมาก สภาพละลายได้ของสารจะเพิ่มขึ้น ยกเว้นแก๊สเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นสภาพการละลายได้จะลดลง ส่วนความดันมีผลต่อแก๊ส โดยเมื่อความดันเพิ่มขึ้นสภาพละลายได้จะสูงขึ้น - ความรู้เกี่ยวกับสภาพละลายได้ของสารเมื่อเปลี่ยนแปลงชนิดตัวละลาย ตัวทำละลาย และอุณหภูมิสามารถนำไปใช้ประโยชน์ในชีวิตประจำวันเช่น การทำน้ำเชื่อมเข้มข้น การสกัดสารออกจากสมุนไพรให้ได้ปริมาณมากที่สุด
	ว 2.1	5. ระบุปริมาณตัวละลายในสารละลาย ในหน่วยความเข้มข้นเป็นร้อยละ ปริมาตรต่อปริมาตร มวลต่อมวล และมวลต่อปริมาตร	- ความเข้มข้นของสารละลาย เป็นการระบุปริมาณตัวละลายในสารละลาย หน่วยความเข้มข้นมีหลายหน่วย ที่นิยมระบุเป็นหน่วยเป็นร้อยละปริมาตรต่อปริมาตร มวลต่อมวล และมวลต่อปริมาตร

ตาราง 1 (ต่อ)

สาระที่	มาตรฐาน	ตัวชี้วัด	สาระการเรียนรู้แกนกลาง
		6. ตระหนักถึงความสำคัญของการนำความรู้เรื่องความเข้มข้นของสารไปใช้โดยยกตัวอย่างการใช้สารละลายในชีวิตประจำวันอย่างถูกต้องและปลอดภัย	- ร้อยละโดยปริมาตรต่อปริมาตร เป็นการระบุปริมาตรตัวละลายในสารละลาย 100 หน่วยปริมาตรเดียวกัน นิยมใช้กับสารละลายที่เป็นของเหลวหรือแก๊ส - ร้อยละโดยมวลต่อมวล เป็นการระบุมวลตัวละลายในสารละลาย 100 หน่วยมวลเดียวกันนิยมใช้กับสารละลายที่มีสถานะเป็นของแข็ง - ร้อยละโดยมวลต่อปริมาตร เป็นการระบุมวลตัวละลายในสารละลาย 100 หน่วยปริมาตรนิยมใช้กับสารละลายที่มีตัวละลายเป็นของแข็งในตัวทำละลายที่เป็นของเหลว - การใช้สารละลาย ในชีวิตประจำวัน ควรพิจารณาจากความเข้มข้นของสารละลายขึ้นอยู่กับจุดประสงค์ของการใช้งาน และผลกระทบต่อสิ่งชีวิตและสิ่งแวดล้อม
สาระที่ 2 วิทยาศาสตร์กายภาพ	ว 2.2	1. พยากรณ์การเคลื่อนที่ของวัตถุที่เป็นผลของแรงลัพธ์ที่เกิดจากแรงหลายแรงที่กระทำต่อวัตถุในแนวเดียวกันจากหลักฐานเชิงประจักษ์ 2. เขียนแผนภาพแสดงแรงและแรงลัพธ์ที่เกิดจากแรงหลายแรงที่กระทำต่อวัตถุในแนวเดียวกัน	- แรงเป็นปริมาณเวกเตอร์เมื่อมีแรงหลาย ๆ แรงกระทำต่อวัตถุแล้วแรงลัพธ์ที่กระทำต่อวัตถุมีค่าเป็นศูนย์วัตถุจะไม่เปลี่ยนแปลงการเคลื่อนที่แต่ถ้าแรงลัพธ์ที่กระทำต่อวัตถุมีค่าไม่เป็นศูนย์วัตถุจะเปลี่ยนแปลงการเคลื่อนที่

ตาราง 1 (ต่อ)

สาระที่	มาตรฐาน	ตัวชี้วัด	สาระการเรียนรู้แกนกลาง
สาระที่ 2 วิทยาศาสตร์กายภาพ	ว 2.2	3. ออกแบบการทดลองและทดลองด้วยวิธีที่เหมาะสมในการอธิบายปัจจัยที่มีผลต่อความดันของของเหลว	- เมื่อวัตถุอยู่ในของเหลวจะมีแรงที่ของเหลวกระทำต่อวัตถุในทุกทิศทาง โดยแรงที่ของเหลวกระทำตั้งฉากกับผิววัตถุต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่เรียกว่าความดันของของเหลว - ความดันของของเหลวมีความสัมพันธ์กับความลึกจากระดับผิวหน้าของของเหลว โดยบริเวณที่ลึกลงไปจากระดับผิวหน้าของของเหลวมากขึ้นความดันของของเหลวจะเพิ่มขึ้น เนื่องจากของเหลวที่อยู่ลึกกว่าจะมีน้ำหนักของของเหลวด้านบนกระทำมากกว่า
สาระที่ 2 วิทยาศาสตร์กายภาพ	ว 2.2	4. วิเคราะห์แรงพยุงและการจม การลอยของวัตถุในของเหลวจากหลักฐานเชิงประจักษ์ 5. เขียนแผนภาพแสดงแรงที่กระทำต่อวัตถุในของเหลว	- เมื่อวัตถุอยู่ในของเหลว จะมีแรงพยุงเนื่องจากของเหลวกระทำต่อวัตถุโดยมีทิศขึ้นในแนวดิ่งการจมหรือการลอยของวัตถุขึ้นกับน้ำหนักของวัตถุและแรงพยุง ถ้าน้ำหนักของวัตถุและแรงพยุงของของเหลวมีค่าเท่ากัน วัตถุจะลอยนิ่งอยู่ในของเหลว แต่ถ้าน้ำหนักของวัตถุมีค่ามากกว่าแรงพยุงของของเหลว วัตถุจะจม
สาระที่ 2 วิทยาศาสตร์กายภาพ	ว 2.2	6. อธิบายแรงเสียดทานสถิตและแรงเสียดทานจลน์จากหลักฐานเชิงประจักษ์	- แรงเสียดทานเป็นแรงที่เกิดขึ้นระหว่างผิวสัมผัสของวัตถุ เพื่อต้านการเคลื่อนที่ของวัตถุนั้นโดยถ้าออกแรงกระทำต่อวัตถุที่อยู่นิ่งบนพื้นผิวให้เคลื่อนที่แรงเสียดทานก็จะต้านการเคลื่อนที่ของวัตถุแรงเสียดทานที่เกิดขึ้นในขณะที่วัตถุยังไม่เคลื่อนที่เรียก แรงเสียดทานสถิต แต่ถ้าวัตถุกำลังเคลื่อนที่แรงเสียดทานก็จะทำให้วัตถุนั้นเคลื่อนที่ช้าลงหรือหยุดนิ่ง เรียกแรงเสียดทานจลน์

ตาราง 1 (ต่อ)

สาระที่	มาตรฐาน	ตัวชี้วัด	สาระการเรียนรู้แกนกลาง
สาระที่ 2 วิทยาศาสตร์กายภาพ	ว 2.2	7. ออกแบบการทดลองและทดลองด้วยวิธีที่เหมาะสมในการอธิบายปัจจัยที่มีผลต่อขนาดของแรงเสียดทาน 8. เขียนแผนภาพแสดงแรงเสียดทานและแรงอื่น ๆ ที่กระทำต่อวัตถุ 9. ตระหนักถึงประโยชน์ของความรู้เรื่องแรงเสียดทานโดยวิเคราะห์สถานการณ์ปัญหาและเสนอแนะวิธีการลดหรือเพิ่มแรงเสียดทานที่เป็นประโยชน์ต่อการทำกิจกรรมในชีวิตประจำวัน	- ขนาดของแรงเสียดทานระหว่างผิวสัมผัสของวัตถุขึ้นกับลักษณะผิวสัมผัสและขนาดของแรงปฏิกิริยาตั้งฉากระหว่างผิวสัมผัส - กิจกรรมในชีวิตประจำวันบางกิจกรรมต้องการแรงเสียดทาน เช่น การเปิดฝาเกลียวขวดน้ำการใช้แผ่นกันลื่นในห้องน้ำ บางกิจกรรมไม่ต้องการแรงเสียดทาน เช่น การลากวัตถุบนพื้นการใช้น้ำมันหล่อลื่นในเครื่องยนต์ - ความรู้เรื่องแรงเสียดทานสามารถนำไปใช้ประโยชน์ในชีวิตประจำวันได้
สาระที่ 2 วิทยาศาสตร์กายภาพ	ว 2.2	10. ออกแบบการทดลองและทดลองด้วยวิธีที่เหมาะสมในการอธิบายโมเมนต์ของแรง เมื่อวัตถุอยู่ในสภาพสมดุลต่อการหมุนและคำนวณโดยใช้สมการ $M = Fl$	- เมื่อมีแรงที่กระทำต่อวัตถุโดยไม่ผ่านศูนย์กลางมวลของวัตถุจะเกิดโมเมนต์ของแรงทำให้วัตถุหมุนรอบศูนย์กลางมวลของวัตถุนั้น - โมเมนต์ของแรงเป็นผลคูณของแรงที่กระทำต่อวัตถุกับระยะทางจากจุดหมุนไปตั้งฉากกับแนวแรง เมื่อผลรวมของโมเมนต์ของแรงมีค่าเป็นศูนย์วัตถุจะอยู่ในสภาพสมดุลต่อการหมุน โดยโมเมนต์ของแรงในทิศทวนเข็มนาฬิกาจะมีขนาดเท่ากับโมเมนต์ของแรงในทิศตามเข็มนาฬิกา - ของเล่นหลายชนิดประกอบด้วยอุปกรณ์หลายส่วนที่ใช้หลักการโมเมนต์ของแรง ความรู้เรื่องโมเมนต์ของแรงสามารถนำไปใช้ออกแบบและประดิษฐ์ของเล่นได้

ตาราง 1 (ต่อ)

สาระที่	มาตรฐาน	ตัวชี้วัด	สาระการเรียนรู้แกนกลาง
สาระที่ 2 วิทยาศาสตร์กายภาพ	ว 2.2	11. เปรียบเทียบแหล่งของสนามแม่เหล็ก สนามไฟฟ้า และสนามโน้มถ่วง และทิศทางของแรงที่กระทำต่อวัตถุที่อยู่ในแต่ละสนามจากข้อมูลที่รวบรวมได้ 12. เขียนแผนภาพแสดงแรงแม่เหล็ก แรงไฟฟ้าและแรงโน้มถ่วงที่กระทำต่อวัตถุ	- วัตถุที่มีมวลจะมีสนามโน้มถ่วงอยู่โดยรอบ แรงโน้มถ่วงที่กระทำต่อวัตถุที่อยู่ในสนามโน้มถ่วงจะมีทิศพุ่งเข้าหาวัตถุที่เป็นแหล่งของสนามโน้มถ่วง - วัตถุที่มีประจุไฟฟ้าจะมีสนามไฟฟ้าอยู่โดยรอบแรงไฟฟ้าที่กระทำต่อวัตถุที่มีประจุจะมีทิศพุ่งเข้าหาหรือออกจากวัตถุที่มีประจุที่เป็นแหล่งของสนามไฟฟ้า - วัตถุที่เป็นแม่เหล็กจะมีสนามแม่เหล็กอยู่โดยรอบแรงแม่เหล็กที่กระทำต่อขั้วแม่เหล็กจะมีทิศพุ่งเข้าหาหรือออกจากขั้วแม่เหล็กที่เป็นแหล่งของสนามแม่เหล็ก
สาระที่ 2 วิทยาศาสตร์กายภาพ	ว 2.2	13. วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างขนาดของแรงแม่เหล็ก แรงไฟฟ้า และแรงโน้มถ่วงที่กระทำต่อวัตถุที่อยู่ในสนามนั้น ๆ กับระยะห่างจากแหล่งของสนามถึงวัตถุจากข้อมูลที่รวบรวมได้	- ขนาดของแรงโน้มถ่วง แรงไฟฟ้า และแรงแม่เหล็กที่กระทำต่อวัตถุที่อยู่ในสนามนั้น ๆ จะมีค่าลดลงเมื่อวัตถุอยู่ห่างจากแหล่งของสนามนั้น ๆ มากขึ้น
สาระที่ 2 วิทยาศาสตร์กายภาพ	ว 2.2	14. อธิบายและคำนวณอัตราเร็วและความเร็วของการเคลื่อนที่ของวัตถุโดยใช้สมการ $v = \frac{s}{t}$ และ $\vec{V} = \frac{\vec{s}}{t}$ จากหลักฐานเชิงประจักษ์ 15. เขียนแผนภาพแสดงการกระจัดและความเร็ว	- การเคลื่อนที่ของวัตถุเป็นการเปลี่ยนตำแหน่งของวัตถุเทียบกับตำแหน่งอ้างอิง โดยมีปริมาณที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่ซึ่งมีทั้งปริมาณสเกลาร์และปริมาณเวกเตอร์เช่น ระยะทางอัตราเร็ว การกระจัด ความเร็ว ปริมาณสเกลาร์เป็นปริมาณที่มีขนาด เช่น ระยะทาง อัตราเร็ว ปริมาณเวกเตอร์เป็นปริมาณที่มีทั้งขนาดและทิศทาง เช่น การกระจัด ความเร็ว

ตาราง 1 (ต่อ)

สาระที่	มาตรฐาน	ตัวชี้วัด	สาระการเรียนรู้แกนกลาง
			- เขียนแผนภาพแทนปริมาณเวกเตอร์ได้ด้วยลูกศรโดยความยาวของลูกศรแสดงขนาดและหัวลูกศรแสดงทิศทางของเวกเตอร์นั้น ๆ - ระยะทางเป็นปริมาณสเกลาร์โดยระยะทางเป็นความยาวของเส้นทางที่เคลื่อนที่ได้ - การกระจัดเป็นปริมาณเวกเตอร์โดยการกระจัดมีทิศชี้จากตำแหน่งเริ่มต้นไปยังตำแหน่งสุดท้ายและมีขนาดเท่ากับระยะที่สั้นที่สุดระหว่างสองตำแหน่งนั้น - อัตราเร็วเป็นปริมาณสเกลาร์โดยอัตราเร็วเป็นอัตราส่วนของระยะทางต่อเวลา - ความเร็วปริมาณเวกเตอร์มีทิศเดียวกับทิศของการกระจัด โดยความเร็วเป็นอัตราส่วนของการกระจัดต่อเวลา
สาระที่ 2 วิทยาศาสตร์กายภาพ	ว 2.3	1. วิเคราะห์สถานการณ์และคำนวณเกี่ยวกับงานและกำลังที่เกิดจากแรงที่กระทำต่อวัตถุ โดยใช้สมการ $W = fs$ และ $P = \frac{W}{t}$ จากข้อมูลที่รวบรวมได้ 2. วิเคราะห์หลักการทำงานของเครื่องกลอย่างง่ายจากข้อมูลที่รวบรวมได้ 3. ตระหนักถึงประโยชน์ของความรู้ของเครื่องกลอย่างง่ายโดยบอกประโยชน์และการประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวัน	- เมื่อออกแรงกระทำต่อวัตถุแล้วทำให้วัตถุเคลื่อนที่ โดยแรงอยู่ในแนวเดียวกับการเคลื่อนที่จะเกิดงาน งานจะมีค่ามากหรือน้อยขึ้นกับขนาดของแรงและระยะทางในแนวเดียวกับแรง - งานที่ทำในหนึ่งหน่วยเวลาเรียกว่า กำลัง หลักการของงานนำไปอธิบายการทำงานของเครื่องกลอย่างง่ายได้แก่คาน พื้นเอียงรอกเดี่ยวลิ่มสกรูล้อและเพลาซึ่งนำไปใช้ประโยชน์ด้านต่าง ๆ ในชีวิตประจำวัน

ตาราง 1 (ต่อ)

สาระที่	มาตรฐาน	ตัวชี้วัด	สาระการเรียนรู้แกนกลาง
สาระที่ 2 วิทยาศาสตร์กายภาพ	ว 2.3	4. ออกแบบและทดลองด้วยวิธีที่เหมาะสมในการอธิบายปัจจัยที่มีผลต่อพลังงานจลน์และพลังงานศักย์โน้มถ่วง 5. แปลความหมายข้อมูลและอธิบายการเปลี่ยนพลังงานระหว่างพลังงานศักย์โน้มถ่วงและพลังงานจลน์ของวัตถุโดยพลังงานกลของวัตถุมีค่าคงตัวจากข้อมูลที่รวบรวมได้	- พลังงานจลน์เป็นพลังงานของวัตถุที่เคลื่อนที่ พลังงานจลน์จะมีค่ามากหรือน้อยขึ้นกับมวลและอัตราเร็ว ส่วนพลังงานศักย์โน้มถ่วงเกี่ยวข้องกับตำแหน่งของวัตถุจะมีค่ามากหรือน้อยขึ้นกับมวลและตำแหน่งของวัตถุ เมื่อวัตถุอยู่ในสนามโน้มถ่วง วัตถุจะมีพลังงานศักย์โน้มถ่วงพลังงานจลน์และพลังงานศักย์โน้มถ่วงเป็นพลังงานกล - ผลรวมของพลังงานศักย์โน้มถ่วงและพลังงานจลน์เป็นพลังงานกล พลังงานศักย์โน้มถ่วงและพลังงานจลน์ของวัตถุหนึ่ง ๆ สามารถเปลี่ยนกลับไปมาได้โดยผลรวมของพลังงานศักย์โน้มถ่วงและพลังงานจลน์มีค่าคงตัว นั่นคือพลังงานกลของวัตถุมีค่าคงตัว
สาระที่ 2 วิทยาศาสตร์กายภาพ	ว 2.3	6. วิเคราะห์สถานการณ์และอธิบายการเปลี่ยนและการถ่ายโอนพลังงานโดยใช้กฎการอนุรักษ์พลังงาน	- พลังงานรวมของระบบมีค่าคงตัวซึ่งอาจเปลี่ยนจากพลังงานหนึ่งเป็นอีกพลังงานหนึ่ง เช่นพลังงานกลเปลี่ยนเป็นพลังงานไฟฟ้า พลังงานจลน์เปลี่ยนเป็นพลังงานความร้อน พลังงานเสียง พลังงานแสง เนื่องมาจากแรงเสียดทาน พลังงานเคมีในอาหารเปลี่ยนเป็นพลังงานที่ไปใช้ในการทำงานของสิ่งมีชีวิต - นอกจากนี้พลังงานยังสามารถถ่ายโอนไปยังอีกระบบหนึ่งหรือได้รับพลังงานจากระบบอื่นได้เช่น การถ่ายโอนความร้อนระหว่างสสาร การถ่ายโอนพลังงานของการสั่นของแหล่งกำเนิดเสียงไปยังผู้ฟัง ทั้งการเปลี่ยนพลังงานและการถ่ายโอนพลังงาน พลังงานรวมทั้งหมดมีค่าเท่าเดิมตามกฎการอนุรักษ์พลังงาน

ตาราง 1 (ต่อ)

สาระที่	มาตรฐาน	ตัวชี้วัด	สาระการเรียนรู้แกนกลาง
สาระที่ 3 วิทยาศาสตร์โลก และอวกาศ	ว 3.2	1. เปรียบเทียบกระบวนการเกิด สมบัติและการใช้ประโยชน์รวมทั้งอธิบายผลกระทบจากการใช้เชื้อเพลิงซากดึกดำบรรพ์จากข้อมูลที่รวบรวมได้	- เชื้อเพลิงซากดึกดำบรรพ์เกิดจากการเปลี่ยนแปลงสภาพของซากสิ่งมีชีวิตในอดีตโดยกระบวนการทางเคมีและธรณีวิทยา เชื้อเพลิงซากดึกดำบรรพ์ได้แก่ถ่านหิน หินน้ำมัน และปิโตรเลียม ซึ่งเกิดจากวัตถุต้นกำเนิด และสภาพแวดล้อมการเกิดที่แตกต่างกัน ทำให้ได้ชนิดของเชื้อเพลิงซากดึกดำบรรพ์ที่มีลักษณะสมบัติและการนำไปใช้ประโยชน์แตกต่างกัน สำหรับปิโตรเลียมจะต้องมีการผ่านการกลั่นลำดับส่วนก่อนการใช้งานเพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่เหมาะสม ต่อการใช้ประโยชน์เชื้อเพลิงซากดึกดำบรรพ์เป็นทรัพยากรที่ใช้แล้วหมดไป เนื่องจากต้องใช้เวลานานหลายล้านปีจึงจะเกิดขึ้นใหม่ได้
สาระที่ 3 วิทยาศาสตร์โลก และอวกาศ	ว 3.2	2. แสดงความตระหนักถึงผลจากการใช้เชื้อเพลิงซากดึกดำบรรพ์โดยนำเสนอแนวทางการใช้เชื้อเพลิงซากดึกดำบรรพ์	- การเผาไหม้เชื้อเพลิงซากดึกดำบรรพ์ในกิจกรรมต่าง ๆ ของมนุษย์จะทำให้เกิดมลพิษทางอากาศซึ่งส่งผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อมนอกจากนี้แก๊สบางชนิดที่เกิดจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงซากดึกดำบรรพ์เช่น แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์และไนตรัสออกไซด์ยังเป็นแก๊สเรือนกระจกซึ่งส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศของโลกรุนแรงขึ้น ดังนั้นจึงควรใช้เชื้อเพลิงซากดึกดำบรรพ์โดยคำนึงถึงผลที่เกิดขึ้นต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม เช่น เลือกใช้พลังงานทดแทน หรือเลือกใช้เทคโนโลยีที่ลดการใช้เชื้อเพลิงซากดึกดำบรรพ

ตาราง 1 (ต่อ)

สาระที่	มาตรฐาน	ตัวชี้วัด	สาระการเรียนรู้แกนกลาง
สาระที่ 3 วิทยาศาสตร์โลก และอวกาศ	ว 3.2	3. เปรียบเทียบข้อดีและข้อจำกัดของพลังงานทดแทนแต่ละประเภทจากการรวบรวมข้อมูลและนำเสนอแนวทางการใช้พลังงานทดแทนที่เหมาะสมในท้องถิ่น	- เชื้อเพลิงซากดึกดำบรรพ์เป็นแหล่งพลังงานที่สำคัญในกิจกรรมต่าง ๆ ของมนุษย์เนื่องจากเชื้อเพลิงซากดึกดำบรรพ์มีปริมาณจำกัดและมักเพิ่มมลภาวะในบรรยากาศมากขึ้น จึงมีการใช้พลังงานทดแทนมากขึ้น เช่น พลังงานแสงอาทิตย์พลังงานลม พลังงานน้ำ พลังงานชีวมวล พลังงานคลื่น พลังงานความร้อนใต้พิภพ พลังงานไฮโดรเจน ซึ่งพลังงานทดแทนแต่ละชนิดจะมีข้อดีและข้อจำกัดที่แตกต่างกัน
		4. สร้างแบบจำลองที่อธิบายโครงสร้างภายในโลกตามองค์ประกอบทางเคมีจากข้อมูลที่รวบรวมได้	- โครงสร้างภายในโลกแบ่งออกเป็นชั้นตามองค์ประกอบทางเคมีได้แก่ เปลือกโลก ซึ่งอยู่นอกสุด ประกอบด้วยสารประกอบของซิลิกอนและอะลูมิเนียมเป็นหลัก เนื้อโลกคือส่วนที่อยู่ใต้เปลือกโลกลงไปจนถึงแก่นโลก มีองค์ประกอบหลักเป็นสารประกอบของซิลิกอน แมกนีเซียม และเหล็ก และแก่นโลกคือส่วนที่อยู่ใจกลางของโลก มีองค์ประกอบหลักเป็นเหล็กและนิกเกิลซึ่งแต่ละชั้นมีลักษณะแตกต่างกัน
สาระที่ 3 วิทยาศาสตร์โลก และอวกาศ	ว 3.2	5. อธิบายกระบวนการผุพังอยู่กับที่การกร่อนและการสะสมตัวของตะกอนจากแบบจำลองรวมทั้งยกตัวอย่างผลของกระบวนการดังกล่าวที่ทำให้ผิวโลกเกิดการเปลี่ยนแปลง	- การผุพังอยู่กับที่การกร่อน และการสะสมตัวของตะกอน เป็นกระบวนการเปลี่ยนแปลงทางธรณีวิทยา ที่ทำให้ผิวโลกเกิดการเปลี่ยนแปลงเป็นภูมิลักษณ์แบบต่าง ๆ โดยมีปัจจัยสำคัญคือน้ำ ลม ธารน้ำแข็ง แรงโน้มถ่วงของโลก สิ่งมีชีวิตสภาพอากาศ และปฏิกิริยาเคมี - การผุพังอยู่กับที่คือ การที่หินผุพังทำลายลงด้วยกระบวนการต่าง ๆ ได้แก่ลมฟ้าอากาศกับน้ำฝน และรวมทั้งการกระทำของต้นไม้กับแบคทีเรีย ตลอดจนการแตกตัวทางกลศาสตร์ ซึ่งมีการเพิ่มและลดอุณหภูมิสลับกัน เป็นต้น

ตาราง 1 (ต่อ)

สาระที่	มาตรฐาน	ตัวชี้วัด	สาระการเรียนรู้แกนกลาง
			- การกร่อน คือ กระบวนการหนึ่งหรือหลายกระบวนการที่ทำให้สารเปลือกโลกหลุดไป ละลายไปหรือกร่อนไปโดยมีตัวนำพาธรรมชาติ คือ ลม น้ำ และธารน้ำแข็ง ร่วมกับปัจจัยอื่น ๆ ได้แก่ลมฟ้าอากาศ สารละลาย การครูดถู การนำพา ทั้งนี้ไม่รวมถึงการพังทลายเป็นกลุ่มก้อน เช่น แผ่นดินถล่ม ภูเขาไฟระเบิด - การสะสมตัวของตะกอน คือ การสะสมตัวของวัตถุจากการนำพาของน้ำ ลม หรือธารน้ำแข็ง
สาระที่ 3 วิทยาศาสตร์โลก และอวกาศ	ว 3.2	6. อธิบายลักษณะของชั้นหน้าตัดดินและกระบวนการเกิดดิน จากแบบจำลอง รวมทั้งระบุปัจจัยที่ทำให้ดินมีลักษณะและสมบัติแตกต่างกัน	- ดินเกิดจากหินที่ผุพังตามธรรมชาติผสมคลุกเคล้ากับอินทรียวัตถุที่ได้จากการเน่าเปื่อยของซากพืชซากสัตว์ทับถมเป็นชั้น ๆ บนผิวโลก ชั้นดินแบ่งออกเป็นหลายชั้น ขนานหรือเกือบขนานไปกับผิวหน้าดิน แต่ละชั้นมีลักษณะแตกต่างกันเนื่องจากสมบัติทางกายภาพ เคมีชีวภาพ และลักษณะอื่น ๆ เช่น สี โครงสร้าง เนื้อดิน การยืดตัวความเป็นกรด-เบส สามารถสังเกตได้จากการสำรวจภาคสนาม การเรียกชื่อชั้นดินหลักจะใช้อักษรภาษาอังกฤษตัวใหญ่ ได้แก่ O, A, E,B, C,R - ชั้นหน้าตัดดิน เป็นชั้นดินที่มีลักษณะปรากฏให้เห็นเรียงลำดับเป็นชั้นจากชั้นบนสุดถึงชั้นล่างสุด - ปัจจัยที่ทำให้ดินแต่ละท้องถิ่นมีลักษณะและสมบัติแตกต่างกัน ได้แก่ วัตถุต้นกำเนิดดิน ภูมิอากาศสิ่งมีชีวิตในดิน สภาพภูมิประเทศ และระยะเวลาในการเกิดดิน

ตาราง 1 (ต่อ)

สาระที่	มาตรฐาน	ตัวชี้วัด	สาระการเรียนรู้แกนกลาง
สาระที่ 3 วิทยาศาสตร์โลก และอวกาศ	ว 3.2	7. ตรวจวัดสมบัติบางประการของดิน โดยใช้เครื่องมือที่เหมาะสมและนำเสนอแนวทางการใช้ประโยชน์ดินจากข้อมูลสมบัติของดิน	- สมบัติบางประการของดิน เช่น เนื้อดิน ความชื้นดินค่าความเป็นกรด-เบส ธาตุอาหารในดิน สามารถนำไปใช้ในการตัดสินใจถึงแนวทางการใช้ประโยชน์ที่ดิน โดยอาจนำไปใช้ประโยชน์ทางการเกษตรหรืออื่น ๆ ซึ่งดินที่ไม่เหมาะสมต่อการทำการเกษตร เช่น ดินจืดดินเปรี้ยวดินเค็มและดินดาน อาจเกิดจากสภาพดินตามธรรมชาติหรือการใช้ประโยชน์จะต้องปรับปรุงให้มีสภาพเหมาะสม เพื่อนำไปใช้ประโยชน์
		8. อธิบายปัจจัยและกระบวนการเกิดแหล่งน้ำผิวดินและแหล่งน้ำใต้ดิน จากแบบจำลอง	- แหล่งน้ำผิวดินเกิดจากน้ำฝนที่ตกลงบนพื้นโลกไหลจากที่สูงลงสู่ที่ต่ำด้วยแรงโน้มถ่วง การไหลของน้ำทำให้พื้นโลกเกิดการกัดเซาะเป็นร่องน้ำเช่น ลำธารคลอง และแม่น้ำ ซึ่งร่องน้ำจะมีขนาดและรูปร่างแตกต่างกันขึ้นอยู่กับปริมาณน้ำฝน ระยะเวลาในการกัดเซาะ ชนิดดินและหิน และลักษณะภูมิประเทศ เช่น ความลาดชัน ความสูงต่ำของพื้นที่ เมื่อน้ำไหลไปยังบริเวณที่เป็นแอ่งจะเกิดการสะสมตัวเป็นแหล่งน้ำ เช่น บึง ทะเลสาบทะเล และมหาสมุทร - แหล่งน้ำใต้ดินเกิดจากการซึมของน้ำผิวดินลงไปสะสมตัวใต้พื้นโลก ซึ่งแบ่งเป็นน้ำในดินและน้ำบาดาล น้ำในดินเป็นน้ำที่อยู่ร่วมกับอากาศตามช่องว่างระหว่างเม็ดดิน ส่วนน้ำบาดาลเป็นน้ำที่ไหลซึมลึกลงไปและถูกกักเก็บไว้ในชั้นหินหรือชั้นดิน จนอิ่มตัวไปด้วยน้ำ

ตาราง 1 (ต่อ)

สาระที่	มาตรฐาน	ตัวชี้วัด	สาระการเรียนรู้แกนกลาง
สาระที่ 3 วิทยาศาสตร์โลก และอวกาศ	ว 3.2	9. สร้างแบบจำลองที่อธิบายการใช้น้ำ และนำเสนอแนวทางการใช้น้ำอย่างยั่งยืนในท้องถิ่นของตนเอง	- แหล่งน้ำผิวดินและแหล่งน้ำใต้ดินถูกนำมาใช้ในกิจกรรมต่าง ๆ ของมนุษย์ส่งผลต่อการจัดการการใช้ประโยชน์น้ำและคุณภาพของแหล่งน้ำเนื่องจากการเพิ่มขึ้นของจำนวนประชากรการใช้ประโยชน์พื้นที่ในด้านต่าง ๆ เช่นภาคเกษตรกรรม ภาคอุตสาหกรรม และการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำฝนในพื้นที่ลุ่มน้ำและแหล่งน้ำผิวดินไม่เพียงพอสำหรับกิจกรรมของมนุษย์น้ำจากแหล่งน้ำใต้ดินจึงถูกนำมาใช้มากขึ้น ส่งผลให้ปริมาณน้ำใต้ดินลดลงมากจึงต้องมีการจัดการใช้น้ำอย่างเหมาะสมและยั่งยืนซึ่งอาจทำได้โดยการจัดหาแหล่งน้ำ ซึ่งอาจทำได้โดยการจัดหาแหล่งน้ำเพื่อให้มีแหล่งน้ำเพียงพอสำหรับการดำรงชีวิต การจัดสรรและการใช้น้ำอย่างมีประสิทธิภาพ การอนุรักษ์และฟื้นฟูแหล่งน้ำ การป้องกันและแก้ไขปัญหาคุณภาพน้ำ
สาระที่ 3 วิทยาศาสตร์โลก และอวกาศ	ว 3.2	10. สร้างแบบจำลองที่อธิบายกระบวนการเกิดและผลกระทบของน้ำท่วม การกัดเซาะชายฝั่ง ดินถล่ม หลุมยุบ แผ่นดินทรุด	- น้ำท่วม การกัดเซาะชายฝั่ง ดินถล่ม หลุมยุบ แผ่นดินทรุด มีกระบวนการเกิดและผลกระทบที่แตกต่างกัน ซึ่งอาจสร้างความเสียหายร้ายแรงแก่ชีวิต และทรัพย์สิน - น้ำท่วม เกิดจากพื้นที่หนึ่งได้รับปริมาณน้ำเกินกว่าที่จะกักเก็บได้ทำให้แผ่นดินจมอยู่ใต้น้ำ โดยขึ้นอยู่กับปริมาณน้ำและสภาพทางธรณีวิทยาของพื้นที่ - การกัดเซาะชายฝั่ง เป็นกระบวนการเปลี่ยนแปลงของชายฝั่งทะเลที่เกิดขึ้นตลอดเวลาจากการกัดเซาะของคลื่นหรือลม

ตาราง 1 (ต่อ)

สาระที่	มาตรฐาน	ตัวชี้วัด	สาระการเรียนรู้แกนกลาง
			ทำให้ตะกอนจากที่หนึ่งไปตกทับถมในอีกบริเวณหนึ่ง แนวของชายฝั่งเดิมจึงเปลี่ยนแปลงไป บริเวณที่มีตะกอนเคลื่อนเข้ามาน้อยกว่าปริมาณที่ตะกอนเคลื่อนออกไปถือว่าเป็นบริเวณที่มีการกัดเซาะชายฝั่ง - ดินถล่ม เป็นการเคลื่อนที่ของมวลดินหรือหินจำนวนมากลงตามลาดเขา เนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลกเป็นหลัก ซึ่งเกิดจากปัจจัยสำคัญ ได้แก่ความลาดชันของพื้นที่สภาพธรณีวิทยา ปริมาณน้ำฝน พืชปกคลุมดิน และการใช้ประโยชน์พื้นที่ - หลุมยุบ คือ แอ่งหรือหลุมบนแผ่นดินขนาดต่าง ๆ ที่อาจเกิดจากการถล่มของโพรงถ้ำหินปูนเกลือหินใต้ดิน หรือเกิดจากน้ำพัดพาตะกอนลงไปในโพรงถ้ำหรือธารน้ำใต้ดิน - แผ่นดินทรุดเกิดจากการยุบตัวของชั้นดินหรือหินร่วน เมื่อมวลของแข็งหรือของเหลวปริมาณมากที่รองรับอยู่ใต้ชั้นดินบริเวณนั้นถูกเคลื่อนย้ายออกไปโดยธรรมชาติหรือโดยการกระทำของมนุษย์
สาระที่ 4 เทคโนโลยี	ว 4.1	1. คาดการณ์แนวโน้มเทคโนโลยีที่จะเกิดขึ้นโดยพิจารณาจากสาเหตุหรือปัจจัยที่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงของเทคโนโลยีและวิเคราะห์เปรียบเทียบ ตัดสินใจเลือกใช้เทคโนโลยีโดยคำนึงถึงผลกระทบที่เกิดขึ้นต่อชีวิต สังคมและสิ่งแวดล้อม	- สาเหตุหรือปัจจัยต่าง ๆ เช่น ความก้าวหน้าของศาสตร์ต่าง ๆ การเปลี่ยนแปลงทางด้านเศรษฐกิจสังคม วัฒนธรรม ทำให้เทคโนโลยีมีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา - เทคโนโลยีแต่ละประเภทมีผลกระทบต่อชีวิต สังคม และสิ่งแวดล้อมที่แตกต่างกัน จึงต้องวิเคราะห์เปรียบเทียบข้อดีข้อเสีย และตัดสินใจเลือกใช้ให้เหมาะสม

ตาราง 1 (ต่อ)

สาระที่	มาตรฐาน	ตัวชี้วัด	สาระการเรียนรู้แกนกลาง
สาระที่ 4 เทคโนโลยี	ว 4.1	2. ระบุปัญหาหรือความต้องการในชุมชนหรือท้องถิ่น สรุปกรอบของปัญหา รวบรวม วิเคราะห์ข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา	- ปัญหาหรือความต้องการในชุมชนหรือท้องถิ่นมีหลายอย่าง ขึ้นกับบริบทหรือสถานการณ์ที่ประสบ เช่น ด้านพลังงาน สิ่งแวดล้อมการเกษตร การอาหาร - การระบุปัญหาจำเป็นต้องมีการวิเคราะห์สถานการณ์ของปัญหาเพื่อสรุปกรอบของปัญหาแล้วดำเนินการสืบค้น รวบรวมข้อมูลความรู้จากศาสตร์ต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง เพื่อนำไปสู่การออกแบบแนวทางการแก้ปัญหา
สาระที่ 4 เทคโนโลยี	ว 4.1	3. ออกแบบวิธีการแก้ปัญหาโดยวิเคราะห์เปรียบเทียบและตัดสินใจเลือกข้อมูลที่จำเป็นภายใต้เงื่อนไขและทรัพยากรที่มีอยู่ นำเสนอแนวทางการแก้ปัญหาให้ผู้อื่นเข้าใจ วางแผน ขั้นตอนการทำงานและดำเนินการแก้ปัญหาอย่างเป็นขั้นตอน	- การวิเคราะห์เปรียบเทียบ และตัดสินใจเลือกข้อมูลที่จำเป็น โดยคำนึงถึงเงื่อนไขและทรัพยากร เช่น งบประมาณ เวลา ข้อมูลและสารสนเทศ วัสดุ เครื่องมือและอุปกรณ์ช่วยให้ได้แนวทางการแก้ปัญหาที่เหมาะสม - การออกแบบแนวทางการแก้ปัญหาทำได้หลากหลายวิธี เช่น การร่างภาพ การเขียนแผนภาพ การเขียนผังงาน - การกำหนดขั้นตอนระยะเวลาในการทำงานก่อนดำเนินการแก้ปัญหาจะช่วยให้การทำงานสำเร็จได้ตามเป้าหมาย และลดข้อผิดพลาดของการทำงานที่อาจเกิดขึ้น
สาระที่ 4 เทคโนโลยี	ว 4.1	4. ทดสอบ ประเมินผล และอธิบายปัญหาหรือข้อบกพร่องที่เกิดขึ้น ภายใต้กรอบเงื่อนไขพร้อมทั้งหาแนวทางการปรับปรุงแก้ไขและนำเสนอผลการแก้ปัญหา	- การทดสอบและประเมินผลเป็นการตรวจสอบชิ้นงาน หรือวิธีการว่าสามารถแก้ปัญหาได้ตามวัตถุประสงค์ภายใต้กรอบของปัญหา เพื่อหาข้อบกพร่อง และดำเนินการปรับปรุงให้สามารถแก้ไขปัญหาได้

ตาราง 1 (ต่อ)

สาระที่	มาตรฐาน	ตัวชี้วัด	สาระการเรียนรู้แกนกลาง
			- การนำเสนอผลงานเป็นการถ่ายทอดแนวคิด เพื่อให้ผู้อื่นเข้าใจเกี่ยวกับกระบวนการทำงาน และชิ้นงานหรือวิธีการที่ได้ซึ่งสามารถทำได้หลายวิธีเช่น การเขียนรายงาน การทำแผ่นนำเสนอผลงาน การจัดนิทรรศการ
สาระที่ 4 เทคโนโลยี	ว 4.1	5. ใช้ความรู้และทักษะเกี่ยวกับวัสดุอุปกรณ์ เครื่องมือ กลไก ไฟฟ้า และอิเล็กทรอนิกส์เพื่อแก้ปัญหาหรือพัฒนางานได้อย่างถูกต้องเหมาะสม และปลอดภัย	- วัสดุแต่ละประเภทมีสมบัติแตกต่างกัน เช่น ไม้โลหะ พลาสติก จึงต้องมีการวิเคราะห์สมบัติเพื่อเลือกใช้ให้เหมาะสมกับลักษณะของงาน - การสร้างชิ้นงานอาจใช้ความรู้เรื่องกลไกไฟฟ้าอิเล็กทรอนิกส์เช่น LED มอเตอร์บัซเซอร์ เฟือง รอก ล้อ เพลา - อุปกรณ์และเครื่องมือในการสร้างชิ้นงานหรือพัฒนาวิธีการมีหลายประเภท ต้องเลือกใช้ให้ถูกต้อง เหมาะสม และปลอดภัย รวมทั้งรู้จักเก็บรักษา

จากการศึกษาหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ พบว่า เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้เป็นเนื้อหากลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สำหรับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 สาระที่ 2 วิทยาศาสตร์กายภาพ มาตรฐาน ว 2.3 เรื่อง งานและพลังงาน ซึ่งนักเรียนจะต้องเข้าใจความหมายของพลังงาน การเปลี่ยนแปลงและการถ่ายโอนพลังงาน ปฏิสัมพันธ์ระหว่างสสารและพลังงาน พลังงานในชีวิตประจำวัน ธรรมชาติของคลื่น ปรากฏการณ์ที่เกี่ยวข้องกับ เสียง แสง และคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

1. ความหมายของแบบจำลอง

จากการที่ผู้วิจัยได้ไปศึกษาแบบจำลองจากแหล่งข้อมูลต่าง ๆ พบว่า มีนักการศึกษาหลายท่านที่ให้ความหมายแบบจำลอง (Model) ไว้ มีดังต่อไปนี้

Harrison และ Treagust (2000) ได้กล่าวว่า แบบจำลอง หมายถึง การใช้รูปร่างและแบบแผนที่เสมือนจริง แสดงลักษณะของระบบ ซึ่งทำให้ลักษณะที่สำคัญมีความเด่นชัดและมองเห็นได้ เพื่อสร้างความเข้าใจ ก่อให้เกิดคำอธิบายหรือการทำนายเกี่ยวกับปรากฏการณ์ทางกายภาพ

Justi และ Gilbert (2003) ให้ความหมายของแบบจำลอง หมายถึง สิ่งที่ใช้แทนแนวคิด เหตุการณ์ วัตถุ กระบวนการและอื่น ๆ แบบจำลอง สามารถใช้ในจุดหมายที่แตกต่างกันหลายอย่าง เช่น เพื่อการสร้างสรรค์ เพื่อการทดสอบ เพื่อการทำนาย เพื่อสนับสนุน และเพื่อให้แทนแนวคิด สุดท้ายแบบจำลองก็จะถูกยอมรับและเชื่อถือ จากบางคนที่เป็นกลุ่มของนักวิจัยทางวิทยาศาสตร์

Gilbert และ Ireton (2003) ได้ให้ความหมายของ แบบจำลอง หมายถึง สิ่งที่เป็นตัวแทนของปรากฏการณ์ที่เป็นวัตถุหรือความคิดในทางวิทยาศาสตร์ แบบจำลองเป็นผลของสิ่งที่แสดงออกที่อธิบายปรากฏการณ์หรือความคิดที่มากกว่า นั้น เช่น แบบจำลองแสดงโครงสร้างของอะตอม แบบจำลองแสดงการโคจรของดาวเคราะห์ไปรอบ ดวงอาทิตย์

Lee และ Kim (2013) ได้ให้ความหมายแบบจำลองไว้ว่า เป็นสิ่งที่แสดงโครงสร้างทางความคิด องค์ประกอบและความสัมพันธ์ขององค์ประกอบต่าง ๆ ให้เพื่อแสดงหรืออธิบายปรากฏการณ์ต่าง ๆ ให้เข้าใจได้ง่าย

ชาตรี ฝ่ายคำตา และภรทิพย์ สุภัทรชัยวงศ์ (2557) ได้ให้ความหมายแบบจำลองไว้ว่า เป็นสิ่งที่นักวิทยาศาสตร์นำไปใช้เพื่ออธิบายหลักการ แนวคิด ทฤษฎีหรือกฎ หรือเป็นตัวแทนของวัตถุ แนวคิด กระบวนการ หรือระบบที่นำไปเชื่อมโยงระหว่างทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์กับความจริง

จากความหมายของแบบจำลองข้างต้นสรุปได้ว่า แบบจำลอง คือ สิ่งที่ใช้แทนโครงสร้างทางความคิด ปรากฏการณ์ แนวคิด เหตุการณ์ วัตถุ ปรากฏการณ์ที่เป็นวัตถุหรือความคิดหรือกระบวนการ เป็นการใช้รูปร่าง และแบบแผนที่เสมือนจริง แสดงลักษณะของระบบ ซึ่งทำให้ลักษณะที่สำคัญมีความเด่นชัดและมองเห็นได้เพื่อสร้างความเข้าใจ และอื่น ๆ เพื่อแสดงหรืออธิบายปรากฏการณ์ต่าง ๆ นำไปเชื่อมโยงระหว่างทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์กับความจริง เพื่อให้เข้าใจได้ง่ายยิ่งขึ้น

2. ประเภทของแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์

Gilbert, Boulter และ Elmer (2000) จำแนกแบบจำลองไว้ 8 ประเภท ตามลักษณะที่ใช้ในการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ดังนี้

1. แบบจำลองทางความคิด (Mental Model) เป็นแบบจำลองเฉพาะของแต่ละบุคคล คือ การเป็นตัวแทนทางความคิดของแต่ละบุคคลที่สร้างขึ้นโดยบุคคลนั้นและอยู่ภายในความคิดของบุคคลนั้น ที่อธิบายเกี่ยวกับปรากฏการณ์ธรรมชาติอาจมีระดับของความสอดคล้องกับความรู้ทางวิทยาศาสตร์ในระดับต่าง ๆ กัน

2. แบบจำลองที่แสดงออก (Expressed Model) เป็นการนำเสนอแบบจำลองทางความคิด เพื่อสื่อสารหรือแสดงออกให้ผู้อื่นได้รับรู้ โดยบุคคลหรือกลุ่มคน ซึ่งมีความสัมพันธ์กับแบบจำลองทางความคิดและตอบสนอง โดยการสะท้อนความคิดออกมาเป็นแบบจำลองที่แสดงออก ทำให้แบบจำลองทางความคิดมีความชัดเจนมากขึ้น

3. แบบจำลองที่เป็นมติ (Consensus Model) คือ แบบจำลองที่แสดงออกซึ่งได้รับการยอมรับจากกลุ่มบุคคลหรือชั้นเรียน จากการอภิปรายหรือการทำการทดลองจนมีความเห็นร่วมกัน โดยเฉพาะในชุมชนวิทยาศาสตร์นั้น เมื่อนักวิทยาศาสตร์ทดสอบการทดลองและเผยแพร่ในวารสารวิชาการ หรือเป็นแบบจำลองที่นักวิทยาศาสตร์สำรวจตรวจสอบและสร้างขึ้นเพื่ออธิบายปรากฏการณ์ก็จะกลายเป็นแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ (Scientific Model) ที่ได้รับการยอมรับจากประชาคมวิทยาศาสตร์ ซึ่งมีบทบาทสำคัญในการศึกษาค้นคว้าทางวิทยาศาสตร์และเป็นประโยชน์ในการสร้างคำทำนายและใช้เป็นหลักฐานเชิงประจักษ์ในการสนับสนุนความรู้นั้น

4. แบบจำลองทางประวัติศาสตร์ (Historical Model) คือ แบบจำลองที่เคยได้รับการยอมรับจากประชาคมวิทยาศาสตร์ เช่น แบบจำลองอะตอมของโบว์

5. แบบจำลองที่ใช้ในหลักสูตร (Curriculum Models) เป็นแบบจำลองที่อยู่ในรูปแบบที่ง่ายขึ้น คือ แบบจำลองทางวิทยาศาสตร์หรือแบบจำลองทางประวัติศาสตร์ที่อยู่ในหลักสูตรที่เป็นทางการ หลังจากที่ทำให้อยู่ในรูปแบบของการทำความเข้าใจได้ง่ายขึ้น เพื่อทำให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เช่น แบบจำลองแบบจุดของลิวอีส

6. แบบจำลองการสอน (Teaching Model) คือแบบจำลองที่สร้างขึ้นเพื่อช่วยส่งเสริมความเข้าใจแบบจำลองหลักสูตรมากขึ้น ซึ่งอาจใช้แบบจำลองที่เป็นมติ แบบจำลองทางประวัติศาสตร์ แบบจำลองที่ใช้ในหลักสูตร ซึ่งแบบจำลองนี้สามารถสร้างได้โดยครูหรือนักเรียน

7. แบบจำลองผสม (Hybrid Models) เป็นแบบจำลองที่เกิดจากการใช้ลักษณะของแบบจำลองหลาย ๆ ประเภทร่วมกัน คือ แบบจำลองที่ผู้สอนได้รวบรวมลักษณะของแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ แบบจำลองทางประวัติศาสตร์ หรือแบบจำลองที่ใช้ในหลักสูตรในบริบทของการสืบสอบ ซึ่งแบบจำลองที่สร้างขึ้นจะใช้สำหรับการเรียนการสอนในห้องเรียน

8. แบบจำลองวิธีการสอน (Model of Pedagogy) คือ แบบจำลองที่ผู้สอนใช้ระหว่างการวางแผน การปฏิบัติ การจัดการ และการสะท้อนความคิดในกิจกรรมการเรียนรู้ และเกี่ยวข้องกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ การสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ และการเรียนรู้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์

Harrison และ Treagust (2000) ได้ศึกษาความเหมือนและความต่างของแบบจำลองที่ใช้ในการสอนและการเรียนรู้ในบทเรียนทางวิทยาศาสตร์ บนพื้นฐานแบบจำลองที่เรียกว่า แบบจำลองเชิงเทียบ (Analogical Models) จนสามารถจัดประเภทของแบบจำลองตามวัตถุประสงค์และหน้าที่ของแบบจำลองแต่ละประเภทรวมแบ่งได้ทั้งหมด 10 ประเภท ดังนี้

1. แบบจำลองมาตราส่วน (Scale Models) คือ แบบจำลองที่สะท้อนลักษณะทางภายนอก ขนาด สี รูปร่างและโครงสร้างของสิ่งที่ต้องการสร้างขึ้นเป็นแบบจำลอง เช่น แบบจำลองสัตว์ต่าง ๆ พืช รถยนต์ หรือตุ๊กตาของเล่น เป็นต้น

2. แบบจำลองเชิงเทียบที่ใช้ในการสอน (Pedagogical Analogical Models) คือ แบบจำลองที่แสดงโครงสร้างของสิ่งที่ไม่สามารถสังเกตได้โดยตรง ซึ่งมีลักษณะเสมือนกับแบบตำแหน่งต่อตำแหน่ง และเน้นที่ลักษณะสำคัญมักทำจากวัสดุ เช่น การใช้วัตถุกลมและแท่งทรงกระบอกเชื่อมต่อกันเป็นแบบจำลองของอะตอมและโมเลกุล เป็นต้น

3. แบบจำลองที่เป็นสัญลักษณ์ (Iconic and Symbolic Models) คือ แบบจำลองที่มีลักษณะเป็นสัญลักษณ์ สูตรหรือสมการ มักใช้ในทางเคมีเพื่ออธิบายและสื่อออกมาเป็นแบบจำลอง เช่น แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์แทนด้วยสัญลักษณ์ CO_2 หรืออยู่ในรูป o-c-o เป็นต้น

4. แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ (Mathematical Models) คือ แบบจำลองที่แสดงความสัมพันธ์ทางมโนทัศน์ในองค์ประกอบและกระบวนการทางกายภาพ ซึ่งแสดงได้เป็นสมการและกราฟ เช่น กฎการเคลื่อนที่ข้อที่สองของนิวตันเขียนแทนได้เป็น $F = ma$ หรือกฎของบอยล์เขียนความสัมพันธ์ได้เป็น $k = PV$ เป็นต้น โดยแบบจำลองประเภทนี้มีความเป็นนามธรรม แม่นยำและทำนายได้มากที่สุดจากบรรดาแบบจำลองทั้งหมด และนักเรียนควรที่จะสามารถพูด หรือเขียนอธิบายจากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์นี้ได้ด้วย

5. แบบจำลองทางทฤษฎี (Theoretical Models) คือ แบบจำลองที่สร้างขึ้นบนพื้นฐานของลักษณะทางทฤษฎี เพื่อใช้ในการบรรยายและอธิบาย เช่น การเขียนเส้นแม่เหล็กไฟฟ้าเพื่อใช้แทนแรงและโฟตอน เป็นต้น

6. การใช้แผนที่แผนผังและตารางเป็นแบบจำลอง (Maps, Diagrams and Tables) เป็นแบบจำลองที่เป็นตัวแทนของแบบแผน เส้นทาง และความสัมพันธ์ที่นักเรียนสามารถ สังเกตและจำแนกได้โดยง่าย มีลักษณะเป็นสองมิติ เช่น ตารางธาตุ ผังต้นไม้แสดงวิวัฒนาการ แผนที่อากาศ แผนผังวงจรไฟฟ้า ระบบไหลเวียนโลหิต แผนผังแสดงห่วงโซ่อาหาร เป็นต้น

7. แบบจำลองเชิงมโนทัศน์และกระบวนการ (Concept-Process Models) เป็นแบบจำลองที่เน้นการอธิบายกระบวนการในมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ เช่น สมการรีดอกซ์และสมดุลทางเคมี การอธิบายการหักเหของแสง โดยวาดเป็นวงกลมเป็นในลักษณะแถวเรียงกัน เคลื่อนที่เปลี่ยนตัวกลางที่ต่างกัน เป็นต้น

8. สถานการณ์จำลอง (Simulations) เป็นแบบจำลองที่มีลักษณะเคลื่อนไหว โดยแสดงกระบวนการที่ซับซ้อนและยุ่งยากในการทำความเข้าใจ เช่น การแสดงเที่ยวบินของอากาศยานปฏิกิริยานิวเคลียร์ การเกิดภาวะโลกร้อน เป็นต้น โดยแบบจำลองนี้มีข้อดีที่ไม่เป็นอันตรายต่อชีวิตและทรัพย์สิน เนื่องจากเป็นสถานการณ์เสมือน

9. แบบจำลองทางความคิด (Mental Models) เป็นแบบจำลองของบุคคลที่เกิดจากกระบวนการทางสติปัญญา

10. แบบจำลองสังเคราะห์ (Synthetic Models) เป็นแบบจำลองที่นักเรียนสร้างขึ้นเมื่อเรียนจบบทเรียนทางวิทยาศาสตร์ เช่น นักเรียนเปรียบเทียบไข่กับชั้นอิเล็กตรอนที่สามารถช่วยปกป้องโครงสร้างของมันได้ เป็นต้น

Ornek (2006) ได้กล่าวถึงประเภทของแบบจำลองที่ใช้ในการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ โดยเฉพาะในวิชาฟิสิกส์ว่าสามารถแบ่งได้หลัก ๆ เป็น 2 ประเภท ได้แก่ 1) แบบจำลองทางความคิด (Mental Models) และ 2) แบบจำลองเชิงมโนทัศน์ (Conceptual Model) โดยแบบจำลองเชิงมโนทัศน์นี้แบ่งได้เป็น 4 ประเภท ได้แก่ แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ (Mathematical Models) แบบจำลองคอมพิวเตอร์ (Computer Models) แบบจำลองทางกายภาพ (Physical Models) และแบบจำลองทางฟิสิกส์ (Physics Models) โดยแสดงรายละเอียดของแบบจำลองแต่ละประเภท ดังนี้

1. แบบจำลองทางความคิด (Mental Models) คือ การเป็นตัวแทนทางจิตซึ่งเกิดขึ้นในความคิดของบุคคล เมื่อได้รับประสบการณ์และเกิดการสร้างความรู้ในปรากฏการณ์ที่พบเห็น

2. แบบจำลองเชิงมโนทัศน์ (Conceptual Model) คือ การเป็นตัวแทนทางภายนอกของวัตถุ ปรากฏการณ์ หรือสถานการณ์ที่ครูเป็นผู้สร้างขึ้นหรือนักวิทยาศาสตร์ใช้ในการช่วยทำความเข้าใจ หรือใช้ในการอธิบายปรากฏการณ์ และเป็นแบบจำลองที่เกิดจากการแลกเปลี่ยนความรู้ทางวิทยาศาสตร์ของบุคคลในสังคม

2.1 แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ (Mathematical Models) คือ การใช้ภาษาทางคณิตศาสตร์ เพื่อบรรยายหรือสรุปลักษณะที่สำคัญของปรากฏการณ์ในรูปแบบของสัญลักษณ์ สมการ และตัวเลข เช่น ถ้าต้องการแสดงแรงโน้มถ่วงของโลกที่กระทำต่อวัตถุที่กำลังตกลงมาจะแสดงด้วยความสัมพันธ์ $F = mg$ เป็นต้น

2.2 แบบจำลองคอมพิวเตอร์ (Computer Models) คือ โปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ใช้เพื่อจำลองเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นในระบบของปรากฏการณ์สร้างขึ้นจากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ เพื่อใช้วิเคราะห์หาคำตอบของปัญหา สามารถทำนายเหตุการณ์ของระบบที่ซับซ้อน จากตัวแปรและเงื่อนไขเริ่มต้นได้ โดยลักษณะของแบบจำลองคอมพิวเตอร์มีลักษณะการตัวแทนทางภายนอกได้หลายลักษณะ เช่น เป็นภาพสองมิติหรือสามมิติ แอนิเมชัน กราฟ เวกเตอร์ และตัวเลข เป็นต้น

2.3 แบบจำลองทางกายภาพ (Physical Models) คือ แบบจำลองของสถานการณ์จริงที่มีลักษณะจับต้องได้ โดยแสดงลักษณะทางกายภาพของระบบหรือวัตถุ เช่น แบบจำลองรถยนต์ แบบจำลองระบบสุริยะ เป็นต้น โดยแสดงขนาดที่จำลองจากสถานการณ์จริง

2.4 แบบจำลองทางฟิสิกส์ (Physics Models) คือ แบบจำลองที่มีลักษณะเป็นอุดมคติหรือเป็นสถานการณ์สมมติที่เน้นความสมบูรณ์เพื่อช่วยให้เข้าใจได้ง่ายขึ้น เช่น แบบจำลองของแก๊สที่เน้นให้มีรูปทรงกลมขนาดเล็ก โดยกำหนดว่าการชนกันของแก๊สนั้นเป็นการชนแบบยืดหยุ่นสมบูรณ์ เป็นต้น

นอกจากนี้ Gilbert, Boulter และ Elmer (2000) แบ่งแบบจำลองตามการเป็นตัวแทนของลักษณะที่สำคัญของแบบจำลองเป็น 5 ประเภท ดังนี้

1. แบบจำลองที่เป็นวัตถุ (Concrete model) เป็นการใช้วัสดุ 3 มิติ และทำจากวัสดุที่คงทน เช่น แบบจำลองระบบไหลเวียนเลือดของมนุษย์ที่ทำจากพลาสติกผสมสี

2. แบบจำลองที่เป็นภาษา (Verbal model) เป็นการพูดหรือการเขียนที่ประกอบการบรรยายเกี่ยวกับเอกลักษณ์และความสัมพันธ์กันระหว่างสิ่งที่แสดงแทน

3. แบบจำลองที่เป็นสัญลักษณ์ (Symbolic model) เป็นชุดของตัวเลขหรือตัวอักษรที่แสดงข้อตกลงทางคณิตศาสตร์หรือวิทยาศาสตร์ สมการเคมี เช่น กฎของแก๊ส

4. แบบจำลองที่เป็นภาพ (Visual model) เป็นการใช้กราฟ แผนผัง ภาพที่เป็น 2 มิติ และภาพเลื่อนไหว เช่น แผนผังแสดงโครงสร้างทางเคมี

5. แบบจำลองที่เป็นร่างกาย (Gestural model) เป็นการใช้ร่างกายหรือส่วนหนึ่งของร่างกายในการแสดง เช่น นักเรียนเคลื่อนที่เพื่อแสดงการเคลื่อนที่ของไอออนในระหว่างการเกิดปฏิกิริยาอิเล็กโทรไลต์

จากที่กล่าวมาข้างต้น แบบจำลองสามารถจำแนกได้หลายประเภท อาจจะจำแนกตามลักษณะที่ใช้ในการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เช่น แบบจำลองทางความคิด จำแนกตามวัตถุประสงค์และหน้าที่ของแบบจำลอง เช่น แบบจำลองมาตราส่วน จำแนกตามการเป็นตัวแทนของลักษณะที่สำคัญของแบบจำลอง เช่น แบบจำลองที่เป็นวัตถุ แบบจำลองที่เป็นภาษา และจำแนกตามการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์โดยเฉพาะในวิชาฟิสิกส์ แบ่งเป็น 2 ประเภท ได้แก่ 1) แบบจำลองทางความคิด (Mental Models) และ 2) แบบจำลองเชิงมโนทัศน์ ซึ่งในงานวิจัยนี้ใช้การแบ่งประเภทของ

แบบจำลองของ Ornek (2006) โดยเป็นประเภทของแบบจำลองที่ใช้ในการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์โดยเฉพาะในวิชาฟิสิกส์ เพราะเนื้อหาที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้เป็นเนื้อหาเรื่องงานและพลังงาน ซึ่งอยู่ในเนื้อหาวิชาฟิสิกส์

3. ลักษณะและข้อจำกัดของแบบจำลอง

Gilbert และ Ireton (2003) ได้อธิบายลักษณะสำคัญของแบบจำลองไว้ ดังนี้

1. ไม่เป็นของจริง (Artificial) เพราะแบบจำลองทุกชนิดเป็นสิ่งที่มนุษย์สร้างขึ้นไม่ได้เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ เพื่อใช้เป็นตัวแทนของสิ่งอื่น ๆ

2. ตระหนักถึงประโยชน์เป็นหลัก (Utilitarian) แบบจำลองถูกสร้างขึ้นเพื่อวัตถุประสงค์เฉพาะอย่าง เช่น แบบจำลองของลูกโลก ใช้ประโยชน์เพื่ออธิบายลักษณะทางภูมิศาสตร์ แต่จะไม่ใช่เพื่อศึกษากระบวนการทางธรณีวิทยา เป็นต้น

3. ง่าย (Simplified) แบบจำลองที่ถูกสร้างขึ้นต้องมีกระบวนการสร้างแบบง่าย ๆ ไม่ซับซ้อน มีข้อมูลหรือรายละเอียดน้อยกว่าเป้าหมาย

4. ต้องอาศัยการแปลความหมาย (Interpreted) แบบจำลองทุกชนิดจะต้องแปลความหมายเพื่อทำความเข้าใจสิ่งที่เป็นเป้าหมาย การแปลความหมายนั้นจะมีความยากง่ายแตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับประเภทของแบบจำลอง

5. ไม่สมบูรณ์แบบ (Imperfect) แบบจำลองทุกชนิดไม่มีความสมบูรณ์ในการเป็นตัวแทนของเป้าหมาย เนื่องจากมีเฉพาะเป้าหมายเท่านั้นที่ถือว่าสมบูรณ์ที่สุด

Schwarz (2006) ได้อธิบายลักษณะสำคัญของแบบจำลองไว้ ดังนี้

1. แบบจำลองสามารถเป็นตัวแทนของกระบวนการหรือลักษณะที่ไม่สามารถมองเห็นได้และไม่สามารถเข้าถึงได้

2. แบบจำลองที่แตกต่างกันสามารถใช้ประโยชน์ได้แตกต่างกัน

3. แบบจำลองสามารถเป็นตัวแทนของสิ่งที่มีข้อจำกัดในการแสดงเกี่ยวกับปรากฏการณ์ธรรมชาติ

4. แบบจำลองมีรูปแบบที่หลากหลาย เช่น แผนภาพ โมเดลวัตถุ สถานการณ์จำลอง

ชาตรี ฝ่ายคำตา (2558) ได้อธิบายลักษณะของแบบจำลองไว้ ดังนี้

1. แบบจำลองมีความสัมพันธ์กับเป้าหมาย (Target) ซึ่งเป้าหมายนั้นอาจเป็นสิ่งของปรากฏการณ์ เหตุการณ์ กระบวนการ ระบบ ข้อเท็จจริง แนวคิด ทฤษฎี กฎ และแบบจำลองถูกออกแบบมาเพื่อวัตถุประสงค์เฉพาะ

2. แบบจำลองใช้ในการเปรียบเทียบเพื่อให้เห็นความชัดเจนของเป้าหมายและการเปรียบเทียบทำให้นักวิทยาศาสตร์สามารถเข้าถึงแบบจำลองได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งการตั้งสมมติฐานจากแบบจำลองเพื่อทำนายผล

3. แบบจำลองมีความแตกต่างจากเป้าหมาย ซึ่งทำให้แบบจำลองสามารถใช้ได้ง่ายกว่า เช่น หากเป้าหมายมีขนาดเล็กและซับซ้อน เช่น อะตอม นักวิทยาศาสตร์สร้างแบบจำลองอะตอมขึ้น หรือถ้าเป้าหมายมีขนาดใหญ่เกินไป เช่น ระบบสุริยะจักรวาล นักวิทยาศาสตร์ที่สร้างแบบจำลองของ ระบบสุริยะจักรวาล

4. แบบจำลองสามารถอธิบายและทำนายปรากฏการณ์ทางธรรมชาติได้

5. แบบจำลองสามารถถูกปรับปรุงให้ดีขึ้นได้

6. แบบจำลองอาจแสดงลักษณะของปรากฏการณ์หรือวัตถุทั้งหมด เช่น ภาพวาดของหลอดทดลอง

7. แบบจำลองอาจแสดงเพียงบางส่วนของปรากฏการณ์หรือวัตถุ เช่น ภาพวาดปฏิกิริยาที่ เกิดขึ้นในหลอดทดลอง

8. แบบจำลองอาจมีขนาดเล็กหรือใหญ่กว่าของจริงก็ได้ เช่น แบบจำลองไวรัส

9. แบบจำลองบางชนิดจะแสดงตัวแทนของสิ่งที่เป็นนามธรรมหรือเอกลักษณ์ เช่น การแสดง เส้นการไหลของพลังงาน การแสดงเวกเตอร์ของแรง

10. แบบจำลองสามารถแสดงทั้งสิ่งที่เป็นรูปธรรมและนามธรรมในแบบจำลองเดียวกัน เช่น แสดงแรงผลักต่อโต๊ะเรียน

11. แบบจำลองสามารถแสดงแทนระบบหรือลำดับของเอกลักษณ์ของสิ่งต่าง ๆ ที่มีความสัมพันธ์กัน เช่น แบบจำลองอะตอมของคาร์บอนในเพชร

12. แบบจำลองสามารถแสดงแทนเหตุการณ์ ช่วงการเกิดพฤติกรรมของระบบหรือบางสิ่ง บางอย่าง เช่น แบบจำลองแสดงการเคลื่อนที่ของไอออนผ่านเยื่อเลือกผ่าน

13. แบบจำลองสามารถแสดงกระบวนการที่มีเพียงหนึ่งองค์ประกอบหรือมากกว่า เช่น แบบจำลองเครื่องเปลี่ยนตัวเร่งปฏิกิริยาของสารประกอบไฮโดรคาร์บอน

สรุปได้ว่า แบบจำลองมีรูปแบบที่หลากหลายแต่ก็มีลักษณะและข้อจำกัด ซึ่งแบบจำลองเป็นสิ่งที่มนุษย์สร้างขึ้นเพื่อวัตถุประสงค์เฉพาะ แบบจำลองทุกชนิดต้องมีความหมายเพื่อทำความเข้าใจในสิ่งที่เป็นเป้าหมายหรือปรากฏการณ์นั้น แบบจำลองสามารถแสดงทั้งสิ่งที่เป็นรูปธรรมและนามธรรมในแบบจำลองเดียวกันได้ แบบจำลองสามารถปรับปรุงให้ดีขึ้นได้ แบบจำลองมีรูปแบบที่หลายหลายซึ่งอาจมีขนาดเล็กหรือใหญ่กว่าของจริงและแบบจำลองก็อาจมีข้อจำกัดบางประการ เช่น ไม่เป็นของจริง (artificial) เพราะแบบจำลองทุกชนิดเป็นสิ่งที่มนุษย์สร้างขึ้น ไม่ได้เกิดขึ้น เองตามธรรมชาติ เพื่อใช้เป็นตัวแทนของสิ่งอื่น ๆ

4. ความหมายของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

นักวิชาการศึกษาหลายท่านได้ให้ความหมายของการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานไว้ต่าง ๆ ดังนี้

Gilbert, Cavallo และ Marek (2000) ได้ให้ความหมายของกระบวนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ แบบจำลองเป็นฐานว่า เป็นกระบวนการเรียนรู้โดยให้นักเรียนได้คิดหาแบบจำลองเพื่อนำมาอธิบายปรากฏการณ์ทางธรรมชาติ และทำการประเมินแบบจำลองที่สร้างขึ้น รู้จักปรับปรุงแบบจำลองหาก ไม่สามารถอธิบายผลการศึกษาได้

Vygotsky (1987 อ้างอิงมาจาก Chiu, Chou and Liu, 2002) ได้ให้ความหมายของการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานว่า เป็นทฤษฎีที่มีการสร้างโมเดลขึ้นในการเรียนการสอนเพื่อพัฒนาความคิดของผู้เรียนโดยในการเรียนการสอนนั้นจะมีปฏิสัมพันธ์เกิดขึ้นด้วย ทั้งระหว่างครูกับนักเรียน และนักเรียนกับนักเรียน

Buckley และคณะ (2004 อ้างอิงมาจาก Gobert and Buckley, 2000) กล่าวว่า การเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน หมายถึง กระบวนการในการทำความเข้าใจและอธิบายปรากฏการณ์ต่าง ๆ โดยผ่านการสร้างและปรับปรุงแบบจำลองของปรากฏการณ์นั้นอย่างต่อเนื่อง

จากความหมายของนักวิชาการที่ได้กล่าวมา สรุปได้ว่า การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานเป็นการจัดกิจกรรมการสอนโดยเน้นให้ผู้เรียนสร้างแบบจำลอง เพื่อนำมาอธิบายปรากฏการณ์ทางธรรมชาติ และทำการประเมินแบบจำลองที่สร้างขึ้น รู้จักปรับปรุงแบบจำลองหากไม่สามารถอธิบายผลการศึกษาได้ แล้วแสดงออกเป็นแบบจำลองทางความคิดของตนเองในรูปแบบภาษา สัญลักษณ์ และรูปวาด และนำแบบจำลองนั้นมาประเมินเพื่อตรวจสอบ แก้ไข และปรับปรุงให้ดียิ่งขึ้น ผ่านการ มีปฏิสัมพันธ์ร่วมกันระหว่างครูและนักเรียน และเพื่อนร่วมชั้นเรียน

5. ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

การเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานเป็นการจัดการเรียนรู้ที่เน้นให้นักเรียนได้สร้างและปรับปรุงแบบจำลองเพื่อทำความเข้าใจและอธิบายปรากฏการณ์ต่าง ๆ ที่ศึกษาโดยมีนักการศึกษาหลายท่านที่กล่าวถึงกรอบแนวคิดและขั้นตอนในการจัดการเรียนการรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ดังรายละเอียดต่อไปนี้

Gobert และ Buckley (2000) ได้อธิบายการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองไว้ดังนี้

1. นักเรียนสร้างแบบจำลองทางความคิดเกี่ยวกับปรากฏการณ์ที่ศึกษา

2. ครูประเมินและทบทวนแนวคิดหรือเนื้อหาที่นักเรียนจำเป็นจะต้องใช้ในการสร้างแบบจำลอง ในขั้นนี้ครูจึงทำได้เพียงสรุปอ้างอิงแบบจำลองทางความคิดของนักเรียนจากเหตุผลที่นักเรียนใช้ในการอธิบาย

3. นักเรียนลงมือสร้างแบบจำลอง โดยการรวบรวมข้อมูลต่าง ๆ เข้าด้วยกัน ทั้งข้อมูลเกี่ยวกับโครงสร้าง หน้าที่การทำงาน พฤติกรรม และสาเหตุการเกิดขึ้นของปรากฏการณ์

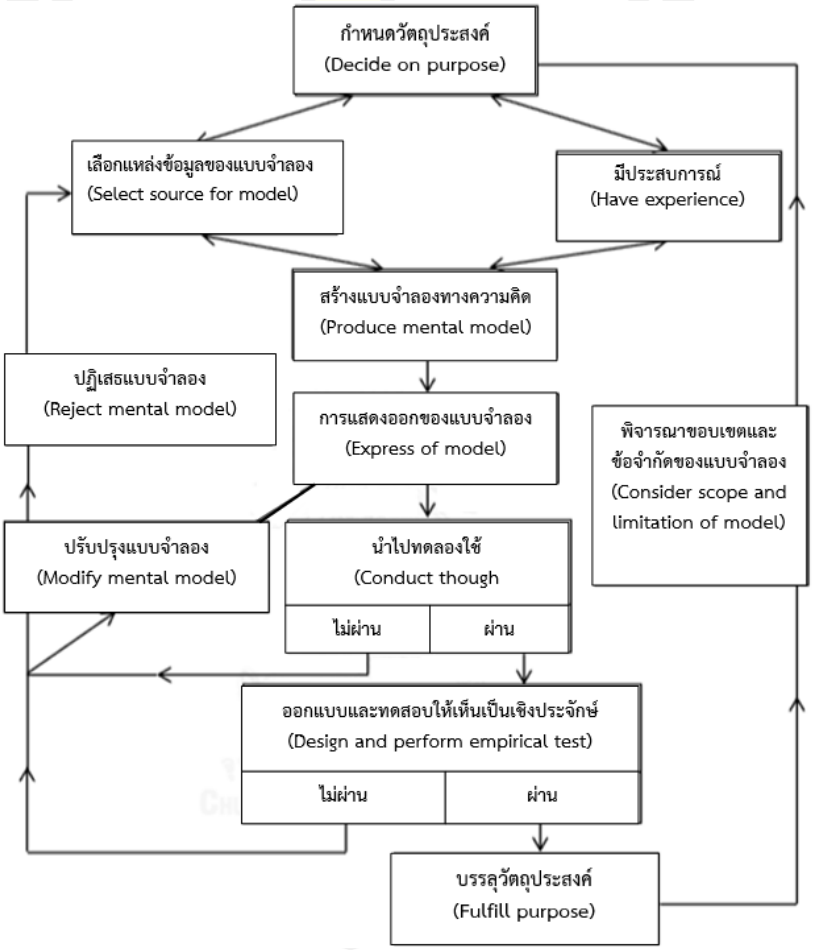
นั้น ๆ เขียนเป็นแผนผังแนวคิด (Concept mapping) โดยเปรียบเทียบจากปรากฏการณ์ที่คล้ายคลึงที่นักเรียนทราบ จากนั้นตรวจสอบข้อมูลแล้วจึงลงมือสร้างแบบจำลอง

4. นำแบบจำลองไปใช้และประเมิน หากแบบจำลองใช้อธิบายปรากฏการณ์ที่ศึกษาได้ไม่ดีพอ นักเรียนต้องนำกลับไปปรับปรุง

5. การปรับปรุง (Revision) และแก้ไขแบบจำลอง เพื่อให้สามารถอธิบายปรากฏการณ์ที่ศึกษาได้ดียิ่งขึ้น

6. ขั้นขยายแบบจำลอง (Elaboration) ในขั้นตอนนี้นักเรียนอาจจะนำแบบจำลองเดิมไปสร้างเพิ่มเติม หรือนำไปรวมกับแบบจำลองอื่นเพื่อขยายแนวคิดให้กว้างขึ้น

Justi และ Gilbert (2002) ได้เสนอกรอบแนวคิดของแบบจำลองและการสร้างแบบจำลองไว้ดังแสดงในภาพประกอบ 1



ที่มา : Justi and Gilbert (2002)

ภาพประกอบ 1 กรอบแนวคิดของแบบจำลองและการสร้างแบบจำลอง

1. ขั้นสร้างแบบจำลองทางความคิด (Produce mental model) ผู้สอนจัดกิจกรรมการเรียนรู้เพื่อให้นักเรียนสร้างแบบจำลองทางความคิดเกี่ยวกับปรากฏการณ์ที่ศึกษา โดยนักเรียนรวบรวมข้อมูลต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับปรากฏการณ์นั้น ๆ เข้าด้วยกัน จากนั้นทำการตรวจสอบข้อมูลแล้วจึงลงมือสร้างแบบจำลอง

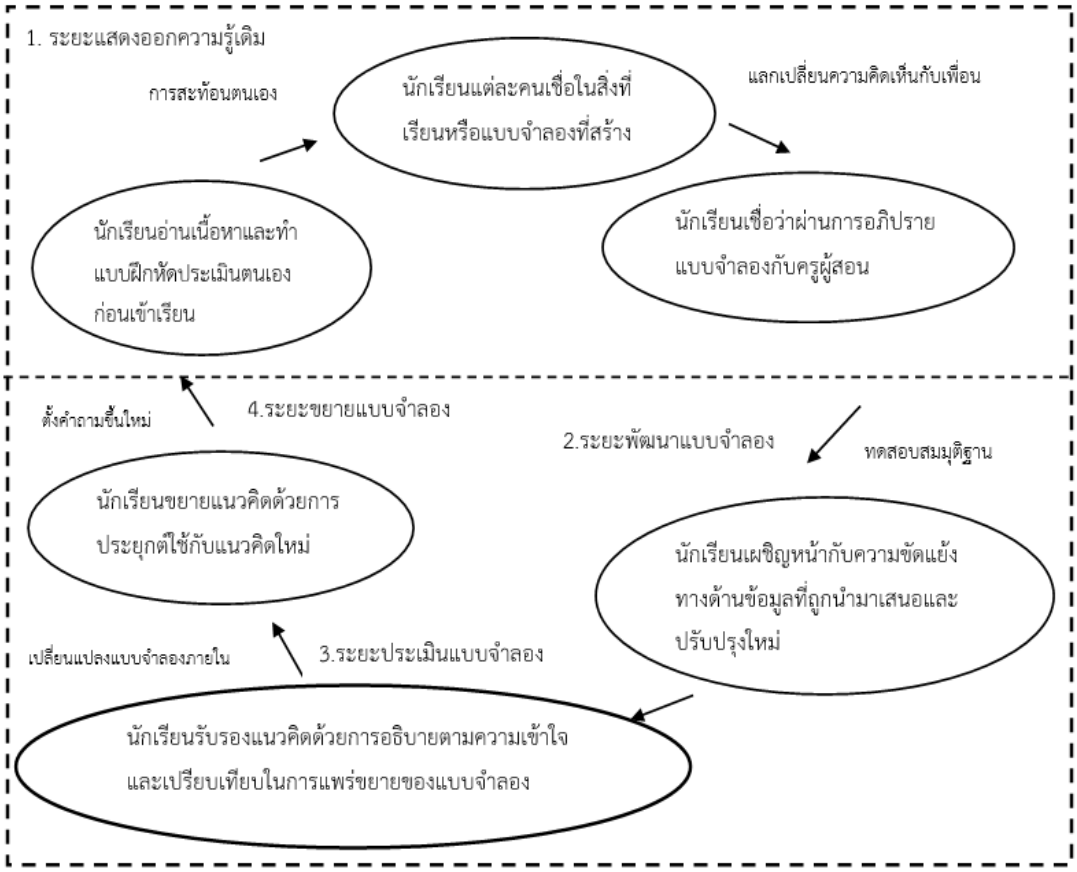
2. ขั้นแสดงออกแบบจำลอง (Express model) นักเรียนแสดงออกแบบจำลองที่สร้างขึ้นในรูปแบบต่าง ๆ เช่น สิ่งที่เป็นรูปธรรม ภาษา คำพูด สัญลักษณ์ รูปภาพ เป็นต้น เพื่อสื่อสารให้ผู้อื่นได้รับรู้

3. ขั้นทดสอบแบบจำลอง (Test model) นักเรียนนำแบบจำลองที่ผ่านการแสดงออกแล้วไปใช้เพื่ออธิบายปรากฏการณ์ที่ศึกษา

4. ขั้นประเมินแบบจำลอง (Evaluate model) นักเรียนร่วมกันประเมินแบบจำลองหลังจากการทดสอบ ซึ่งอาจพบว่าแบบจำลองนั้นอาจถูกปฏิเสธเนื่องจากไม่สามารถใช้อธิบายปรากฏการณ์ที่ศึกษาได้ นักเรียนต้องกลับไปสร้างแบบจำลองใหม่ หรือถ้าพบว่าสามารถใช้อธิบายปรากฏการณ์ที่ศึกษาได้แต่ไม่ดีพอ นักเรียนต้องปรับปรุงและแก้ไขแบบจำลอง เพื่อให้สามารถอธิบายปรากฏการณ์ที่ศึกษาได้ดีขึ้น

5. ขั้นขยายแบบจำลอง (Elaborate model) นักเรียนนำแบบจำลองเดิมไปสร้างเพิ่มเติม หรือ นำไปรวมกับแบบจำลองอื่นเพื่อขยายแนวคิดให้กว้างขึ้น

Steer (2005) ได้ใช้รูปแบบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานมาช่วยให้นักเรียนเกิดการปรับเปลี่ยนมโนทัศน์ได้เป็น 4 ระยะตามลำดับ แสดงรายละเอียดดังภาพดังนี้



ที่มา : Steer (2005)

ภาพประกอบ 2 รูปแบบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

1. ระยะแสดงความรู้เดิม (Address Preconception Phase) นักเรียนควรจะสร้างแบบจำลองเบื้องต้นเกี่ยวกับมโนมติที่ศึกษา และแลกเปลี่ยนความคิดเห็นของพวกเขาเกี่ยวกับการสร้างและความถูกต้องของแบบจำลอง

2. ระยะพัฒนาแบบจำลอง (Model Development Phase) สนับสนุนและให้ข้อมูลที่ขัดแย้งกันในการนำเสนองานของนักเรียน เพื่อต้องการให้นักเรียนประเมินและปรับปรุงแบบจำลองของพวกเขา แนวทางในการแก้ไขแบบจำลองกลายเป็นเครื่องมือการประเมินหลักที่ใช้ในการส่งเสริมการเรียนรู้ แบบจำลองที่พัฒนาโดยครูผู้สอนจะถูกใช้เพื่อตรวจสอบ (หรืออภิปรายเกี่ยวกับข้อจำกัด) ในแบบจำลองของนักเรียน

3. ระยะประเมินแบบจำลอง (Validation Phase) ขั้นตอนในการตรวจสอบยังเกี่ยวข้องกับทฤษฎีการรู้คิดที่ใช้ในการทำงาน เพื่อเปรียบเทียบและหาข้อแตกต่างของแนวความคิด (เช่น นักเรียน) แบบจำลองเหล่านี้ได้รับการพัฒนาโดยครูผู้สอนที่มีความรู้ความสามารถ

4. ระยะขยายแบบจำลอง (Model Extension phase) ความรู้ที่ได้จากขั้นตอนการสร้างแบบจำและกระบวนการของแนวคิด วงจรนี้ยังคงต่อเนื่องและนักเรียนเหล่านี้จะมีการใช้แบบจำลองทางความคิดใหม่และปรับปรุงแนวคิดในหลักสูตร

Oh และ Oh (2011) ได้สรุปลักษณะของแบบจำลองและการใช้แบบจำลองในห้องเรียนวิทยาศาสตร์ ดังแสดงในตาราง 2

ตาราง 2 ลักษณะของแบบจำลองและการใช้แบบจำลองในห้องเรียนวิทยาศาสตร์

ความหมายของแบบจำลอง	- แบบจำลองเป็นตัวแทนของเป้าหมาย - แบบจำลองทำหน้าที่เป็นสะพานหรือสื่อกลางในการเชื่อมโยงทฤษฎีกับปรากฏการณ์
จุดประสงค์ของแบบจำลอง	- แบบจำลองมีบทบาทในการบรรยาย อธิบาย และทำนายปรากฏการณ์ธรรมชาติและสื่อสารความคิดทางวิทยาศาสตร์ให้ผู้อื่น - บทบาทการทำงานของแบบจำลองจะอำนวยความสะดวกโดยการแสดงแบบจำลองกับทรัพยากรเชิงสัญลักษณ์ที่ไม่ใช่ภาษา โดยใช้การเปรียบเทียบ ใช้การคิดและการจำลองภายนอก
ความหลากหลายของแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์	- ความหลากหลายของแบบจำลองสามารถที่จะพัฒนาเพื่อการศึกษาเป้าหมายเดียวกัน เพราะนักวิทยาศาสตร์อาจจะมีความคิดแตกต่างกันในเป้าหมาย มีวิธีการทำงานเหมือนกัน มีความหลากหลายของทรัพยากรและเครื่องหมายสำหรับการสร้างแบบจำลอง - แบบจำลองแต่ละแบบมีข้อจำกัด เพราะสามารถเป็นตัวแทนที่เฉพาะเจาะจงในแง่มุมหนึ่งของเป้าหมาย และแบบจำลองที่แตกต่างกันอาจจะมีความจำเป็นในการเติมเต็มคำอธิบายให้สมบูรณ์
การเปลี่ยนแปลงแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์	- แบบจำลองจะถูกทดสอบเชิงประจักษ์ และสามารถเปลี่ยนแปลงให้สอดคล้องกับการพัฒนาความรู้ทางวิทยาศาสตร์
การใช้แบบจำลองในห้องเรียนวิทยาศาสตร์	- ในห้องเรียน ครูสามารถใช้ประโยชน์จากแบบจำลองในการแสดงให้เห็นถึงการทำงานและอธิบายความรู้วิทยาศาสตร์ที่มีความซับซ้อน - นักเรียนควรจะมีโอกาสที่จะมีส่วนร่วมในกิจกรรมการสร้างแบบจำลองที่มีความหลากหลาย เช่น การสำรวจ การแสดงออก การสร้าง การประยุกต์ใช้ และการแก้ไขแบบจำลอง

Campbell และคณะ (2015) เสนอวิธีการสอนโดยใช้แบบจำลองสำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษา ดังนี้

1. การสร้างแบบจำลองเพื่อการสำรวจ (Exploratory modeling) ให้นักเรียนสำรวจตรวจสอบคุณสมบัติของแบบจำลองที่มีอยู่ก่อน โดยการเข้าไปมีส่วนร่วมกับแบบจำลอง เช่น การเปลี่ยนแปลงตัวแปร และการสังเกตผลกระทบ

2. การสร้างแบบจำลองเพื่อการแสดงออก (Expressive modeling) ให้นักเรียนแสดงความคิดของตนเองในการบรรยายหรืออธิบายปรากฏการณ์ โดยสร้างแบบจำลองใหม่หรือใช้แบบจำลองที่มีอยู่เดิม

3. การสร้างแบบจำลองเพื่อการทดลอง (Experimental modeling) ให้นักเรียนตั้งสมมติฐานและการคาดการณ์จากแบบจำลองและทดสอบแบบจำลองผ่านการทดลองกับปรากฏการณ์

4. การสร้างแบบจำลองเพื่อการประเมิน (Evaluative modeling) ให้นักเรียนเปรียบเทียบแบบจำลองทางเลือกที่อยู่ในปรากฏการณ์หรือปัญหาเดียวกัน ประเมินข้อดีและข้อจำกัดและเลือกแบบจำลองที่เหมาะสมที่สุดในการอธิบายปรากฏการณ์หรือแก้ไขปัญหา

5. การสร้างแบบจำลองเป็นวัฏจักร (Cyclic modeling) ให้นักเรียนมีส่วนร่วมอย่างต่อเนื่องในกระบวนการพัฒนา ประเมิน และปรับปรุงแบบจำลอง เพื่อให้ได้แบบจำลองที่ค่อนข้างสมบูรณ์

ชาตรี ฝ่ายคำตา (2558) ได้เสนอการจัดการเรียนการสอนโดยใช้แบบจำลอง ดังนี้

1. การสร้างแบบจำลอง (Generating model) ครูเปิดโอกาสให้นักเรียนแสดงแบบจำลองทางความคิดออกมาให้มากที่สุด โดยใช้คำถามหรือกิจกรรมที่เร้าความสนใจนักเรียนเพื่อกระตุ้นให้นักเรียนสังเกตและสร้างแบบจำลองขึ้นมา เพื่ออธิบายปรากฏการณ์ทางธรรมชาติ อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร ให้นักเรียนทำนายผลของการปฏิบัติและการอธิบายเหตุผลการทำนาย

2. การประเมินแบบจำลอง (Evaluating model) ครูกระตุ้นให้นักเรียนได้ประเมินความสอดคล้องของแบบจำลองที่นักเรียนสร้างขึ้นกับหลักฐานที่เป็นข้อมูลเชิงประจักษ์ ขั้นนี้ควรฝึกให้นักเรียนได้ออกแบบการทดลอง ดำเนินการทดลองหรือศึกษาค้นคว้าเพื่อรวบรวมข้อมูลเชิงประจักษ์ นักเรียนต้องตรวจสอบดูว่าแบบจำลองของตนนั้นมีความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์หรือไม่ เพียงใด และแบบจำลองของตนสามารถใช้อธิบายปรากฏการณ์ได้อย่างกว้างขวางเพียงใด

3. การดัดแปลงแก้ไขแบบจำลอง (Modifying model) ขั้นนี้นักเรียนจะมีการดัดแปลงแก้ไข แบบจำลองเพิ่มเติมจนกระทั่งแบบจำลองนั้นสามารถอธิบายข้อมูลได้อย่างถูกต้อง

โดยนักเรียนอาจจะเปรียบเทียบแบบจำลองของกลุ่มเพื่อนที่สร้างขึ้นและรวมแบบจำลองของกลุ่มเข้าด้วยกันเพื่อสร้าง เป็นแบบจำลองมติของกลุ่ม

4. การขยายแบบจำลอง (Elaborating model) นักเรียนจะใช้แบบจำลองที่ผ่านการแก้ไขแล้วมาอธิบายและทำนายปรากฏการณ์หรือสถานการณ์อื่น ๆ ซึ่งจะทำให้นักเรียนเข้าใจแบบจำลองที่ตนเองสร้างและได้เรียนรู้ว่าแบบจำลองสามารถอธิบายหรือทำนายปรากฏการณ์อื่นได้หรือไม่

สำหรับงานวิจัยในครั้งนี้ผู้วิจัยได้นำรูปแบบการ จัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานตามกรอบแนวคิดของ Justi และ Gilbert (2002) มาปรับขั้นตอน เพื่อให้เหมาะสมกับบริบทและเนื้อหาที่ใช้ในการวิจัย ซึ่งการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ แบบจำลองเป็นฐาน ประกอบด้วย 5 ขั้นตอน ดังรายละเอียดต่อไปนี้

ขั้นที่ 1 ขั้นสร้างแบบจำลองทางความคิด (Produce mental model) นักเรียนจะถูกกระตุ้นให้สร้างแบบจำลองทางความคิดเกี่ยวกับปรากฏการณ์ที่ศึกษา โดยนักเรียนรวบรวมข้อมูลต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับปรากฏการณ์นั้น ๆ เข้าด้วยกัน จากนั้นทำการตรวจสอบข้อมูลแล้วจึงลงมือสร้างแบบจำลอง โดยในขั้นตอนนี้ครูอาจจะใช้คำถามหรือใช้สถานการณ์ในการกระตุ้นนักเรียนสร้างแบบจำลองทางความคิดของตนเองออกมา

ขั้นที่ 2 ขั้นแสดงออกแบบจำลอง (Express model) ครูกระตุ้นให้นักเรียนรวบรวมข้อมูลต่าง ๆ ที่เป็นความรู้หรือประสบการณ์เดิมและข้อมูลใหม่ที่ได้รับเข้าด้วยกัน จากนั้นนำข้อมูลมาวิเคราะห์แล้วลงมือสร้างแบบจำลองที่เป็นตัวแทนของปรากฏการณ์ นักเรียนอาจแสดงออกถึงแบบจำลองที่สร้างขึ้นในรูปแบบต่าง ๆ เช่น สิ่งที่เป็นรูปธรรม ข้อความ แนวคิด สัญลักษณ์ รูปภาพ เป็นต้น เพื่อสื่อสารให้ผู้อื่นได้รับรู้

ขั้นที่ 3 ขั้นทดสอบแบบจำลอง (Test model) ครูเปิดโอกาสให้นักเรียนได้นำแบบจำลองที่สร้างขึ้นไปทดสอบและอธิบายปรากฏการณ์ที่ศึกษา หลังจากนั้นครูเพิ่มพูนแบบจำลองของนักเรียนโดยใช้คำถาม หรือกิจกรรมที่เร้าความสนใจที่ให้นักเรียนได้สังเกตแบบจำลองของตนเอง ซึ่งในขั้นนี้ครูทบทวนความรู้เดิมของนักเรียนว่า แบบจำลองที่สร้างขึ้นสามารถอธิบายแนวคิดที่เป็นปรากฏการณ์ที่ศึกษานั้นได้หรือไม่

ขั้นที่ 4 ขั้นประเมินแบบจำลอง (Evaluate model) นักเรียนประเมินว่าแบบจำลองที่สร้างขึ้นสามารถอธิบายแนวคิดที่เป็นปรากฏการณ์ที่ศึกษานั้นได้หรือไม่หรือมีความเหมาะสมเพียงใด หากนักเรียนพบว่าแบบจำลองที่สร้างขึ้นไม่สามารถอธิบายปรากฏการณ์ได้ นักเรียนสามารถปรับปรุงแก้ไขแบบจำลองของนักเรียนได้ โดยให้นักเรียนและเพื่อนประเมินแบบจำลองร่วมกันเพื่อหาข้อสรุปว่าแบบจำลองที่ถูกสร้างขึ้นมานี้ถูกต้องและเหมาะสมหรือไม่ ในขณะที่ทำการประเมินแบบจำลอง ครูฝึกเรื่องการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ โดยใช้ข้อสรุปและ

หลักฐานทางวิทยาศาสตร์ที่ได้จากการตรวจสอบหรือทดลองในขั้นทดสอบแบบจำลองมาประเมินร่วมกันสร้างเป็นแบบจำลองที่มีความถูกต้องเหมาะสมและมีเหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ที่สอดคล้องกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์

ขั้นที่ 5 ขั้นขยายแบบจำลอง (Elaborate model) นักเรียนสามารถนำแบบจำลองปรับปรุงแล้วไปสร้างเพิ่มเติมหรือนำไปรวมกับแบบจำลองอื่นเพื่อขยายแนวคิดให้กว้างขึ้น

6. บทบาทของครูในการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

ชาตรี ฝ่ายคำตา และภรทิพย์ สุภัทรชัยวงศ์ (2557) ได้กล่าวว่า ในกระบวนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ครูมีบทบาทสำคัญที่จะต้องวางแผนรูปแบบการจัดการเรียนการสอนให้สอดคล้องกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน และมีบทบาทขณะจัดการเรียนการสอน ดังต่อไปนี้

1. เริ่มต้นบทเรียนด้วยแนวคิดที่ง่าย ไม่ซับซ้อน สร้างประเด็นปัญหาที่กระตุ้นให้นักเรียนเกิดความสนใจ เพื่อเปิดโอกาสให้นักเรียนได้คิดและสะท้อนความคิดเห็นของตนเองออกมาโดยสื่อสารได้หลากหลายช่องทาง เช่น คำพูด ภาพวาด เป็นต้น

2. ล้วงแบบจำลองทางความคิดเดิมรองนักเรียน เพื่อนำข้อมูลไปเชื่อมต่อในกระบวนการจัดการเรียนการสอนขั้นต่อไป อาจทำโดยการสัมภาษณ์สั้น ๆ หรือมีการสาธิตเหตุการณ์ที่นักเรียนคุ้นเคย แล้วอภิปรายเกี่ยวกับเหตุการณ์ดังกล่าว

3. ส่งเสริมกระบวนการเรียนรู้เพื่อให้นักเรียนพัฒนาแบบจำลองแนวคิด โดยการถามนักเรียนเพื่อหาความสัมพันธ์แนวคิดในส่วนต่าง ๆ หรือมีการวาดภาพเพื่อแสดงการเปรียบเทียบ

4. ส่งเสริมให้นักเรียนปรับแบบจำลองแนวคิดให้เป็นรูปธรรมมากขึ้น

5. ระหว่างการจัดการเรียนรู้ครูควรแสดงความคิดเห็นและสาธิตการเรียนรู้การแก้ปัญหาให้นักเรียนได้เห็นและมีการสนับสนุนให้นักเรียนแสดงปัญหาในหลาย ๆ รูปแบบ เช่น การเขียน วาดรูป แสดงความสัมพันธ์บางสิ่งทางคณิตศาสตร์

6. ให้นักเรียนแสดงบทบาทเป็นครู โดยแสดงการสอนหรือถ่ายทอดแนวคิดให้เพื่อร่วมชั้นได้เข้าใจแบบจำลองแนวคิดของตน

7. ถามนักเรียนด้วยคำถามที่ว่า ใคร ทำอะไร เมื่อไหร่ ที่ไหน ทำไม และอย่างไร เพื่อให้นักเรียนได้แสดงความคิดเห็นออกมาไม่ว่าจะเป็นคำตอบที่ถูกหรือผิด พร้อมทั้งถามต่อไปว่าทำไมถึงคิดเช่นนั้น ให้นักเรียนได้อธิบายแบบจำลองแนวคิดรวมถึงปัญหาที่เกิดขึ้นและคำตอบด้วยภาษาของนักเรียนเอง

8. กระตุ้นให้นักเรียนได้ตั้งคำถามเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ด้วยตัวนักเรียนเองฝึกสร้างสมมติฐาน ค้นหาคำตอบ และนำความรู้ไปใช้ในชีวิตจริง ให้นักเรียนสามารถเชื่อมโยงบทเรียนเข้าสู่ชีวิตประจำวันได้

9. ใช้คำถามเพื่อกระตุ้นให้นักเรียนประเมินแบบจำลอง เช่น ลักษณะสำคัญของแบบจำลองนี้คืออะไร จงอธิบายว่าทำไมนักเรียนถึงใช้แบบจำลองนี้ แบบจำลองนี้มีประโยชน์อย่างไร นักเรียนคิดว่าควรมีอะไรหรือไม่ที่จะเพิ่มเข้าไปในแบบจำลองนี้ แม้กระทั้งนักเรียนอาจตอบคำถามนี้ได้ เช่น ฉันเปลี่ยนแบบจำลองเดิมตรง....เพราะว่ามันไม่สามารถอธิบาย.....ได้

จากการศึกษาบทบาทของครูในการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน พบว่า หน้าที่ของครูผู้สอนระหว่างการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานจะต้องมีลักษณะที่เป็นเสมือนผู้สนับสนุนและกระตุ้นให้นักเรียนแสดงความคิดเห็นออกมา ในเชิงวิทยาศาสตร์ควรเริ่มต้นบทเรียนด้วยแนวคิดที่ง่าย ไม่ซับซ้อน สร้างประเด็นปัญหาที่กระตุ้นให้นักเรียนเกิดความสนใจเพื่อเปิดโอกาสให้นักเรียนได้คิดและสะท้อนความคิดเห็นของตนเองออกมา โดยสื่อสารได้หลากหลายช่องทาง เช่น คำพูด ภาพวาด โดยอาจจะตั้งคำถามให้นักเรียนอธิบายแบบจำลองที่นักเรียนสร้างขึ้นโดยใช้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์มาอ้างอิง กระตุ้นให้นักเรียนแสดงความคิดเห็นออกมาในรูปแบบรูปธรรมมากที่สุด กระตุ้นให้นักเรียนได้แย้งร่วมกันโดยใช้เหตุและผลทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งบทบาทของครูผู้สอนในการจัดการเรียนการสอนรูปแบบนี้จะเป็นผู้ที่คอยเป็นผู้สนับสนุนให้นักเรียน เกิดการเรียนรู้ด้วยตัวนักเรียนเอง

ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

1. ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเป็นคุณลักษณะที่ประเมินเกี่ยวกับความรู้ ความสามารถของบุคคลที่เปลี่ยนแปลงพฤติกรรมด้านต่าง ๆ จากการได้รับมวลประสบการณ์ซึ่งเป็นผลมาจากการเรียนรู้ มีผู้กล่าวถึง ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนไว้ ดังนี้

กู๊ด (Good, 1973) ได้ให้ความหมายว่า เป็นความรู้หรือทักษะอันเกิดจากการเรียนรู้ที่ได้เรียนมาแล้วที่ได้จากผลการสอนของครูผู้สอน ซึ่งอาจพิจารณาจากคะแนนสอบที่กำหนดให้ คะแนน ที่ได้จากงานที่ครูมอบหมายให้หรือทั้งสองอย่าง

พวงรัตน์ ทวีรัตน์ (2540) ได้ให้ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนไว้ว่า เป็นแบบทดสอบที่มุ่งทดสอบความรู้ ทักษะ สมรรถภาพสมองด้านต่าง ๆ ของผู้เรียนว่าหลังการเรียนรู้เรื่องนั้น ๆ แล้วผู้เรียนมีความรู้ความสามารถในวิชาที่เรียนมากน้อยเพียงใด มีพฤติกรรมเปลี่ยนแปลงไปจาก เดิมตามความมุ่งหมายของหลักสูตรในวิชานั้น ๆ เพียงใด

เยาวดี วิบูลย์ศรี (2545) กล่าวว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง เป็นแบบทดสอบที่สร้างขึ้นมาเพื่อใช้ในการวัดผลการเรียนหรือการสอน หรือแบบทดสอบมาตรฐานที่ใช้สำหรับวัดทักษะหรือความรู้ที่เรียนมาเพื่อใช้ในการวัดผลของการเรียนการสอน

พิชิต ฤทธิ์จรูญ (2552) ได้สรุปว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหรือพฤติกรรมหรือผลการเรียนรู้ของผู้เรียนอันเนื่องมาจากการจัดกิจกรรมการเรียนสอนของครู บ่งชี้ว่าผู้เรียนมีความสามารถหรือสัมฤทธิ์ผลในแต่ละรายวิชามากน้อยเพียงใด ผลการทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์จะเป็นประโยชน์ต่อการพัฒนาผู้เรียนให้มีคุณภาพตามจุดประสงค์ของการเรียนรู้หรือมาตรฐานผลการเรียนรู้ที่กำหนดไว้ และเป็นประโยชน์ต่อการปรับปรุงและพัฒนาการสอนของครูให้มีคุณภาพและประสิทธิภาพยิ่งขึ้น การที่จะทำให้ได้ผลการทดสอบมีความถูกต้อง เที่ยงตรงเชื่อถือได้นั้นจะต้องใช้แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ที่มีคุณภาพซึ่งผ่านการสร้างอย่างถูกต้องตามหลักวิชา

สรุปแล้วผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ หมายถึง ผลสำเร็จอันเกิดจากการเรียนรู้ของนักเรียนทั้งในด้านความรู้และทักษะทางวิทยาศาสตร์ ประกอบด้วย ความรู้ ความเข้าใจในเนื้อหา การนำความรู้ไปใช้วิเคราะห์ สังเคราะห์ และประเมินค่า การวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสามารถทำได้หลายวิธี ได้แก่ การทดสอบ การสังเกตพฤติกรรม หรือได้จากการวัดด้วยแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

2. ประเภทของแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

จากการศึกษาประเภทของแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ได้มีนักการศึกษาหลายท่านได้จัดประเภทไว้ ดังนี้

พิมพันธ์ เดชะคุปต์ (2545) ได้แบ่งประเภทของแบบทดสอบปรนัย วัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ ออกเป็น 4 ประเภท คือ

1. แบบถูกผิด (True–false) เป็นแบบทดสอบที่กำหนดให้ผู้สอบชี้ว่า ข้อความที่กำหนดให้นั้นถูกหรือผิด แบบทดสอบแบบนี้มักไม่ค่อยนิยมใช้ เพราะผู้ตอบมีทางเลือกได้เพียง 2 ทางเท่านั้น คือ ถูกกับผิด นอกจากนี้แบบทดสอบแบบนี้ยังยากแก่การปรับปรุงให้มีคุณภาพสูงขึ้นและการถาม วัดสมรรถภาพสมองได้ไม่ลึกซึ้งนัก

2. แบบจับคู่ (Matching) เป็นแบบทดสอบที่กำหนดข้อความไว้ 2 ตอน ให้มีความสัมพันธ์กัน แล้วให้ผู้ตอบจับคู่ในความสัมพันธ์นั้น แบบทดสอบแบบนี้ยังนับว่าพอใช้ได้ เพราะมี ตัวเลือกหลายตัว เดาถูกได้ยาก

3. แบบเติมคำหรือข้อความให้สมบูรณ์ (Completion type) แบบทดสอบแบบนี้จะเว้นข้อความที่สำคัญของประโยคนั้นไว้ แล้วให้ผู้ตอบหาข้อความมาเติมให้สมบูรณ์

4. แบบเลือกตอบ (Multiple choice) เป็นแบบทดสอบที่มีคำถามแล้วมีคำตอบให้เลือก 4 ตัว โดยให้เลือกคำตอบตัวที่ถูกต้องที่สุดเพียงคำตอบเดียว ส่วนที่เหลืออีก 3 ตัวนั้นเป็นตัวลวง

พัชรา ทวีวงศ์ ณ อยุธยา (2550) กล่าวว่า ข้อสอบที่ใช้วัดผลสัมฤทธิ์วิชาวิทยาศาสตร์นั้นอาจแบ่งได้เป็น 2 ประเภท ดังนี้

1. ข้อสอบแบบอัตนัย เป็นข้อสอบที่ผู้เรียนต้องเตรียมตัว จดจำข้อมูลต่าง ๆ เพื่อนำไปใช้ในการตอบคำถาม การให้คะแนนนั้นขึ้นอยู่กับเกณฑ์ของผู้ตรวจ

2. ข้อสอบแบบปรนัย เป็นข้อสอบที่มีคำตอบไว้ให้ผู้เรียนต้องคิด ต้องจำได้ ระลึกได้ เข้าใจ มองเห็นความสัมพันธ์ เปรียบเทียบและตัดสินใจเลือกคำตอบที่ถูกต้องได้ ข้อสอบปรนัยมีความเป็นปรนัยสูง

สมนึก ภัทธิยธนี (2553) กล่าวว่า แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน แบ่งออกได้เป็น 2 ประเภท ได้แก่ แบบทดสอบมาตรฐานและแบบทดสอบที่ผู้สอนสร้างขึ้น ดังนี้

1. แบบทดสอบมาตรฐาน เป็นแบบทดสอบที่มุ่งวัดผลสัมฤทธิ์ในกลุ่มของผู้เรียนที่แตกต่างกัน

2. แบบทดสอบที่ผู้สอนสร้างขึ้น ที่นิยมใช้มี 6 แบบ ดังนี้

2.1 ข้อสอบแบบอัตนัยหรือความเรียง (Subjective or essay test) เป็นข้อสอบที่มีเฉพาะคำถาม แล้วให้ผู้เรียนเขียนตอบอย่างเสรี เขียนบรรยายตามความรู้ และข้อคิดเห็น ของแต่ละคน

2.2 ข้อสอบแบบกาถูก-ผิด (True-false test) เป็นข้อสอบแบบเลือกตอบที่มี 2 ตัวเลือก แต่ตัวเลือกดังกล่าวเป็นแบบคงที่และมีความหมายตรงกันข้าม เช่น ถูก-ผิด ใช่-ไม่ใช่ จริง-ไม่จริง เหมือนกัน-ต่างกัน เป็นต้น

2.3 ข้อสอบแบบเติมคำ (Completion test) เป็นข้อสอบที่ประกอบด้วยประโยคหรือข้อความที่ยังไม่สมบูรณ์ แล้วให้เติมคำ หรือประโยค หรือข้อความลงในช่องว่างที่เว้นไว้นั้นเพื่อให้มีใจความสมบูรณ์และถูกต้อง

2.4 ข้อสอบแบบตอบสั้น ๆ (Short answer test) ข้อสอบประเภทนี้คล้ายกับข้อสอบแบบเติมคำ แต่แตกต่างกันที่ข้อสอบแบบตอบสั้น ๆ เขียนเป็นประโยคคำถามสมบูรณ์ ข้อสอบเติมคำเป็นประโยคหรือข้อความที่ยังไม่สมบูรณ์ แล้วให้ผู้ตอบเป็นคนเขียนตอบคำตอบที่ต้องการ จะสั้นและกะทัดรัด ได้ใจความสมบูรณ์ ไม่ใช่เป็นการบรรยายแบบข้อสอบอัตนัยหรือความเรียง

2.5 ข้อสอบแบบจับคู่ (Matching test) เป็นข้อสอบเลือกตอบชนิดหนึ่ง โดยมีคำหรือข้อความแยกออกจากกันเป็น 2 ชุด แล้วให้ผู้ตอบเลือกจับคู่ว่า แต่ละข้อความในชุดหนึ่ง (ตัวยืน) จะคู่กับคำหรือข้อความใดในอีกชุดหนึ่ง (ตัวเลือก) ซึ่งมีความสัมพันธ์อย่างใดอย่างหนึ่งตามที่ผู้ออกข้อสอบกำหนดไว้

2.6 ข้อสอบแบบเลือกตอบ (Multiple choice test) คำถามแบบ เลือกตอบโดยทั่วไปจะประกอบด้วย 2 ตอน คือ ตอนนำหรือคำถาม (Stem) กับตอนเลือก (Choice) ในตอนเลือกนี้จะประกอบด้วยตัวเลือกที่เป็นคำตอบถูกและตัวเลือกที่เป็นตัวลวง ปกติจะมีคำถามที่

กำหนดให้ผู้เรียนพิจารณา แล้วหาตัวเลือกที่ถูกต้องมากที่สุดเพียงตัวเลือกเดียวจากตัวเลือกอื่น ๆ และคำถามแบบเลือกตอบที่ดีนิยมใช้ตัวเลือกที่ใกล้เคียงกันดูเผิน ๆ จะเห็นว่าทุกตัวเลือกถูกหมด แต่ความจริงมีน้ำหนักถูกมากน้อยต่างกัน

จากการศึกษาประเภทของแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน สามารถสรุปได้ว่า ประเภท ของแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนจะแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ

1. แบบวัดที่ผู้สอนสร้างขึ้น เพื่อวัดผลของการจัดการเรียนรู้ในชั้นเรียน

2. แบบวัดมาตรฐาน เพื่อวัดผลการเรียนรู้ของผู้เรียนในกลุ่มเรียนที่แตกต่างกัน เช่น ข้อสอบโอเน็ต ข้อสอบวิชาสามัญ เป็นต้น และสามารถแบ่งตามประเภทของแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนได้ 6 ประเภท 1. แบบอัตนัย คือ ข้อสอบที่มีการเขียนตอบในเชิงการบรรยายหรือการแสดงวิธีทำ 2. แบบกาถูกกาผิด คือ การพิจารณาข้อความแล้วตัดสินในเชิงถูกผิด 3. แบบเติมคำ คือ ข้อสอบที่ประกอบด้วยประโยคที่ไม่สมบูรณ์ แล้วต้องเติมคำลงไป เพื่อความสมบูรณ์ของประโยค 4. แบบตอบสั้น ๆ คือ ข้อสอบแบบเขียนแต่จะมีคำตอบที่กระชับ ชัดเจน ไม่ต้อง บรรยาย 5. แบบจับคู่ คือ การโยงความสัมพันธ์ระหว่างคำ ประโยคของสองสถานการณ์ 6. แบบเลือกตอบ คือ ข้อสอบที่มีลักษณะการเลือกคำตอบจากตัวเลือก

3. การวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์

Bloom (1956) พฤติกรรมในการวัดผลวิชาวิทยาศาสตร์ในการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน วิทยาศาสตร์ สำหรับเป็นเกณฑ์วัดผลว่านักเรียนได้เรียนรู้ไปมากน้อยหรือลึกซึ้งเพียงใด พิจารณาจาก 6 ด้าน ดังนี้

1. ความรู้ (Knowledge) เป็นความสามารถในการจดจำแนกประสบการณ์ต่าง ๆ และระลึกเรื่องราวนั้น ๆ ออกมาได้ถูกต้องแม่นยำ

2. ความเข้าใจ (Comprehension) เป็นความสามารถบ่งบอกใจความสำคัญของเรื่องราวโดยการแปลความหลัก ตีความได้ สรุปใจความสำคัญได้

3. การนำความรู้ไปประยุกต์ (Application) เป็นความสามารถในการนำหลักการกฎเกณฑ์และวิธีดำเนินการต่าง ๆ ของเรื่องที่ได้รู้มานำไปใช้แก้ปัญหาในสถานการณ์ใหม่ได้

4. การวิเคราะห์ (Analysis) เป็นความสามารถในการแยกแยะเรื่องราวที่สมบูรณ์ให้กระจายออกเป็นส่วนย่อย ๆ ได้อย่างชัดเจน

5. การสังเคราะห์ (Synthesis) เป็นความสามารถในการผสมผสานส่วนย่อยเข้าเป็นเรื่องราวเดียวกัน โดยปรับปรุงของเก่าให้ดีขึ้นและมีคุณภาพสูงขึ้น

6. การประเมินค่า (Evaluation) เป็นความสามารถในการวินิจฉัยหรือตัดสินกระทำสิ่งหนึ่งสิ่งใดลงไปการประเมินเกี่ยวข้องกับการใช้เกณฑ์ คือ มาตรฐานในการวัดที่กำหนดไว้ในการวัดพฤติกรรมการเรียนรู้นั้น

จำนง พลายแย้มแข (2539) ในการออกข้อสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์แต่ละครั้งจะต้องพิจารณาให้ครอบคลุมจุดมุ่งหมายในการเรียนรู้ และแบบวัดทั้งฉบับควรมีข้อสอบที่วัดพฤติกรรมต่าง ๆ ได้สัดส่วนเท่ากัน ซึ่งระดับพฤติกรรมทางวิทยาศาสตร์ที่ผู้ศึกษาค้นคว้าใช้เป็นแนวทางในการสร้างแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ใช้ 4 ด้าน ได้แก่

1. ด้านความรู้ ความจำ หมายถึง ความสามารถในการระลึกถึงสิ่งที่เคยได้เรียนมาแล้ว เกี่ยวกับข้อเท็จจริง มโนมติ กฎ และทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์

2. ด้านความเข้าใจ หมายถึง ความสามารถในการจำแนกความรู้ เมื่อปรากฏในรูปใหม่ และความสามารถในการนำความรู้จากสัญลักษณ์หนึ่งไปยังสัญลักษณ์หนึ่ง

3. ด้านการนำไปใช้ หมายถึง ความสามารถในการนำความรู้ความเข้าใจไปประยุกต์ใช้กับชีวิตประจำวัน

4. ด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความสามารถในการใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ทั้ง 13 ทักษะได้อย่างถูกต้อง คล่องแคล่ว

พิมพันธ์ เดชะคุปต์ (2548) กล่าวถึง การวัดและประเมินผลกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ว่า การประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์เป็นการพิจารณาผลที่เกิดจากการวัดการเรียนรู้ในภาพรวม การประเมินผลกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์จึงประกอบด้วยการประเมินความเข้าใจกระบวนการวิทยาศาสตร์ เจตคติวิทยาศาสตร์ ทักษะการใช้ห้องปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์และความรับผิดชอบในการปฏิบัติงานวิทยาศาสตร์ ซึ่งความก้าวหน้าด้านต่าง ๆ ของผู้เรียนจะส่งผลต่อจุดประสงค์ของรายวิชา ผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง และมาตรฐานการเรียนรู้ที่สถานศึกษากำหนดไว้ การวัดและประเมินผล ตัวผู้เรียนกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์จึงวัดและประเมิน 2 แนวทาง คือ การวัดและประเมินผลตามคู่มือ Taxonomy of educational objectives ของ Bloom (1965) และการประเมินตามสภาพจริง (Authentic assessment) พฤติกรรมที่ต้องการทำ การวัดประเมินผู้เรียนดังนี้

1. ด้านความรู้ความจำ หมายถึง ความสามารถในการระลึกถึงสิ่งที่เคยเรียนรู้มาแล้ว เกี่ยวกับข้อเท็จจริง ศัพท์ นิยาม มโนทัศน์ ข้อตกลง การจัดประเภท เทคนิควิธีการ หลักการ กฎ ทฤษฎี และแนวคิดที่สำคัญทางด้านวิทยาศาสตร์ นักเรียนที่มีความสามารถในด้านนี้จะแสดงออกโดยสามารถให้คำจำกัดความหรือนิยาม เล่าเหตุการณ์ จดบันทึก เรียกชื่อ อ่านสัญลักษณ์ และระลึกข้อสรุปได้ การวัดพฤติกรรมด้านความรู้ความจำลักษณะของข้อสอบจะถามเกี่ยวกับความรู้ความจำไม่เกินร้อยละยี่สิบของข้อสอบทั้งหมด

2. ด้านความเข้าใจ หมายถึง ความสามารถในการอธิบาย การแปลความ การตีความสร้างข้อสรุป ขยายความ นักเรียนมีความสามารถในด้านนี้จะแสดงออกโดยสามารถ

เปรียบเทียบแสดงความสัมพันธ์ การอธิบาย ชี้แนะ การจำแนกเข้าหมวดหมู่ ยกตัวอย่าง ให้เหตุผล จับใจความ เขียนภาพประกอบ ตัดสินเลือก แสดงความเห็น อ่านกราฟแผนภูมิและแผนภาพได้

2.1 พฤติกรรมความเข้าใจ แบ่งออกเป็น 3 ระดับ

2.1.1 ความสามารถอธิบายความเข้าใจต่าง ๆ ได้ด้วยตนเอง

2.1.2 ความสามารถจำแนกหรือระบุความรู้ได้เมื่อปรากฏในรูปสถานการณ์ใหม่

2.1.3 ความสามารถแปลความรู้จากสัญลักษณ์หนึ่งไปสู่อีกสัญลักษณ์หนึ่ง

2.2 การวัดพฤติกรรมความเข้าใจ ลักษณะของข้อสอบจะถามให้นักเรียน อธิบายหรือบรรยายความรู้ต่าง ๆ ด้วยคำพูดของตัวหรือให้ระบุข้อเท็จจริง มโนทัศน์ หลักการ กฎ หรือทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์ที่กำหนดให้หรือให้แปลความหมายสถานการณ์ที่กำหนดให้ ซึ่งอาจอยู่ในรูปของข้อความ สัญลักษณ์ รูปภาพ หรือแผนภาพ เป็นต้น

3. ด้านการนำไปใช้ เป็นการวัดความสามารถด้านการนำเอาความรู้ความเข้าใจมาประยุกต์ใช้ หรือแก้ปัญหาในเหตุการณ์ หรือสถานการณ์ใหม่ได้อย่างเหมาะสม การเขียนคำถามในระดับนี้อาจเขียนคำถามความสอดคล้องระหว่างวิชาและการปฏิบัติ ถามให้อธิบาย หลักวิชา ถามให้แก้ปัญหา ถามเหตุผลของภาคปฏิบัติ

4. ด้านการวิเคราะห์ เป็นการวัดความสามารถในการแยกแยะหรือแจกแจงรายละเอียดของเรื่องราว ความคิด การปฏิบัติออกเป็นระดับย่อย ๆ โดยอาศัยหลักการหรือกฎเกณฑ์ต่าง ๆ เพื่อค้นพบข้อเท็จจริงและคุณสมบัติบางประการ คำถามระดับการวิเคราะห์ แบ่งออก 3 ประเภท คือ การวิเคราะห์ความสำคัญ การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ และการวิเคราะห์หลักการ

5. ด้านการสังเคราะห์ เป็นการวัดความสามารถในการรวบรวมและผสมผสานในด้านรายละเอียดหรือเรื่องราวปลีกย่อยของข้อมูลสร้างเป็นสิ่งใหม่ที่แตกต่างจากเดิม ความสามารถดังกล่าวเป็นพื้นฐานของความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ คำถามระดับนี้แบ่งออกเป็น 3 ประเภท ได้แก่ การสังเคราะห์ข้อความ การสังเคราะห์แผนงาน การสังเคราะห์ความสัมพันธ์

6. ด้านการวัดและประเมินค่า เป็นการวัดความสามารถในด้านการสรุปค่าหรือตีราคาเกี่ยวกับเรื่องราว ความคิด พฤติกรรมว่าดี-เลว เหมาะสมไม่เหมาะสม เพื่อหาจุดประสงค์บางประการมาอ้าง โดยใช้เกณฑ์ภายในและการประเมินโดยใช้เกณฑ์ภายนอก

โดยสรุปแล้วในการวัดพฤติกรรมการเรียนโดยให้ครอบคลุมจุดประสงค์การเรียนรู้ของบทเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ควรเป็นแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ซึ่งวัดพฤติกรรมการเรียนรู้ 6 ด้าน ได้แก่ ความรู้ความจำ ความเข้าใจ การนำความรู้ไปใช้ การวิเคราะห์ สังเคราะห์ และประเมินค่า

4. ขั้นตอนการสร้างแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ได้มีนักการศึกษากล่าวถึงขั้นตอน กระบวนการในการสร้างแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ไว้ดังนี้

เพลินพิศ ธรรมรัตน์ (2542) ได้กล่าวถึงขั้นตอนการสร้างแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนไว้ว่า การสร้างแบบทดสอบที่มีคุณภาพต้องมีการศึกษาขั้นตอนและกระบวนการต่าง ๆ ในการสร้างแบบทดสอบให้เข้าใจ ผู้สร้างแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนควรดำเนินการสร้างแบบวัดผลสัมฤทธิ์ด้วยตนเองตามขั้นตอน ดังต่อไปนี้

ขั้นที่ 1 วางแผนการสร้างแบบทดสอบ

ขั้นที่ 2 การเตรียมงานเขียนข้อสอบ

ขั้นที่ 3 การตรวจสอบคุณภาพของแบบทดสอบ

ขั้นที่ 4 การคัดเลือกและปรับปรุงแบบทดสอบ

ขั้นที่ 5 การจัดพิมพ์แบบทดสอบฉบับสมบูรณ์

บุญชม ศรีสะอาด (2545) ได้กล่าวถึงการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน โดยมีการดำเนินการสร้างตามขั้นตอนดังต่อไปนี้

ขั้นที่ 1 วิเคราะห์จุดประสงค์ เนื้อหาวิชา ทำตารางกำหนดลักษณะข้อสอบ ขั้นตอน

1.1 วิเคราะห์เนื้อหาหรือหัวข้อที่เพื่อใช้สร้างข้อสอบ ในด้านขอจุดประสงค์ของการสอนหรือจุดประสงค์การเรียนรู้ได้แก่อะไรบ้าง

1.2 ทำการวิเคราะห์เนื้อหาวิชาว่ามีโครงสร้างอย่างไร โดยจัดเรียงหัวข้อใหญ่สู่หัวข้อย่อย พิจารณาความเกี่ยวโยงความสัมพันธ์ระหว่างเนื้อหาเหล่านั้น

1.3 จัดทำตารางวิเคราะห์หลักสูตร โดยแบ่งออกเป็น 2 ด้าน คือ ด้านความรู้และทักษะกระบวนการ

1.4 พิจารณาจำนวนข้อในการออกข้อสอบ

ขั้นที่ 2 กำหนดรูปแบบของคำถามและศึกษาวิธีเขียนข้อสอบ

2.1 พิจารณาเลือกรูปแบบของข้อสอบที่เหมาะสมกับเนื้อหาหรือจุดประสงค์การเรียนรู้

2.2 ศึกษาวิธีเขียนข้อสอบ หลักการเขียนข้อคำถาม ศึกษาวิธีเขียนข้อสอบสมรรถภาพต่าง ๆ

2.3 ศึกษาเทคโนโลยีในการเขียนข้อสอบเพื่อนามาใช้เป็นหลักในการเขียนข้อสอบ

ขั้นที่ 3 เขียนข้อสอบ

ขั้นที่ 4 ตรวจทานข้อสอบ นำข้อสอบที่ได้มาพิจารณาทบทวนโดยผู้ออกข้อสอบหลังการพิจารณาทบทวนเอง แล้วนำไปให้ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาสาระและด้านวัดผลพิจารณาข้อบกพร่อง และนำเอาข้อแนะนำเหล่านั้นมาพิจารณาปรับปรุงแก้ไขให้เหมาะสม

ขั้นที่ 5 พิมพ์แบบทดสอบฉบับทดลอง นำข้อสอบทั้งหมดมาพิมพ์เป็นแบบทดสอบ โดยจัดพิมพ์คำชี้แจงหรือคำอธิบายวิธีในการทำแบบทดสอบไว้ที่ปกของแบบทดสอบอย่างละเอียดและชัดเจน การจัดพิมพ์วางรูปแบบให้เหมาะสม

ขั้นที่ 6 ทดลองใช้ วิเคราะห์คุณภาพ และปรับปรุง นำแบบทดสอบไปทดลองกับกลุ่มที่คล้ายกับกลุ่มตัวอย่างที่จะสอบจริง วิเคราะห์หาค่าอำนาจจำแนก ค่าความยากของข้อสอบแต่ละข้อ โดยใช้วิธีการวิเคราะห์คุณภาพ คัดเลือกเอาข้อที่มีคุณภาพถึงเกณฑ์ตามจำนวนที่ต้องการ ถ้ามีข้อที่เข้าเกณฑ์จำนวนมากกว่าที่ต้องการ ให้ตัดข้อที่มีอำนาจจำแจกต่ำกว่าออก แล้วนำผลการสอบที่คิดเฉพาะข้อสอบที่เข้าเกณฑ์เหล่านั้นมาคำนวณหาค่าความเชื่อมั่น

ขั้นที่ 7 พิมพ์แบบทดสอบฉบับจริง

พิชิต ฤทธิ์จรูญ (2552) ได้กล่าวถึง การสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์มีขั้นตอนในการดำเนินการ ดังนี้

ขั้นที่ 1 วิเคราะห์หลักสูตรและสร้างตารางวิเคราะห์หลักสูตร ในการวิเคราะห์หลักสูตรต้องวิเคราะห์ในเชิงเนื้อหาและทักษะที่ต้องการวัด

ขั้นที่ 2 กำหนดจุดประสงค์การเรียนรู้ เป็นพฤติกรรมที่เป็นผลการเรียนรู้ที่ผู้สอนมุ่งหวังจะให้เกิดขึ้นกับผู้เรียน

ขั้นที่ 3 กำหนดชนิดของข้อสอบและศึกษาวิธีสร้าง โดยการศึกษาตารางวิเคราะห์หลักสูตรและจุดประสงค์การเรียนรู้ ผู้ออกข้อสอบต้องพิจารณาและตัดสินใจเลือกใช้ชนิดของข้อสอบที่จะใช้วัดว่าจะเป็นแบบใด

ขั้นที่ 4 เขียนข้อสอบ ผู้ออกข้อสอบลงมือทำข้อสอบโดยคำนึงถึงความสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้ ผลการเรียนรู้ที่ได้วางไว้

ขั้นที่ 5 ตรวจทานข้อสอบ ผู้ออกข้อสอบต้องพิจารณาทบทวนตรวจทานข้อสอบอีกครั้งก่อนที่จะจัดพิมพ์

ขั้นที่ 6 จัดพิมพ์แบบทดสอบฉบับทดลอง เมื่อตรวจทานข้อสอบแล้ว ผู้ออกข้อสอบทำการพิมพ์ข้อสอบฉบับทดลองเพื่อนำไปใช้กับกลุ่มตัวอย่าง

ขั้นที่ 7 ทดลองสอบและวิเคราะห์ข้อสอบ การทดลองสอบและวิเคราะห์ข้อสอบเป็นวิธีการตรวจสอบคุณภาพของแบบทดสอบก่อนนำไปใช้จริง โดยนำแบบทดสอบไปทดลองสอบกับ

กลุ่มที่มีลักษณะคล้ายคลึงกันกับกลุ่มที่ต้องการสอบจริง แล้วนำผลการสอบมาวิเคราะห์และปรับปรุงข้อสอบให้มีคุณภาพ

จากการศึกษาขั้นตอนการสร้างแบบวัดผลสัมฤทธิ์ข้างต้นผู้วิจัยได้นำขั้นตอนการสร้างแบบวัดผลสัมฤทธิ์ของพิชิต ฤทธิ์จรูญ (2552) ทั้ง 7 ขั้น มาใช้ในการสร้างแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในงานวิจัยครั้งนี้ ซึ่งได้แก่

ขั้นที่ 1 วิเคราะห์หลักสูตรและสร้างตารางวิเคราะห์หลักสูตร

ขั้นที่ 2 กำหนดจุดประสงค์การเรียนรู้

ขั้นที่ 3 กำหนดชนิดของข้อสอบและศึกษาวิธีสร้าง โดยในการวิจัยครั้งนี้เลือกใช้ข้อสอบวัดผลสมฤทธิ์ทางการเรียนแบบ ปรนัย 4 ตัวเลือก

ขั้นที่ 4 เขียนข้อสอบ โดยคำนึงถึงความสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้ผลการเรียนรู้ที่ได้วางไว้

ขั้นที่ 5 ตรวจทานข้อสอบ พิจารณาทบทวนตรวจทานข้อสอบอีกครั้งก่อนที่จะจัดพิมพ์

ขั้นที่ 6 จัดพิมพ์แบบทดสอบฉบับทดลอง เพื่อนำไปใช้กับกลุ่มตัวอย่าง

ขั้นที่ 7 ทดลองสอบและวิเคราะห์ข้อสอบ โดยนำแบบทดสอบไปทดลองสอบกับกลุ่มที่มีลักษณะคล้ายคลึงกันกับกลุ่มที่ต้องการสอบจริง แล้วนำผลการสอบมาวิเคราะห์และปรับปรุงข้อสอบให้มีคุณภาพ

ความเข้าใจมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์

1. ความหมายของมโนทัศน์

มโนทัศน์เป็นคำที่นำมาใช้ในความหมายเดียวกันกับคำว่า Concept ในภาษาอังกฤษ ซึ่งมีผู้ให้คำแปลเป็นภาษาไทยคำอื่น ๆ ในความหมายเดียวกันนี้อีกหลายคำ เช่น มโนมติ มโนคติ มโนภาพ ความคิดรวบยอด สังกัป แต่ผู้ศึกษาขอใช้คำว่า มโนทัศน์ เพียงคำเดียว ซึ่งมีบุคคลต่าง ๆ ให้ความหมายของมโนทัศน์ไว้ดังนี้

Good (1959) ได้ให้ความหมายมโนทัศน์ไว้ 3 ประการคือ

1. แนวคิด หรือ สิ่งที่แสดงลักษณะรวม ซึ่งแบ่งเป็นกลุ่มหรือชั้นอย่างชัดเจน

2. สิ่งที่แสดงลักษณะทั่วไปหรือลักษณะสรุปโดยใช้วิธีการทางปัญญา (การคิด) ของเหตุการณ์ กิจกรรมหรือสิ่งของ

3. ความคิด ความคิดเห็น แนวคิดหรือมโนภาพ

De Cecco (1968) ให้ความหมายของมโนทัศน์ว่า หมายถึง กลุ่มของสิ่งเร้าที่มีคุณลักษณะต่าง ๆ ร่วมกัน สิ่งเร้าเหล่านั้นอาจเป็นสิ่งของเหตุการณ์หรือบุคคลต่าง ๆ ซึ่งเรากำหนดด้วยการเรียกชื่อ

อาภรณ์ เกษศิระ (2542) ให้ความหมายของมโนทัศน์ว่า หมายถึง ความคิดของบุคคล ซึ่งเกิดจากการรวบรวมมวลประสบการณ์ที่บุคคลได้รับจากสิ่งแวดล้อมและได้รับรู้ทางประสาทสัมผัส แล้วนำมาประมวลเข้าด้วยกัน เป็นความคิดขั้นสุดท้าย ให้เป็นข้อสรุปหรือคำจำกัดความของสิ่งใดสิ่งหนึ่ง

เกรียงศักดิ์ เจริญวงศ์ศักดิ์ (2545) ให้ความหมายของมโนทัศน์เอาไว้ว่า เป็นความสามารถในการประสานข้อมูลทั้งหมดที่มีอยู่เกี่ยวกับเรื่องหนึ่งเรื่องใดได้อย่างไม่ขัดแย้ง เพื่อสร้างความคิดรวบยอดเกี่ยวกับเรื่องนั้นหรือกรอบความคิดเกี่ยวกับเรื่องนั้น ช่วยให้เราสร้างเลนส์ในการมองโลกในเรื่องต่าง ๆ ได้อย่างคมชัด เพราะเรามีความคิดและเหตุผลเกี่ยวกับเรื่องนั้น ๆ อย่างคมชัด

วนิช สุธารัตน์ (2547) กล่าวถึงความหมายของมโนทัศน์ว่า มโนทัศน์เป็นความคิดที่เกิดขึ้นจากบุคคลที่พยายามจัดวัตถุ สิ่งของ เหตุการณ์ รวมทั้งบุคคลและเรื่องอื่น ๆ เข้าเป็นกลุ่มเป็นพวก หรือเป็นชั้น โดยอาศัยคุณสมบัติที่มีร่วมกันอยู่ การที่ต้องทำอย่างนี้เนื่องจากสรรพสิ่งต่าง ๆ ในโลกที่บุคคลต้องเข้าไปปฏิสัมพันธ์ด้วยมีอยู่มากมาย บุคคลจำเป็นต้องเรียนรู้และทำความเข้าใจเพื่อจะได้ปฏิบัติหรือตอบสนองต่อสิ่งต่าง ๆ ได้อย่างรัดกุม ถูกต้องเหมาะสม และบุคคลจะต้องมีการสื่อสารหรือมีการปฏิสัมพันธ์กับบุคคลอื่น เพื่อแลกเปลี่ยนความรู้ ข้อมูล และประสบการณ์ต่าง ๆ มโนทัศน์จะช่วยให้การปฏิสัมพันธ์เป็นไปด้วยความสะดวกรวดเร็ว เกิดความรู้ ความเข้าใจในเรื่องต่าง ๆ ในลักษณะเดียวกัน มโนทัศน์จัดเป็นความคิดสำหรับการทำความเข้าใจชีวิต โลกสิ่งแวดล้อม และการการแก้ปัญหาเรื่องต่าง ๆ

สุวิทย์ มูลคำ (2547) ให้ความหมายของมโนทัศน์ว่า มโนทัศน์คือ ความคิดความเข้าใจที่สรุปเกี่ยวกับการจัดกลุ่มสิ่งใดสิ่งหนึ่งหรือเรื่องหนึ่งที่เกิดจากการสังเกต หรือการได้รับประสบการณ์เกี่ยวกับสิ่งนั้นหรือเรื่องนั้น

กุณฑรี เพ็ชรทวีพรเดช และคณะ (2550) ให้ความหมายของมโนทัศน์ว่า หมายถึง ความคิดความเข้าใจของบุคคลที่เกี่ยวข้องกับสิ่งของหรือเหตุการณ์ต่าง ๆ ซึ่งทำให้บุคคลสามารถสรุปรวมลักษณะเหมือน หรือแยกแยะลักษณะต่าง ๆ ของคุณสมบัติของเหตุการณ์ได้

จากการศึกษาความหมายของมโนทัศน์จากนักวิชาการหลาย ๆ ท่าน พอจะสรุปความหมายของมโนทัศน์ได้ว่า เป็นความเข้าใจของบุคคลที่เกิดจากการสังเกต หรือการได้รับประสบการณ์เกี่ยวกับสิ่งนั้น ๆ แล้วนำมาประมวลเข้าด้วยกัน ซึ่งจะทำให้เข้าใจสิ่งต่าง ๆ ได้ง่ายขึ้น โดยอาศัยเหตุผลข้อเท็จจริง มีหลักการ นำมาประมวลเข้าด้วยกันเป็นข้อสรุป แล้วมารวมเข้าด้วยกัน

ประมวลเป็นความคิดรวบยอดแล้วสามารถอธิบายออกเป็นแนวคิดความสัมพันธ์เชิงเหตุผลทางวิทยาศาสตร์ได้

2. ความหมายของมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์

Klopfer (1971) กล่าวว่า มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง สิ่งที่เป็นนามธรรมอันเป็นผลที่ได้จากการศึกษาปรากฏการณ์หรือความสัมพันธ์ต่าง ๆ ซึ่งนักวิทยาศาสตร์ได้พบว่ามโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์นั้นมีประโยชน์ในการศึกษาโลกธรรมชาติ

คณะอนุกรรมการพัฒนาการสอนและผลิตวัสดุอุปกรณ์การสอนวิทยาศาสตร์ (2525) ได้ให้ความหมายของมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ไว้ว่า มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ (Scientific Concept) เป็นความเข้าใจที่จะสรุปลักษณะสำคัญ ๆ ของวัตถุหรือปรากฏการณ์อย่างใดอย่างหนึ่งที่มีคุณลักษณะพื้นฐานร่วมกัน มโนทัศน์เป็นสิ่งที่มีความสำคัญต่อกระบวนการคิด มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ส่วนใหญ่มักมีลักษณะเป็นสากลและมีประโยชน์ในการศึกษาโลกธรรมชาติ นอกจากนั้นมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์จะช่วยให้ผู้เรียนมีความเข้าใจบทเรียน และได้รับความรู้ในระดับสูงอย่างชัดเจนขึ้น

สุวัฒก์ นิยมค้า (2531) ได้กล่าวถึงความหมายของมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ ไว้ว่า หมายถึง รูปแบบความรู้ ซึ่งเกิดจากการจัดกลุ่มหรือการจัดประเภทของสิ่งที่ได้จากการสังเกตหลาย ๆ สิ่งเข้าด้วยกัน

มังกร ทองสุขดี (2535) ได้กล่าวถึงความหมายของมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ ไว้ว่า หมายถึง ความคิดสำคัญ หรือข้อสรุปของความคิดที่ได้รับรู้จากสิ่งแวดล้อมในชีวิตของมนุษย์ มโนทัศน์บางชนิดจะช่วยเสริมสร้างคุณค่าของประสบการณ์ให้มีความหมายต่อชีวิตอย่างมากมาย แต่ก็มีมโนทัศน์บางรูปแบบที่อาจแอบซ่อนอยู่ภายในที่ยังไม่สามารถจะนำมาปรุงแต่งให้มีคุณค่าก็ได้

ธีระชัย ปูรณโชติ (2536) กล่าวว่า มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความเข้าใจโดยสรุปเกี่ยวกับสิ่งหนึ่งสิ่งใดที่เกิดจากการสังเกตหรือได้รับประสบการณ์เกี่ยวกับสิ่งนั้น แล้วนำคุณลักษณะต่าง ๆ ของสิ่งนั้นมาประมวลเข้าเป็นความคิดโดยสรุปของสิ่งนั้น

พัชรา ทวีวงศ์ ณ อยุธยา (2537) กล่าวว่า มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความคิดความเข้าใจเกี่ยวกับสิ่งใดสิ่งหนึ่ง หรือเรื่องใดเรื่องหนึ่งที่เกิดจากการสังเกต หรือได้รับประสบการณ์ในเรื่องนั้น ๆ จนเรียนรู้และสรุปเป็นความเข้าใจเรื่องนั้น ๆ ของแต่ละบุคคล มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์มีทั้งระดับที่เป็นรูปธรรมและนามธรรม มีความสัมพันธ์เชื่อมโยงต่อเนื่องกันระหว่างมโนทัศน์หนึ่ง ๆ ซึ่งอาจเกิดมโนทัศน์หลาย ๆ มโนทัศน์ที่นำมาสัมพันธ์กันอย่างมีเหตุผล มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ส่วนใหญ่ผู้ศึกษาจะเข้าใจตรงกันและช่วยให้เข้าใจวิทยาศาสตร์ได้ชัดเจน

ภพ เลาหไพบูลย์ (2542) กล่าวว่า มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความเข้าใจที่จะสรุปรวมลักษณะที่สำคัญ ๆ ของวัตถุหรือปรากฏการณ์อย่างใดอย่างหนึ่ง แต่ละคนอาจจะมีมโนทัศน์ต่อสิ่งใดสิ่งหนึ่งที่แตกต่างกัน ซึ่งขึ้นอยู่กับประสบการณ์และวุฒิภาวะของแต่ละบุคคลนั้น ๆ

ไพโรจน์ เติมเตชาติพงศ์ (2550) กล่าวว่า มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความคิดความเข้าใจเกี่ยวกับเรื่องหนึ่งเรื่องใดในทางวิทยาศาสตร์ที่เป็นข้อสรุปซึ่งนักวิทยาศาสตร์เห็นร่วมกัน

ปัฐมาภรณ์ พิมพ์ทอง (2551) กล่าวว่า มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง แนวคิดทางวิทยาศาสตร์เกิดจากกระบวนการที่มนุษย์แปลความหมายปรากฏการณ์ต่าง ๆ โดยมีการอธิบายอยู่บนพื้นฐานของการสังเกตหรือทฤษฎีที่ตนเองยึดถืออยู่ในช่วงเวลาหนึ่ง แนวคิดทางวิทยาศาสตร์จึงสามารถเปลี่ยนแปลงได้ตลอดเวลา เมื่อมีการสังเกตและอธิบายใหม่ที่ให้ข้อมูลหรือเหตุผลได้มากกว่า ซึ่งการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นถือเป็นสิ่งปกติที่เกิดขึ้นในสังคมของนักวิทยาศาสตร์เพราะธรรมชาติของความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (Nature of scientific knowledge) ย่อมสามารถเปลี่ยนแปลงได้เสมอหากมีข้อมูลหรือหลักฐานที่สมเหตุสมผลมากกว่าเดิม

จากความหมายของมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ สรุปได้ว่า ความคิดหรือข้อสรุปทางความคิดความเข้าใจเกี่ยวกับสิ่งต่าง ๆ โดยที่ความเข้าใจที่เกิดขึ้นนั้นเกิดจากประสบการณ์สิ่งเร้าที่ได้รับการสังเกต หรือเรียนรู้มา โดยอาศัยเหตุผลข้อเท็จจริง มีหลักการ นำมาสังเคราะห์เข้าด้วยกันอย่างมีเหตุผลเป็นข้อสรุป แล้วมารวมเข้าด้วยกัน ประมวลเป็นความคิดรวบยอดแล้วสามารถอธิบายออกเป็นแนวคิดความสัมพันธ์เชิงเหตุผลทางวิทยาศาสตร์ได้

3. ความเข้าใจมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์

การศึกษาระดับความเข้าใจมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ ได้มีผู้ศึกษาระดับความเข้าใจมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ไว้หลากหลายและแตกต่างกัน ดังนี้

Westbrook และ Marek (1992) ได้ศึกษาระดับความเข้าใจมโนทัศน์และแบ่งระดับความเข้าใจมโนทัศน์ได้ 5 ระดับ ดังนี้

1. ความเข้าใจที่สมบูรณ์ (Complete Understanding: CU) หมายถึง คำตอบของนักเรียนถูกและการให้เหตุผลถูกต้องสมบูรณ์ ครบองค์ประกอบที่สำคัญในแต่ละแนวคิด

2. ความเข้าใจที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (Partial Understanding: PU) หมายถึง คำตอบของนักเรียนถูกต้องและการให้เหตุผลถูก แต่ขาดองค์ประกอบที่สำคัญบางส่วน

3. ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (Partial Understanding with Specific Alternative Conception: PS) หมายถึง คำตอบของนักเรียนถูกบางส่วน แต่บางส่วนมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน

4. ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน (Alternative Conception: AC) หมายถึง คำตอบของนักเรียนแสดงความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนทั้งหมด

5. ความไม่เข้าใจ (No Understanding: NU) หมายถึง คำตอบของนักเรียนไม่ตรงกับคำถาม หรือนักเรียนไม่ตอบคำถาม

Mungsing (1993) ได้ให้ความหมายของความเข้าใจมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความคิดหรือความเข้าใจของนักเรียนในมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ แบ่งความเข้าใจมโนทัศน์ของนักเรียน 5 ระดับ ได้แก่

1. ความเข้าใจมโนทัศน์ระดับที่สมบูรณ์ (Complete Understanding : CU) หมายถึง คำตอบของนักเรียนถูกและการให้เหตุผลถูกต้องสมบูรณ์ ครบองค์ประกอบที่สำคัญในแต่ละแนวคิด

2. ความเข้าใจมโนทัศน์ในระดับที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (Partial Understanding : PU) หมายถึง คำตอบของนักเรียนถูกต้องและการให้เหตุผลถูก แต่ขาดองค์ประกอบที่สำคัญบางส่วน

3. ความเข้าใจมโนทัศน์ในระดับที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (Partial Understanding with Specific Alternative Conception : PS) หมายถึง คำตอบของนักเรียนถูกบางส่วน แต่บางส่วนแสดงความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน

4. ความเข้าใจในระดับที่คลาดเคลื่อน (Alternative Conception : AC) หมายถึง คำตอบของนักเรียนแสดงความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนทั้งหมด

5. ความไม่เข้าใจ (No Understanding : NU) หมายถึง คำตอบของนักเรียนไม่ตรง กับคำถาม หรือนักเรียนไม่ตอบคำถาม

Haider (1997) ได้พิจารณาแบ่งระดับความเข้าใจมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนออกเป็น

1. มโนทัศน์เชิงวิทยาศาสตร์ (Sound Understanding: SU) หมายถึง คำตอบของนักเรียนแสดงให้เห็นว่า นักเรียนมีความเข้าใจมโนทัศน์ที่สอดคล้องกับแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์ทุกองค์ประกอบ

2. มโนทัศน์เชิงวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์ (Partial Understanding: PU) หมายถึง คำตอบของนักเรียนแสดงให้เห็นว่านักเรียนมีมโนทัศน์สอดคล้องเป็นที่ยอมรับกับแนวความคิดเชิงวิทยาศาสตร์อย่างน้อย 1 องค์ประกอบ

3. มโนทัศน์เชิงวิทยาศาสตร์บางส่วนและมีแนวความคิดคลาดเคลื่อนบางส่วน (Partial understanding With a Specific Misconception: PU&SM) หมายถึง คำตอบของนักเรียนแสดงให้เห็นว่า นักเรียนมีมโนทัศน์สอดคล้องกับแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์อย่างน้อย 1 องค์ประกอบ และมีบางส่วนที่ไม่สอดคล้องหรือคลาดเคลื่อนจากมโนทัศน์วิทยาศาสตร์

4. แนวความคิดที่คลาดเคลื่อน (Specific Misconception: SM) หมายถึง คำตอบของนักเรียนไม่สอดคล้องหรือคลาดเคลื่อนจากมโนทัศน์ที่ยอมรับและไม่สอดคล้องกับแนวความคิดเชิงวิทยาศาสตร์

5. ไม่เข้าใจแนวความคิดเชิงวิทยาศาสตร์ (No understanding: NU) หมายถึง นักเรียนไม่ตอบคำถามหรือตอบคำถามในลักษณะทวนคำถามหรือตอบคำถามไม่ตรงประเด็น

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2532 อ้างอิงมาจาก ไพโรจน์ เติมเดชาพงศ์, 2558) ได้จัดลำดับมโนทัศน์โดยแบ่งออกเป็น 4 กลุ่มดังนี้

1. มโนทัศน์ที่สมบูรณ์ หมายถึง คำตอบถูก และให้เหตุผลครบองค์ประกอบที่สำคัญของแต่ละมโนทัศน์

2. มโนทัศน์ที่ไม่สมบูรณ์ หมายถึง คำตอบถูกและให้เหตุผลถูกต้องแต่ขาดองค์ประกอบบางส่วนที่สำคัญของแต่ละมโนทัศน์

3. แนวความคิดที่คลาดเคลื่อน หมายถึง คำตอบถูกต้องแต่การให้เหตุผลอธิบายมีบางส่วนถูกต้องและบางส่วนไม่ถูกต้อง

4. ความเข้าใจผิด หมายถึง คำตอบถูกหรือผิดและการให้เหตุผลไม่ถูกต้อง

จากการศึกษาระดับความเข้าใจมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ข้างต้นสรุปได้ว่า ระดับความเข้าใจมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ คือ ความคิด ความเข้าใจเกี่ยวกับสิ่งต่าง ๆ โดยที่ความเข้าใจที่เกิดขึ้นนั้นเกิดจากประสบการณ์สิ่งเร้าที่ได้รับ การสังเกต ทดลอง หรือเรียนรู้มาโดยอาศัยหลักการทางทฤษฎีที่ได้เรียนนำมาประมวลผลเป็นข้อสรุป เพื่ออธิบาย หรือคำนวณหาความสัมพันธ์เชิงเหตุผลทางวิทยาศาสตร์ได้ โดยในการวิจัยครั้งนี้ได้แบ่งระดับความเข้าใจมโนทัศน์ออกเป็น 4 ระดับ ดังนี้

1. ความเข้าใจที่สมบูรณ์ (Complete Understanding : CU) หมายถึง คำตอบของนักเรียนถูกและการให้เหตุผลถูกต้องสมบูรณ์ ครบองค์ประกอบที่สำคัญในแต่ละแนวคิด โดยมีองค์ประกอบดังนี้

1.1 ระบุแนวคิดในการคำนวณ โดยมีองค์ความรู้หรือหลักการ

1.2 แสดงวิธีการคำนวณได้ถูกต้อง

1.3 ได้คำตอบที่ถูกต้องตามที่โจทย์กำหนด

2. ความเข้าใจที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (Partial Understanding : PU) หมายถึง คำตอบของนักเรียนถูกต้องและการให้เหตุผลถูก แต่ขาดองค์ประกอบที่สำคัญบางส่วน

3. ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (Partial Understanding with Specific Alternative Conception : PS) หมายถึง คำตอบของนักเรียนถูกบางส่วน แต่บางส่วนแสดงความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน

4. ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน (Alternative Conception : AC) หรือความไม่เข้าใจ (No Understanding : NU) หมายถึง คำตอบของ นักเรียนแสดงความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนทั้งหมด หรือคำตอบของนักเรียนไม่ตรงกับ คำถาม หรือนักเรียนไม่ตอบคำถาม

4. รูปแบบการสอนเพื่อให้เกิดมโนทัศน์

จอยส์ และเวล (Joyce and Weil, 1980) ได้อธิบายรูปแบบการสอน มโนทัศน์ โดยยึดทฤษฎีและแนวคิดของบรูเนอร์ (Bruner, 1956) ซึ่งมีสาระสำคัญดังนี้

1. การเรียนรู้เพื่อให้เกิดมโนทัศน์ของสิ่งใดสิ่งหนึ่งกับนักเรียนทำได้โดยผ่านขั้นตอนการปฏิบัติดังต่อไปนี้

1.1 การให้นักเรียนสังเกตความคล้ายคลึงและความแตกต่างของสิ่งต่าง ๆ

1.2 การให้นักเรียนจำแนกสิ่งต่าง ๆ ออกเป็นกลุ่มตามลักษณะบางอย่างที่กำหนดขึ้นเป็นเกณฑ์

1.3 การให้นักเรียนบอกลักษณะร่วมของสิ่งของที่อยู่รวมกลุ่มกันนั้น เพื่อให้เห็นภาพรวมของแต่ละกลุ่ม

2. กระบวนการฝึกทักษะการคิดจะเกิดขึ้นกับนักเรียน เมื่อนักเรียนทำการจำแนกประเภทสิ่งของ เพื่อสร้างมโนทัศน์ของสิ่งนั้น

โดยรูปแบบการสอนมโนทัศน์ตามทฤษฎีและแนวคิดของบรูเนอร์ สามารถนำมาแสดงตัวอย่างเป็นขั้นตอนในการสอน ดังนี้

1. ครูเตรียมหาข้อมูลสำหรับให้นักเรียนฝึกหัดจำแนก ตัวอย่างเทคนิคที่สามารถนำมาใช้ได้ในขั้นตอนนี้ มีดังนี้

1.1 ครูเตรียมข้อมูล 2 ชุด ชุดหนึ่งเป็นตัวอย่างของมโนทัศน์ที่ต้องการสอน อีกชุดหนึ่งไม่ใช่ตัวอย่างของมโนทัศน์ที่ต้องการสอน

1.2 ในการเลือกตัวอย่างข้อมูล 2 ชุดข้างต้น ครูจะต้องเลือกหาตัวอย่างที่มีจำนวนมากพอที่จะคลอบคลุมลักษณะเฉพาะของมโนทัศน์ที่ต้องการสอนนั้น

1.3 ถ้ามโนทัศน์ที่ต้องการสอนเป็นเรื่องยากซับซ้อนหรือเป็นนามธรรม อาจใช้วิธีการยกตัวอย่างเรื่องสั้น ๆ ที่ครูแต่งขึ้นเองมานำเสนอแก่นักเรียน

1.4 ครูเตรียมสื่อการสอนที่เหมาะสมเพื่อใช้ในการประกอบการนำเสนอตัวอย่างมโนทัศน์เพื่อแสดงให้เห็นลักษณะต่าง ๆ ของมโนทัศน์ที่ต้องการสอนได้อย่างชัดเจน

2. ครูอธิบายกติกาในการเรียนให้นักเรียนรู้และเข้าใจตรงกัน ตัวอย่างเทคนิคที่สามารถนำมาใช้ได้ในขั้นตอนนี้ มีดังนี้

2.1 ครูกล่าวแนะนำสิ่งที่นักเรียนต้องปฏิบัติในกิจกรรมการเรียนการสอน เริ่มจากการที่ครูจะนำเสนอข้อมูล 2 ชุด ชุดหนึ่งเป็นตัวอย่างสิ่งที่ครูต้องการสอน อีกชุดหนึ่งไม่ใช่

ตัวอย่าง สิ่งที่ครูต้องการสอนให้นักเรียนช่วยกันพิจารณาแยกแยะและสรุปออกมาให้ได้ว่าครูต้องการจะสอนเรื่องอะไร

3. ครูเสนอข้อมูลตัวอย่างของมโนทัศน์ที่ต้องการสอนและข้อมูลที่ไม่ใช่ตัวอย่างของมโนทัศน์ที่ต้องการสอน เทคนิคในการนำเสนอข้อมูลตัวอย่างนี้ ทำได้หลายแบบ แต่ละแบบ มีจุดเด่นจุดด้อยดังนี้

3.1 เสนอข้อมูลที่ใช่ตัวอย่างที่ละข้อมูลจนหมดทั้งชุด โดยบอกให้นักเรียนรู้ว่านี่คือตัวอย่างของสิ่งที่ครูต้องการจะสอน แล้วตามด้วยการเสนอข้อมูลที่ไม่ใช่ตัวอย่างที่ละข้อมูลจนหมดทั้งชุดเช่นกัน โดยบอกให้นักเรียนรู้ว่านี้ไม่ใช่ตัวอย่างสิ่งที่ครูต้องการสอนเทคนิควิธีนี้ (นักเรียนจะสร้างมโนทัศน์ได้เร็วที่สุดแต่ใช้กระบวนการคิดน้อย)

3.2 เสนอข้อมูลที่ใช่และไม่ใช่ตัวอย่างสลับกันไปจนหมด เทคนิควิธีนี้นักเรียนจะสร้างมโนทัศน์ได้ช้ากว่าเทคนิคในข้อ 3.1 แต่ได้ใช้กระบวนการคิดมากกว่า

3.3 เสนอข้อมูลที่ใช่และไม่ใช่ตัวอย่าง อย่างละ 1 ข้อมูล แล้วเสนอข้อมูลที่เหลือทั้งหมดทีละข้อมูล โดยให้นักเรียนบอกครูว่าข้อมูลแต่ละข้อมูลที่เหลือนั้นใช่หรือไม่ใช่ตัวอย่าง

3.4 เสนอข้อมูลที่ใช่หรือไม่ใช่ตัวอย่าง อย่างละ 1 ข้อมูล แล้วให้นักเรียนช่วยกันยกตัวอย่างข้อมูลที่นักเรียนคิดว่าใช่ตัวอย่างของสิ่งที่ครูต้องการเสนอครูขึ้นมา โดยครูจะเป็นผู้บอกว่าใช่หรือไม่ใช่ เทคนิควิธีนี้นักเรียนจะได้ฝึกการใช้กระบวนการคิดเพิ่มมากขึ้นอีก แต่ครูจะต้องมีความสามารถในการให้ข้อมูลย้อนกลับอย่างถูกต้องและแม่นยำ ดังนั้น ครูจำเป็นที่จะต้องมีความเข้าใจมโนทัศน์ของสิ่งที่ต้องการสอนอย่างกระจ่างที่สุด และนักเรียนต้องมีความรู้พื้นฐานที่เกี่ยวกับมโนทัศน์ใหม่ที่จะสอนเป็นอย่างดี รวมทั้งควรที่จะได้รับการฝึกกระบวนการคิดในลักษณะนี้มาบ้างแล้วจึงจะใช้ได้ผล

4. ให้นักเรียนบอกลักษณะสิ่งที่นักเรียนคิดว่าเป็นลักษณะที่เป็นตัวอย่างเทคนิคที่สามารถนำมาใช้ได้ในขั้นตอนนี้ เช่น กระตุ้นให้นักเรียนสร้างและทดสอบสมมติฐาน โดยครูเป็นผู้ให้ข้อมูลย้อนกลับ

5. ให้นักเรียนสรุปออกมาเป็นลักษณะในสิ่งที่ครูยกขึ้นมาเป็นตัวอย่าง โดยสรุปออกมาเป็นกฎหรือคำจำกัดความ กระตุ้นให้นักเรียนคิดสรุปและใช้ความสามารถในการใช้ภาษาอธิบายให้ตรงกับประเด็นสาระที่คิดอยู่ในใจ โดยครูช่วยให้ข้อมูลย้อนกลับและบันทึกทุกถ้อยคำของนักเรียนบนกระดาน ช่วยนักเรียนจัดระบบข้อมูลในสมอง กิจกรรมที่ช่วยให้นักเรียนบรรลุความสำเร็จได้ คือ

5.1 ให้นักเรียนบอกตัวอย่างของมโนทัศน์เพิ่มเติมจากที่ครูกำหนดให้หรือจากที่นักเรียนได้เสนอไว้แล้วเป็นการคิดทบทวนยืนยันความคิดเดิม โดยครูให้ข้อมูลย้อนกลับและเขียนข้อมูลทุกข้อมูลของนักเรียนบนกระดาน

5.2 ให้นักเรียนช่วยกันบอกลักษณะเฉพาะของมโนทัศน์นั้น ครูเขียนข้อมูลตามที่นักเรียนบอกบนกระดานโดยเขียนเรียงมาเป็นข้อ ๆ

5.3 ให้นักเรียนบอกความสัมพันธ์ของมโนทัศน์นั้นกับมโนทัศน์อื่นที่เกี่ยวข้องใกล้เคียงกัน

5.4 ให้นักเรียนพยายามบอกคำจำกัดความของมโนทัศน์นั้น โดยการให้นักเรียนอธิบายว่าอะไรที่ทำให้นักเรียนสามารถบอกได้ว่าสิ่งต่าง ๆ ที่ครูเสนอมาใช่ตัวอย่างหรือไม่ใช่ตัวอย่าง ตัวอย่างเทคนิคที่สามารถนำมาใช้ได้ในขั้นตอนนี้ เช่น ใช้คำถามให้นักเรียนย้อนระลึกถึงกระบวนการต่าง ๆ ที่นักเรียนใช้สืบค้นและรวบรวมข้อมูล ตั้งสมมติฐานและทดสอบสมมติฐาน เป็นการทวนเพื่อให้นักเรียนได้เห็นกระบวนการคิดของตัวเอง

นอกจากทฤษฎีและแนวคิดของบรูเนอร์แล้วจอยส์ และเรล (Joyce and Well, 1980) ยังได้อธิบายรูปแบบการสอนให้เกิดมโนทัศน์กว้าง โดยยึดทฤษฎีและแนวคิดของ ออซูเบล (Ausupel) โดยมีสาระสำคัญดังนี้

1. ในศาสตร์ต่าง ๆ จะมีโครงสร้างความคิดรวบยอดในแต่ละเรื่องที่มีความสัมพันธ์กัน สามารถนำมาเขียนเป็นแผนภูมิสาขาแบบต้นไม้ในลักษณะที่เป็น Concept Mapping ได้ และจะมีความคิดรวบยอดส่วนหนึ่งที่เป็นจุดรวมครอบคลุมอยู่เหนือความคิดรวบยอดประเด็นย่อยอื่น ๆ ความเข้าใจประเด็นย่อยนี้จะเป็นพื้นฐานช่วยให้เกิดความเข้าใจความคิดรวบยอดอื่น ๆ ทั้งหมด

2. การเรียนรู้จะเกิดขึ้นได้ก็ต่อเมื่อนักเรียนสามารถเชื่อมโยงความรู้ใหม่ที่ได้รับมาผสมผสานเข้ากับความรู้เก่า

3. นักเรียนจะได้ฝึกการใช้ความคิดเชื่อมโยงโดยมีสาระเป็นสื่อ

4. ครูมีบทบาทสำคัญในการช่วยเหลือให้นักเรียนได้คิดรวบรวมข้อมูล เพื่อจัดเป็นโครงสร้างความคิดของตนเอง

5. การเขียนแผนผังความคิดรวบยอดจะช่วยให้ครูสามารถเลือกจัดระบบระเบียบในการนำเสนอข้อมูลอย่างเหมาะสมให้กับนักเรียนได้

6. ครูสามารถใช้วิธีการให้ความคิดรวบยอดและกฎเกณฑ์แก่นักเรียนเป็นการนำเข้าสู่บทเรียนก่อนลงมือสอนรายละเอียดอย่างได้ผล

โดยรูปแบบการสอนมโนทัศน์ตามทฤษฎีและแนวคิดของออซูเบล สามารถนำมาแสดงตัวอย่างเป็นขั้นตอนในการสอนดังนี้

1. ครูให้สาระหลักเป็นสื่อเชื่อมโยงความรู้ใหม่และความรู้เก่าให้เข้ากัน ตัวอย่างเทคนิคที่สามารถนำมาใช้ได้ในขั้นตอนมีดังนี้

1.1 วิธีการเตรียมหาสาระหลักของเนื้อหาที่ต้องการสอน ทำได้โดยการเขียนแผนผังความคิดรวบยอดทั้งหมด

1.2 ครูแสดงแผนผังความคิดรวบยอดนั้นให้นักเรียนดูด้วย

2. ครูเสนอเนื้อหาใหม่ ตัวอย่างเทคนิคที่สามารถนำมาใช้ได้ในขั้นตอนนี้ มีดังนี้

2.1 กระตุ้นให้นักเรียนตั้งใจรับฟัง

2.2 เสนอสาระอย่างกระจ่างและเป็นระบบให้นักเรียนเชื่อมโยงเห็นความเป็นเหตุเป็นผลกันของข้อมูลตามแผนผังความคิดรวบยอดที่นำเสนอไว้ โดยเริ่มจากหัวข้อใหญ่ก่อน ตามด้วยหัวข้อย่อย ๆ ที่กระจายออกไป

3. ครูให้นักเรียนผสมผสานความรู้ ตัวอย่างเทคนิคที่สามารถนำมาใช้ได้ในขั้นตอน

3.1 กระตุ้นให้นักเรียนแสดงการบูรณาการ

3.1.1 ให้นักเรียนกล่าวข้อความแสดงภาพรวมของเรื่องนั้นอย่างกว้าง ๆ

3.1.2 ให้นักเรียนสรุปลักษณะสำคัญของเนื้อเรื่อง

3.1.3 ให้นักเรียนคำนิยามให้ถูกต้อง

3.1.4 ให้นักเรียนบอกความแตกต่างของแง่มุมในสาระนั้น

3.1.5 ให้นักเรียนบรรยายว่าเนื้อหาสาระที่ครูให้นั้นสนับสนุนความคิดรวบยอดในตอนต้นอย่างไร

3.2 กระตุ้นให้นักเรียนตื่นตัวในการเรียนรู้

3.2.1 ให้นักเรียนบรรยายว่าเนื้อหาใหม่เชื่อมโยงกับเนื้อหาเก่าอย่างไร

3.22 ให้นักเรียนยกตัวอย่างเพิ่มเติมจากสิ่งที่เรียน

การจัดการเรียนการสอนที่ทำให้นักเรียนมีความเข้าใจมโนทัศน์วิทยาศาสตร์มากขึ้นนั้น ครูควรเลือกใช้วิธีการสอนให้เหมาะกับบริบทต่าง ๆ ของนักเรียนและบริบททางสังคม โดยครูควรให้ความสำคัญกับความรู้เดิมหรือประสบการณ์เดิมของผู้เรียน พร้อมทั้งคำนึงถึงธรรมชาติในตัวผู้เรียนว่ามีความต้องการอะไร ธรรมชาติของเนื้อหาวิชากลวิธีและสื่อการสอนต่าง ๆ ที่จะกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดความเข้าใจมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ได้มากยิ่งขึ้น โดยอาจให้นักเรียนได้เรียนรู้เพื่อให้เกิดมโนทัศน์ของสิ่งใดสิ่งหนึ่งกับนักเรียนทำได้โดยผ่านขั้นตอน เช่น การให้นักเรียนสังเกตความคล้ายคลึงและความแตกต่างของสิ่งต่าง ๆ การให้นักเรียนจำแนกสิ่งต่าง ๆ ออกเป็นกลุ่มตามลักษณะบางอย่างที่กำหนดขึ้นเป็นเกณฑ์ การให้นักเรียนบอกลักษณะร่วมของสิ่งของที่อยู่รวมกลุ่มกันนั้น เพื่อให้เห็นภาพรวมของแต่ละกลุ่มแล้วกระบวนการฝึกทักษะการคิดจะเกิดขึ้นกับนักเรียน เมื่อนักเรียนทำการจำแนกประเภทสิ่งของเพื่อสร้างมโนทัศน์ของสิ่งนั้น นอกจากนั้นความคิดรวบยอดในแต่ละเรื่องที่มีความสัมพันธ์กัน สามารถช่วยให้เกิดความเข้าใจมโนทัศน์ได้ดียิ่งขึ้นอีกด้วย

5. การวัดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์

5.1 ลักษณะแบบทดสอบวัดความเข้าใจมโนทัศน์

การวัดความเข้าใจมโนทัศน์ มีผู้คิดรูปแบบและแนวทางในการวัดความเข้าใจมโนทัศน์ ไว้หลากหลายและแตกต่างกัน ดังนี้

Jenkin และ Deno (1971) เสนอวิธีการวัดความเข้าใจมโนทัศน์ 4 วิธี

1. แบบทดสอบอัตนัย ให้เขียนนิยามของมโนทัศน์
2. แบบทดสอบอัตนัย ให้ยกตัวอย่างมโนทัศน์
3. แบบทดสอบแบบปรนัยหรืออัตนัย ให้จำแนกประเภท
4. แบบทดสอบแบบปรนัยหรืออัตนัย ให้วิเคราะห์คำนิยาม

พรประสิทธิ์ ศรีสุพรรณ (2553 อ้างอิงมาจาก Haslum, Osborne and Freyberg, 1988) ได้เสนอวิธีการวัดความเข้าใจมโนทัศน์ดังนี้

1. การสัมภาษณ์โดยใช้ตัวอย่างมโนทัศน์ โดยใช้บัตรคำแสดงลายเส้นหรือรูปภาพของวัตถุของมโนทัศน์ที่ต้องการถาม ผู้สัมภาษณ์จะนำเสนอทีละใบเพื่อให้นักเรียนดูภาพแล้วถามเกี่ยวกับภาพในบัตรคำนั้น
2. การสัมภาษณ์โดยใช้เหตุการณ์ โดยมีการสาธิตปรากฏการณ์จริง ๆ ให้นักเรียนดู หรือวาดปรากฏการณ์ดังกล่าวลงบนบัตรคำ เพื่อสำรวจความคิดของนักเรียน
3. แบบทดสอบปรนัย และมีการอธิบายเหตุผลประกอบการเลือกคำตอบ
4. แผนผังมโนทัศน์
5. คำถามของนักเรียน โดยครูกระตุ้นให้นักเรียนถามคำถามในระหว่างทำกิจกรรมเพื่อพิจารณาความเข้าใจมโนทัศน์ขิงนักเรียน

Odum และ Kelly (2001) เสนอแบบวัดความเข้าใจมโนทัศน์ว่าเป็นแบบเลือกตอบ ซึ่งประกอบด้วยข้อคำถาม 2 ตอน (Two-tier multiple choice format) คือ

ตอนที่ 1 เป็นข้อคำถามเชิงเนื้อหา มีตัวเลือก 2-4 ตัวเลือก

ตอนที่ 2 เป็นเหตุผลสนับสนุนคำตอบที่เลือกในตอนที่ 1 ซึ่งมี 4 เหตุผล

ตัวอย่างแบบวัดเป็นดังนี้

ข้อคำถาม สมบัติเฉพาะตัวของสารประกอบไอออนิกในสถานะของแข็ง คือ

ก. เป็นผลึก

ข. ละลายน้ำได้

ค. มีจุดหลอมเหลวสูง

ง. นำไฟฟ้าได้ดีเมื่อหลอมเหลว

เหตุผลที่เลือกตอบข้อดังกล่าว

1. ยังคงเป็นของแข็งได้ทุกอุณหภูมิ
2. เป็นของแข็งที่อุณหภูมิห้อง เมื่อหลอมเหลวจะนำไฟฟ้าได้ดี
3. ละลายน้ำได้ดีทุกชนิด
4. ทุกชนิดมีจุดหลอมเหลวสูง

สุวิทย์ มูลคำ (2551) กล่าวว่า การวัดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์หลังจากผู้สอนจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการคิดเชิงมโนทัศน์จำเป็นต้องตรวจสอบความคิดเชิงมโนทัศน์หรือความคิดรวบยอดของผู้เรียน โดยสามารถสรุปความสามารถของผู้เรียนที่เกิดความคิดรวบยอดแล้วได้ดังนี้

1. บอกระบุเรียกชื่อความคิดรวบยอดนั้นได้
2. คัดเลือกจำแนกแยกแยะยกตัวอย่างและสิ่งที่ไม่ใช่ตัวอย่างของความคิดรวบยอด นั้นได้
3. บอกลักษณะเฉพาะที่จำเป็นและไม่จำเป็นของความคิดรวบยอดนั้นได้
4. บอกลำดับขั้นของความคิดรวบยอดนั้น (ลำดับขั้นที่สูงกว่า ลำดับขั้นที่อยู่ในกลุ่มเดียวกัน และลำดับขั้นที่ต่ำกว่า)ได้
5. อธิบาย สรุป ความหมายคำจำกัดความของความคิดรวบยอดนั้นจากความรู้ความเข้าใจของตนด้วยภาษาคำพูดของตนเองได้

ชนาธิป พรกุล (2554) กล่าวว่า การวัดผลการเรียนรู้มโนทัศน์มีหลายระดับตั้งแต่ระดับที่มีความซับซ้อนน้อยไปจนถึงระดับที่มีความซับซ้อนมากโดยแบ่งระดับการวัดผลออกเป็น 4 ระดับ ดังนี้

1. ความสามารถในการระบุลักษณะสำคัญและไม่ใช่ลักษณะสำคัญ
2. ความสามารถในการจำแนกสิ่งที่เป็นตัวอย่างและสิ่งที่ไม่ใช่ตัวอย่าง
3. ความสามารถในการระบุกฎของมโนทัศน์
4. ความสามารถในการใช้มโนทัศน์ในสถานการณ์อื่น

จากการศึกษารูปแบบและแนวทางในการวัดความเข้าใจมโนทัศน์จะมีความคล้ายคลึงกัน ไม่ว่าจะเป็นการสัมภาษณ์ การใช้แบบทดสอบปรนัย การใช้แบบทดสอบอัตนัย โดยในงานวิจัยนี้จะใช้แบบทดสอบตามวิธีของ Osborne และ Freyberg มาปรับใช้ ซึ่งเป็นแบบปรนัย 4 ตัวเลือก พร้อมทั้งอธิบายเหตุผลสนับสนุน สาเหตุที่ผู้วิจัยเลือกใช้เพราะสามารถออกแบบทดสอบที่มีจำนวนข้อให้ครอบคลุมเนื้อหาทั้งหมดได้ และสามารถตรวจสอบว่าผู้ตอบใช้เหตุผลอะไรในการตอบคำถาม สามารถแยกระดับความเข้าใจมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนได้อย่างละเอียด อีกทั้งผู้ตอบมีโอกาสใช้ความรู้ แสดงความคิดเห็นและความสามารถในการใช้ภาษาได้อีกด้วย

5.2 เกณฑ์การให้คะแนนความเข้าใจมโนทัศน์

Westbrook และ Marek (1992) กำหนดเกณฑ์การให้คะแนนเป็น 5 กลุ่ม ดังนี้

1. ความเข้าใจมโนทัศน์ ในระดับที่สมบูรณ์ (Complete Understanding: CU) ให้ 3 คะแนน

2. ความเข้าในมโนทัศน์ ในระดับที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (Partial Understanding: PU) ให้ 2 คะแนน

3. ความเข้าใจมโนทัศน์ ในระดับที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (Partial Understanding with Specific Alternative Conception: PS) ให้ 1 คะแนน

4. ความเข้าใจมโนทัศน์ ในระดับที่คลาดเคลื่อน (Alternative Conception: AC) ให้ 0 คะแนน

5. ความไม่เข้าใจ (No Understanding: NU) หมายถึง ให้ 0 คะแนน

วรรณจรีย์ มังสิงห์ (2555 อ้างอิงมาจาก เสาวนีย์ สังฆะขี, 2554) ได้กำหนดเกณฑ์การให้คะแนนความเข้าใจมโนทัศน์ ดังนี้

1. ความเข้าใจมโนทัศน์ ในระดับที่สมบูรณ์ (Complete Understanding, CU) ให้ 3 คะแนน

2. ความเข้าใจมโนทัศน์ ในระดับที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (Partial Understanding, PU) ให้ 2 คะแนน

3. ความเข้าใจมโนทัศน์ ในระดับที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (Partial Understanding with Specific Alternative Conception, PS ให้ 1 คะแนน

4. ความเข้าใจมโนทัศน์ ในระดับที่คลาดเคลื่อน (Alternative Conception, AC) ให้ 0 คะแนน

5. ความไม่เข้าใจ (No Understanding, NU) ให้ 0 คะแนน

จากการศึกษาเกณฑ์การให้คะแนนความเข้าใจมโนทัศน์ พบว่าเกณฑ์การให้คะแนนคล้ายกัน ผู้วิจัยนี้จึงนำเกณฑ์การให้คะแนนมโนทัศน์ตามนิยาม Westbrook และ Marek มาปรับใช้ดังนี้

1. ความเข้าใจที่สมบูรณ์ (Complete Understanding : CU) หมายถึง คำตอบของ นักเรียนถูกและการให้เหตุผลถูกต้องสมบูรณ์ ครบองค์ประกอบที่สำคัญในแต่ละแนวคิดให้ 3 คะแนน โดยมีองค์ประกอบดังนี้

1.1 ระบุแนวคิดในการคำนวณ โดยมีองค์ความรู้หรือหลักการ

1.2 แสดงวิธีการคำนวณได้ถูกต้อง

1.3 ได้คำตอบที่ถูกต้องตามที่โจทย์กำหนด

2. ความเข้าใจที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (Partial Understanding : PU) หมายถึง คำตอบของนักเรียนถูกต้องและการให้เหตุผลถูก แต่ขาดองค์ประกอบที่สำคัญบางส่วน ให้ 2 คะแนน

3. ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (Partial Understanding with Specific Alternative Conception : PS) หมายถึง คำตอบของนักเรียนถูกบางส่วน แต่บางส่วนแสดงความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน ให้ 1 คะแนน

4. ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน (Alternative Conception : AC) หรือความไม่เข้าใจ (No Understanding : NU) หมายถึง คำตอบของ นักเรียนแสดงความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนทั้งหมด หรือ คำตอบของนักเรียนไม่ตรงกับ คำถาม หรือนักเรียนไม่ตอบคำถาม ให้ 0 คะแนน

การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์

จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ ในแต่ละประเด็น มีรายละเอียดดังนี้

1. ความหมายของการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์

Klahr และ Dunbar (1988) กล่าวว่า ความสามารถในการให้เหตุผลวิทยาศาสตร์ เป็นความสามารถในการสร้างมโนทัศน์ใหม่ จากหลักฐานที่ได้จากการค้นคว้าทดลองในการทำงานทางวิทยาศาสตร์ โดยอาศัยกระบวนการคิดของนักวิทยาศาสตร์

Frank (2005) กล่าวว่า ความสามารถในการให้เหตุผลวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างมีเหตุผลผ่านวิธีการทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งประกอบด้วยการสังเกต และระบุปัญหา การให้เหตุผลแบบอุปนัยและนิรนัยการสร้างสมมติฐาน การทดลอง การตีความ การลงข้อสรุปอย่าง สมเหตุสมผล และการประเมินเชิงวิพากษ์

Mayer (2003) กล่าวว่า “การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ คือ กระบวนการทดสอบสมมติฐานอย่างเป็นระบบและเป็นการสร้างสมมติฐานของบุคคล โดยผ่านการปฏิบัติการทดลอง เพื่อที่จะทดสอบความเป็นไปได้ของสมมติฐานและสร้างสมมติฐานใหม่เมื่อสมมติฐานเดิมถูกปฏิเสธ”

Holyoak และ Morrison (2005) อธิบายไว้ว่า การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ เป็นการคิดซึ่งเริ่มต้นจากข้อกล่าวอ้าง นำไปสู่การอนุมาน การลงความเห็น หรือการตัดสินใจแก้ปัญหา เพื่อเป็นการวิเคราะห์ธรรมชาติของโครงสร้างทางปัญญาและการให้เหตุผล ทางวิทยาศาสตร์

Zimmerman (2005) ได้ให้ความหมายของความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ว่า เป็นความสามารถในการคิดและการให้เหตุผลซึ่งเกี่ยวข้องกับการสืบสอบ การทดลอง การประเมิน หลักฐาน การอนุมาน และการโต้แย้งที่นำไปสู่การเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์หรือส่งเสริมความเข้าใจด้านวิทยาศาสตร์

Howson และ Urbach (2006) อธิบายไว้ว่า การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์เป็นกระบวนการที่ใช้สำรวจ ตรวจสอบทฤษฎีหรือสมมติฐานทางวิทยาศาสตร์ ผ่านการทำการทดลองเพื่อให้ได้ผลลัพธ์หรือ ข้อเท็จจริงที่มีเหตุมีผลและมีหลักฐานทางวิทยาศาสตร์มาช่วยสนับสนุน ยืนยันความเป็นไปได้ของทฤษฎี หรือสมมติฐานนั้น

Lawson (2009) อธิบายไว้ว่า การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์เป็นการคิดของมนุษย์ที่ใช้ในการแสวงหาองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ โดยเริ่มต้นจากการสำรวจปรากฏการณ์ที่พบในธรรมชาติ พยากรณ์สิ่งต่าง ๆ ที่จะเกิดขึ้น และรวบรวมหลักฐานเชิงประจักษ์ต่าง ๆ จนสามารถลงข้อสรุปในองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์นั้นได้

Schen (2007) ได้ให้ความหมายของความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ว่า เป็นความสามารถในการสร้างความรู้ทางวิทยาศาสตร์ผ่านการให้เหตุผลโดยมีหลักฐาน ซึ่งอาจเป็นการให้เหตุผลแบบอุปนัยหรือนิรนัย

Zeineddin และ Abd-EL-Khalick (2010) ได้ให้ความหมายของการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ว่า เป็นกระบวนการคิดที่เกี่ยวข้องกับการค้นคว้าหาสาเหตุจนกระทั่งอนุมานไปถึงข้อสรุปโดยให้เหตุผลเชื่อมโยงระหว่างแนวคิดทฤษฎีกับหลักฐานเชิงประจักษ์

Moshman (2011) กล่าวว่า “การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ คือ การคิดอย่างมีเหตุผล อันนำไปสู่ข้อสรุปทางวิทยาศาสตร์ โดยใช้กระบวนการอนุมาน การทดสอบสมมติฐาน การพยากรณ์ การสำรวจตรวจสอบปรากฏการณ์อย่างมีเหตุผล และเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างทฤษฎีและหลักฐานเชิงประจักษ์ จนนำไปสู่ความเข้าใจในทฤษฎีและหลักการทางวิทยาศาสตร์”

จันทร์เพ็ญ เชื้อพานิช (2542) กล่าวว่า “การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ เป็นวิธีการหนึ่งที่จะได้แนวคิดซึ่งเป็นข้อมูลเบื้องต้นในการเริ่มต้นศึกษาค้นคว้าอย่างเป็นระบบ นักวิทยาศาสตร์ได้ใช้วิธีการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์เพื่อให้ได้แนวทางในการค้นคว้าทดลองมาโดยตลอด วิธีการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์เป็นวิธีการคิดหาความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งที่ปรากฏอยู่กับสิ่งที่มนุษย์ต้องการจะรู้ หรืออาจกล่าวอีกนัยหนึ่งว่า เป็นการสรุปความรู้ใหม่จากสิ่งที่รู้อยู่แล้ว โดยใช้เหตุใช้ผลใช้ความสัมพันธ์ระหว่างความรู้ที่มีอยู่”

โดยสรุป การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์เป็นความสามารถที่เกิดจากการลงข้อสรุปที่ถูกต้องในการบอกความสัมพันธ์ระหว่างเหตุกับผลและเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างทฤษฎีและ

หลักฐานเชิงประจักษ์ โดยใช้หลักฐานทางวิทยาศาสตร์ได้จากการศึกษาค้นคว้า สำรวจ ตรวจสอบหรือทำการทดลองอย่างมีเหตุผล จนนำไปสู่การสรุปเป็นองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์

2. ประเภทของการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์

Holyoak และ Morrison (2005) ได้จำแนกการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์เป็น 2 ประเภท ได้แก่

1. การให้เหตุผลแบบนิรนัย (Deductive reasoning) เป็นกระบวนการในการตรวจสอบทางวิทยาศาสตร์ โดยการตั้งสมมติฐานจากข้อมูลหรือกฎเกณฑ์ทั่วไป แล้วทำการทดสอบสมมติฐานจนได้ข้อสรุป

2. การให้เหตุผลแบบอุปนัย (Inductive reasoning) เป็นกระบวนการให้เหตุผลโดยใช้การสังเกตจนได้ความรู้ที่จำเพาะ แล้วมีการทดสอบผลจนกระทั่งเป็นกฎเกณฑ์ที่นำไปสู่ทฤษฎีที่ใช้ในการอธิบายปรากฏการณ์ทางธรรมชาติ

Verlinden (2005) ได้จำแนกประเภทของการให้เหตุผลเป็น 2 ประเภท ได้แก่

1. การให้เหตุผลแบบนิรนัย (Deductive reasoning) คือ การโต้แย้งเพื่อลงข้อสรุป รวมถึงการใช้หลักฐาน ข้อโต้แย้งที่นำมาให้เหตุผลเป็นความรู้ที่ทราบชัดเจนเสนอเพื่อสนับสนุนการสรุปสมมติฐานจนนำมาสู่ข้อสรุปที่มีความชัดเจน

2. การให้เหตุผลแบบอุปนัย (Inductive reasoning) คือ ข้อโต้แย้งที่มีความเป็นไปได้ในการแทนข้อสรุปที่สมบูรณ์ หรือเป็นการให้เหตุผลจากสิ่งที่รู้ เพื่อสนับสนุนการสรุปสมมติฐานที่ยังไม่ทราบ

Hausmanna และ Schro'der (2010) ได้จำแนกการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ออกเป็น 2 ประเภท ได้แก่

1. การให้เหตุผลแบบนิรนัย (Deduction or Deductive Reasoning) คือ การอ้างเหตุผลที่ข้อสรุปเป็นจริงตามเงื่อนไขของข้ออ้าง ซึ่งข้อสรุปนั้นจะเป็นเท็จไม่ได้

2. การให้เหตุผลแบบอุปนัย (Induction or Inductive Reasoning) เป็นการอ้างเหตุผลที่มีข้ออ้างจริงทุกข้อ แต่ข้ออ้างอาจไม่ได้สนับสนุนข้อสรุปทั้งหมด ดังนั้นข้อสรุปจึงอาจเป็นเท็จได้

Lawson (2010) จำแนกประเภทของการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ไว้ 4 ประเภท ได้แก่ 1) การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์แบบ (Adductive Reasoning) เป็นการให้เหตุผลที่เกิดขึ้นจากกระบวนการสรุปเปรียบเทียบสมมติฐานหรือข้อกล่าวอ้างกับหลักฐานที่สนับสนุนสมมติฐานนั้น 2) การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์แบบ (Reproductive Reasoning) เป็นการให้เหตุผลที่เกิดจากการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์แบบ Abduction ก่อน แล้วจึงมีการอนุมานเพิ่มเติมเพื่อหาข้อสรุปสุดท้าย 3) การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์แบบนิรนัย (Deductive Reasoning) เป็นการให้เหตุผล

เพื่อทดสอบสมมติฐานที่สามารถทำนายปรากฏการณ์ในอนาคต โดยเป็นกระบวนการคิดจากความรู้ทั่วไปสู่ความรู้ในเรื่องที่มีความจำเพาะ 4) การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ แบบอุปนัย (Inductive Reasoning) เป็นการให้เหตุผลที่ช่วยสนับสนุนหรือคัดค้านข้อสรุป โดยเป็นกระบวนการคิดจากความรู้ที่มีความจำเพาะไปสู่ความรู้ทั่วไป

จันทร์เพ็ญ เชื้อพานิช (2542) ได้แบ่งประเภทของการให้เหตุผลที่เป็นองค์ประกอบของการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ไว้ 3 ประเภท ดังต่อไปนี้

1. การให้เหตุผลแบบนิรนัย (Deduction or Deductive Reasoning) เป็นกระบวนการคิดที่เชื่อมโยงความรู้ทั่วไปสู่เรื่องที่เฉพาะเจาะจงขึ้นหรือเป็นความรู้เฉพาะหน่วย นั่นก็คือ การใช้ แนวคิด หลักการ ทฤษฎี หรือกฎ เพื่อมาอธิบายสิ่งใดสิ่งหนึ่งหรือหาข้อสรุปในเรื่องเฉพาะหน่วย คำอธิบายหรือข้อสรุปที่ได้รับจะเป็นความรู้ใหม่ที่ได้จากเหตุผล ซึ่งเชื่อมโยงกับความรู้ที่ปรากฏ

2. การให้เหตุผลแบบอุปนัย (Induction or Inductive Reasoning) เป็นกระบวนการคิดที่เชื่อมโยงเพื่อหาข้อสรุปที่เป็นหลักการทั่วไปจากความจริง ซึ่งรวบรวมได้จากการสังเกตโดยตรง นั่นก็คือการสรุปอ้างอิงจากเหตุการณ์เฉพาะหน่วยเพื่อให้ได้หลักการทั่วไป

3. การให้เหตุผลแบบอุปนัย-นิรนัยหรือวิธีการนิรนัย-อุปนัย (Inductive-Deductive Method) เป็นกระบวนการคิดที่เริ่มต้นจากการสังเกต แล้วนำข้อมูลที่ได้ไปสรุปความรู้นี้คือ การคิด หรือการให้เหตุผลแบบอุปนัยแล้วตั้งสมมติฐานตามข้อสรุปที่เป็นอุปนัยได้ และทำการทดสอบสมมติฐาน โดยการรวบรวมข้อมูลเพิ่มเติม เพื่อพิจารณาว่าข้อมูลที่ศึกษาได้จะสนับสนุนสมมติฐาน หรือไม่ อีกนัยหนึ่งคือ ถ้าสมมติฐานเป็นจริงเราจะพบอะไร เป็นการลงความเห็นโดยพิจารณาจาก หลักการทั่วไปสู่ เรื่องเฉพาะเจาะจงซึ่งก็คือ การให้เหตุผลเชิงนิรนัย

วิทยา ศักยาภินันท์ (2548) ได้ประเภทของการให้เหตุผลที่เป็นองค์ประกอบของการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ไว้ 2 ประเภท ตามลักษณะของการอ้าง ได้แก่

1. การให้เหตุผลแบบนิรนัย (Deduction) เป็นวิธีอ้างเหตุผลที่ข้ออ้างซึ่งนำมาเป็นหลักฐานสำหรับการอนุมานเป็นความจริง (ซึ่งอาจเป็นความเข้าใจของผู้อ้างเอง) และถ้ามีความสมเหตุสมผลจะทำให้ข้อสรุปจริงตามไปด้วยอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้อาจ เรียกการอนุมานแบบจำเป็น (Necessary inference) โดยที่ข้ออ้างและข้อสรุปแทบกล่าวได้ว่าเป็นสิ่งเดียวกัน เช่น สามเหลี่ยมทุกรูปมีมุมภายในเท่ากับ 180 องศา หน้าบันพระอุโบสถเป็นรูปสามเหลี่ยม ฉะนั้น หน้าบันพระอุโบสถมีมุมภายในเท่ากับ 180 องศา วิธีการอ้างแบบนิรนับนี้จะให้ความสำคัญต่อรูปแบบการอ้าง เพื่อให้ความสัมพันธ์ของข้ออ้างและข้อสรุปเป็นไปอย่างสมเหตุสมผล จึงเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า ตรรกศาสตร์เชิงแบบแผน (Formal logic)

2. การให้เหตุผลแบบอุปนัย (Induction) เป็นวิธีการอ้างเหตุผลที่ข้ออ้างซึ่งนำมาเป็นหลักฐานสำหรับการอนุมานเป็นประสบการณ์ ซึ่งอาจเป็นประสบการณ์เพียงครั้งเดียวหรือหลายครั้งในสิ่งเดียวกัน ข้อสรุปที่ได้มาไม่ใช่ความจริงแบบจำเป็น แต่เป็นความจริงเพียงบางส่วนซึ่งอยู่ในระดับความน่าเชื่อว่าจะเป็นเช่นนั้น โดยขึ้นอยู่กับความจริงของข้ออ้างว่าจะสนับสนุน ข้อสรุปมากน้อยเพียงใด เช่น แท็กซี่ที่นั่งวานขึ้นเป็นรถญี่ปุ่น แท็กซี่ที่นั่งวานนี้เป็นรถญี่ปุ่น แท็กซี่ ที่นั่งวันเป็นรถญี่ปุ่น ฉะนั้น เป็นไปได้ว่าแท็กซี่ทั้งหมดจะเป็นรถญี่ปุ่น วิธีการอ้างแบบอุปนัยนี้จะให้ความสำคัญต่อเนื้อหาการอ้าง เพื่อให้ข้อสรุปมีน้ำหนักน่าเชื่อถือ จึงเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า ตรรกศาสตร์แบบเนื้อหา (Material logic)

กีรติ บุญเจือ (2550) ได้แบ่งประเภทของการให้เหตุผลที่เป็นองค์ประกอบของการให้ เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ไว้ 2 ประเภท ดังนี้

1. การให้เหตุผลแบบนิรนัย (Deduction or Deductive Reasoning) คือ การแสดงออกของการอ้างเหตุผลอย่างตรง ๆ ที่ต้องมีองค์ประกอบเป็น 3 ประโยค ตรรกวิทยาที่จะมีมากหรือ น้อยกว่านี้ไม่ได้ เพราะการอ้างเหตุผลครั้งหนึ่ง ๆ ในมโนทัศน์จะต้องมีการตัดสินอยู่ก่อน 2 ครั้ง ซึ่งในการตัดสินใจทั้งสองครั้งนี้จะต้องมีมโนทัศน์เดียวกันอยู่ส่วนหนึ่ง นั่นหมายความว่าการตัดสินเดิม 2 ครั้ง นั้นมีมโนทัศน์อยู่ 3 หน่วย ไม่มากน้อยกว่านั้น ครั้นตัดสินครั้งที่ 3 ก็เอามโนทัศน์อีก 2 หน่วย ที่เหลือมาตัดสิน ไม่ได้มีมโนทัศน์ใหม่เพิ่มขึ้น โดยที่สองประโยคแรกที่มาจากการตัดสินใจ 2 ครั้ง ดังเดิม เรียกว่า ประโยคข้าง ส่วนประโยคที่สามมาจากการตัดสินสุดท้าย เรียกว่าประโยคสรุป

2. การให้เหตุผลแบบอุปนัย (Induction or Inductive Reasoning) คือ การพิสูจน์ โดยอ้างประสบการณ์ เฉพาะหน่วยสนับสนุน ข้อความทั่วไปที่เรายังไม่แน่ใจ เช่น เราเคยเห็นต้นมะพร้าวมาจำนวนมากแล้ว ปรากฏว่าไม่แตกกิ่งก้าน เหมือนต้นไม้อื่น ๆ เราก็อนุมานเป็นกฎทั่วไปว่า “ต้นมะพร้าวทุกต้นไม่แตกกิ่งก้าน”

สมภาร พรมทา (2551) ได้แบ่งประเภทของการให้เหตุผลที่เป็นองค์ประกอบของการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ไว้ 2 ประเภท ดังนี้

1. การให้เหตุผลแบบอุปนัย (Induction or Inductive Reasoning) เป็นฐานทางความคิดของวิชาวิทยาศาสตร์ ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ได้มาจากการทดลอง ซึ่งก็คือการรวบรวมข้อมูลที่แสดงว่าสิ่งใดสิ่งหนึ่ง เป็นอย่างนี้อย่างนั้นแล้วก็สรุปเป็นกฎว่า ถ้าพบกรณีอย่างนี้อีกผลก็จะปรากฏเช่นที่เคย ทดลองหรือรวบรวมมา เช่น การรวบรวมข้อมูลว่าคนดื่มเหล้าเป็นประจำจะเป็นโรคตับแข็งมากกว่าคนที่ไม่ดื่ม

2. การให้เหตุผลแบบนิรนัย (Deduction or Deductive Reasoning) เป็นการใช้ความคิดโดยไม่พิจารณาข้อเท็จจริงในโลก เป็นการค่อย ๆ คิดขยายออกไปที่ละน้อยจากสิ่งที่มั่นใจ

อยู่แล้ว จึงเหมาะกับการวินิจฉัยสถานการณ์บางสถานการณ์ที่ไม่มีข้อมูลให้เราได้รู้เห็น เช่น เช้านี้เพื่อนโทรศัพท์มาคุยแล้วบอกว่าสุนัขที่บ้านออกลูก เราสามารถรู้ทันทีว่าสุนัขตัวนั้นจะต้องเป็นเจ้าส้มลิ้มไม่ใช่เจ้าส้มจุก เพราะทั้งสองตัวนี้ ตัวแรกเป็นตัวเมีย ตัวที่สองเป็นตัวผู้

โดยสรุปประเภทของการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์สามารถจำแนกได้ 2 ประเภทใหญ่ ๆ ได้แก่ 1) การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์แบบนิรนัย (Deductive Reasoning) เป็นกระบวนการในการตรวจสอบทางวิทยาศาสตร์โดยการตั้งสมมติฐานจากข้อมูลหรือกฎเกณฑ์ทั่วไปแล้วทดสอบสมมุติฐานเพื่อให้ได้ข้อสรุป และ 2) การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์แบบอุปนัย (Inductive Reasoning) เป็นกระบวนการให้เหตุผลที่ช่วยสนับสนุนหรือคัดค้านข้อสรุปเพื่อสนับสนุนการสรุปสมมติฐานที่ยังไม่ทราบ

3. แนวทางการวัดและประเมินการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์

Lawson (2009) ได้ใช้แนวทางในการวัดและประเมินความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ โดยแบบวัดนี้ แบ่งเป็น 2 ตอน ดังนี้

ส่วนที่ 1 เป็นข้อคำถามเนื้อหาที่เป็นสถานการณ์ อาจมีรูปภาพประกอบ เพื่อใช้ในการวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ การวิเคราะห์สถานการณ์สร้างคำพยากรณ์จากปัญหาที่กำหนดให้จากสถานการณ์ โดยข้อสอบสามารถเลือกใช้ได้ 2 ประเภท คือ

1. ข้อสอบประเภทที่เป็นแบบเลือกตอบ ที่มีตัวเลือก 2-4 ตัวเลือก
2. ข้อสอบประเภท เขียนตอบแบบเติมคำหรือเขียนตอบอย่างสั้น

ส่วนที่ 2 เป็นคำถามที่ให้เลือกตอบเหตุผลที่เลือกคำตอบในส่วนที่ 1

Bao และคณะ (2009) ได้ใช้แนวทางการวัดและประเมินความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ แบบวัดการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ในชั้นเรียนของ Lawson (Lawson's Classroom Test of Scientific Reasoning (LCTSR)) ซึ่งแบบวัดนี้แบ่งเป็น 2 ตอน ได้แก่

ตอนที่ 1 ข้อคำถามเชิงเนื้อหาที่เป็นสถานการณ์ พร้อมกับมีข้อมูลรูปภาพประกอบเพื่อวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ รวมถึงวิเคราะห์สถานการณ์สร้างคำพยากรณ์และแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นจากสถานการณ์ที่กำหนดให้ โดยข้อสอบสามารถเลือกใช้ได้ 2 ประเภท คือ 1) ข้อสอบประเภทที่มีตัวเลือก ได้แก่ ข้อสอบแบบเลือกตอบ จะมีตั้งแต่ 2-4 ตัวเลือก และ 2) ข้อสอบประเภทเขียนตอบแบบเติมคำหรือเขียนตอบอย่างสั้น

ตอนที่ 2 เป็นข้อคำถามเพื่อให้นักเรียนอธิบายเหตุผลที่เลือกคำตอบในตอนที่ 1 โดยในแต่ละข้อคำถามมีหลักเกณฑ์ในการให้คะแนนที่พิจารณาจากคำตอบในแต่ละข้อ ซึ่งควรจะได้คะแนนทั้งคำตอบที่ถูกต้องหรือคำตอบที่ไม่ถูกต้องทั้งหมดก็ตาม เมื่อครูพิจารณาถึงคำตอบที่ถูกต้องนักเรียนจะต้องเลือกคำตอบที่ถูกต้องพร้อมกับให้คำอธิบายที่สมเหตุสมผล โดยที่คำอธิบายอื่น ๆ

ที่นอกเหนือไปจากที่นักเรียนระบุ ครูจะพิจารณาจากความสมเหตุสมผลและสามารถให้คะแนนถูกต้องได้ โดยมีเกณฑ์การให้คะแนนสามารถวัดพฤติกรรมบ่งชี้ได้ดังนี้ (Lawson, 2010)

1. ได้คะแนน 0-4 สามารถบ่งชี้ได้ว่านักเรียนมีระดับการคิดแบบเชิงประจักษ์-อุปนัย (Empirical-inductive thinking)

2. ได้คะแนน 5-8 สามารถบ่งชี้ได้ว่านักเรียนมีระดับการคิดอยู่ระหว่างแบบเชิงประจักษ์อุปนัย (Empirical-inductive thinking) และแบบสมมติฐาน-อุปนัย (Hypothetical-inductive level thinking)

3. ได้คะแนน 9-12 สามารถบ่งชี้ได้ว่านักเรียนมีระดับการคิดแบบสมมติฐาน-อุปนัย (Hypothetical-inductive level thinking)

PISA (2003 อ้างอิงมาจาก สสวท., 2549) หรือโครงการประเมินผลนักเรียนนานาชาติ (Programmer for International Student Assessment) ที่เน้นการประเมินการรู้เรื่องวิทยาศาสตร์ (Scientific Literacy) มากกว่าการประเมินเนื้อหาสาระของวิชา โดย PISA ได้จำแนกการประเมินการรู้เรื่องวิทยาศาสตร์ออกเป็น 3 ด้าน ได้แก่ 1) การรู้กระบวนการ ทางวิทยาศาสตร์ 2) การรู้มโนทัศน์ และสาระเนื้อหา 3) การรู้จักใช้ความรู้และทักษะทางวิทยาศาสตร์เชื่อมโยงเข้ากับชีวิตจริง โดยกรอบการประเมินกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ได้มีการวัดและประเมินการใช้หลักฐานหรือประจักษ์พยานทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งมีองค์ประกอบสอดคล้องกับการวัดและประเมินความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ในประเด็นดังนี้

1. ตีความ แปลความหลักฐานและลงข้อสรุป

2. ให้เหตุผล สนับสนุนหรือคัดค้านข้อตกลงเบื้องต้นที่นำไปสู่ข้อสรุป

3. สื่อสารข้อสรุปและบอกหลักฐานที่สนับสนุนข้อสรุป ทั้งนี้ PISA ได้เสนอแนวทางการวัดและประเมิน โดยใช้ข้อสอบ 2 ประเภท ดังนี้

3.1 ข้อสอบประเภทเขียนตอบแบบอธิบายเป็นข้อคำถามที่เป็นกำหนดสถานการณ์ 1 สถานการณ์ ประกอบไปด้วยชุดของข้อคำถามที่ให้เขียนตอบแบบอธิบายจำนวนหลายข้อ

3.2 ข้อสอบประเภทที่มีตัวเลือกแบบถูกหรือผิดเป็นข้อคำถามที่เป็นสถานการณ์ โดยที่ลักษณะของสถานการณ์อาจเป็นข้อความ ตารางข้อมูล แผนภูมิ ภาพ หรือแผนภาพ ทั้งนี้สถานการณ์ดังกล่าวต้องเป็นสถานการณ์จริงที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวัน สถานการณ์ที่ประชาชนกำลังให้ความสนใจปรากฏการณ์ทางธรรมชาติหรือสถานการณ์จำลอง

TIMSS (2007 อ้างอิงมาจาก สสวท., 2553) หรือโครงการศึกษาผลแนวโน้มการจัดการศึกษาคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์ พ.ศ. 2550 (Trends in International Mathematics and Science Study 2007; TIMSS 2007) การศึกษาแนวโน้มการจัดการศึกษาคณิตศาสตร์และ

วิทยาศาสตร์ระดับนานาชาติ (TIMSS) วัดพฤติกรรมการเรียนรู้ด้านการใช้เหตุผล โดยจำแนกเป็นหัวข้อได้ดังนี้

1. วิเคราะห์/แก้ปัญหา (Analyze/Solve Problems) เป็นการวิเคราะห์ปัญหาเพื่อกำหนดความสัมพันธ์ที่เกี่ยวข้อง แนวคิด และขั้นตอนการแก้ปัญหา รวมถึงการพัฒนาและอธิบายแนวทางในการแก้ปัญหา

2. สังเคราะห์ (Integrate/Synthesize) เป็นการพิจารณาเพื่อหาแนวทางหรือวิธีการในการแก้ปัญหา โดยตูจากปัจจัยหรือแนวคิดที่เกี่ยวข้อง เชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ที่มีเนื้อหาสาระแตกต่างกัน แสดงให้เห็นถึงความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับเนื้อหาสาระทางวิทยาศาสตร์ที่แตกต่างกัน รวมถึงบูรณาการแนวคิดหรือวิธีการทางคณิตศาสตร์ในการแก้ปัญหาทาง วิทยาศาสตร์

3. ตั้งสมมติฐาน (Hypothesize/Predict) เป็นการเชื่อมโยงแนวคิดทางวิทยาศาสตร์จากข้อมูลและประสบการณ์ หรือข้อมูลที่ได้จากการสังเกตเพื่อสร้างคำถามที่ค้นหาคำตอบจากการทดลอง มีการตั้งสมมติฐานที่สามารถตรวจสอบได้โดยใช้ความรู้จากการสังเกตหรือจากการวิเคราะห์ข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ ทำนายเกี่ยวกับผลจากการเปลี่ยนแปลงสภาวะทางชีวภาพหรือทางกายภาพโดยอาศัย ประจักษ์พยานและความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์

4. ออกแบบ (Design) เป็นการวางแผนหรือออกแบบเพื่อการสำรวจตรวจสอบในการหาคำตอบหรือตรวจสอบสมมติฐาน อธิบายลักษณะของการสำรวจตรวจสอบที่ดี ซึ่งรวมทั้งตัวแปรต้น ตัวแปรตาม และตัวแปรควบคุม ตลอดจนความสัมพันธ์ระหว่างสาเหตุและผลที่เกิดขึ้น รวมทั้งตัดสินใจเกี่ยวกับการวัดหรือวิธีการที่จะใช้ในการสำรวจตรวจสอบ เป็น

5. สรุป (Draw Conclusions) เป็นการตรวจหารูปแบบของข้อมูล อธิบายหรือสรุป และทำนายแนวโน้มของข้อมูลหรือข้อสนเทศที่กำหนดให้ใช้หลักฐานหรือความรู้ทางวิทยาศาสตร์ในการลงข้อสรุปเพื่อตอบคำถามหรือพิสูจน์สมมติฐาน และแสดงให้เห็นถึงความเข้าใจเกี่ยวกับสาเหตุ และผลที่เกิดขึ้น

6. สร้างข้อสรุปทั่วไป (Generalize) เป็นการสร้างข้อสรุปที่ได้จากการทดลองภายใต้เงื่อนไขที่กำหนดให้ แล้วประยุกต์ใช้ข้อสรุปนั้นกับสถานการณ์ใหม่ รวมถึงการกำหนดรูปแบบทั่วไปเพื่อแสดงความสัมพันธ์ทางกายภาพ

7. ประเมิน (Evaluate) เป็นการประเมินขอได้เปรียบและขอเสียเปรียบเพื่อใช้ในการตัดสินใจพิจารณาปัจจัยทางวิทยาศาสตร์และปัจจัยทางสังคมเพื่อประเมินผลกระทบของวิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยีที่มีต่อระบบทางชีวภาพและกายภาพ ประเมินความเป็นไปได้อื่น ๆ เกี่ยวกับการ อธิบายและวิธีการแก้ปัญหา ประเมินผลข้อมูลที่ได้จากการสำรวจตรวจสอบ โดยอาศัยข้อมูลที่เพียงพอ เพื่อสนับสนุนข้อสรุป

ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้มีแนวทางการวัดและประเมินความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ โดยปรับตามการประเมินการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของ PISA ซึ่งเป็นเขียนตอบแบบอธิบายเป็นข้อคำถามที่เป็นกำหนดสถานการณ์ 1 สถานการณ์ ประกอบไปด้วยชุดของข้อคำถามที่ให้เขียนตอบแบบอธิบายจำนวน 3 ข้อ โดยมีเกณฑ์การให้คะแนนดังนี้

1. ตอบได้ถูกต้อง 1 คะแนน
2. บอกหลักการที่สอดคล้องกับคำตอบ 1 คะแนน
3. ระบุหลักฐาน แนวคิด ทฤษฎี กฎ หรือยกตัวอย่างประกอบ 1 คะแนน

ประสิทธิภาพของแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้

1. ความหมายของประสิทธิภาพของแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้

เผชิญ กิจระการ (2544) ได้อธิบายว่า ประสิทธิภาพของแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้หมายถึงผลรวมของการหาคุณภาพ (Quality) ทั้งเชิงปริมาณที่แสดงเป็นตัวเลข (Quantitative) และเชิงคุณภาพ (Qualitative) ที่แสดงเป็นภาษาที่เข้าใจได้เป็นผลที่แสดงถึงผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ตามจุดประสงค์ที่ถูกต้องถึงระดับเกณฑ์ที่คาดหวัง

ชัยยงค์ พรหมวงศ์ (2544) ได้อธิบายว่า ประสิทธิภาพของแผนการจัดการเรียนรู้จะกำหนดเป็นเกณฑ์ที่ผู้สอนคาดหมายว่าผู้เรียนจะเปลี่ยนพฤติกรรมเป็นที่พึงพอใจ ซึ่งกำหนดให้เป็นร้อยละของคะแนนเฉลี่ยของการทำงาน และการประกอบกิจกรรมของผู้เรียนทั้งหมดต่อร้อยละของผลการสอบหลังเรียนของผู้เรียนทั้งหมด

วาโร เพ็งสวัสดิ์ (2546) ได้กล่าวถึงการหาประสิทธิภาพของนวัตกรรมทางการศึกษาหมายถึง ระดับประสิทธิภาพของนวัตกรรมที่จะช่วยให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้เป็นระดับที่ผู้ผลิตนวัตกรรมพึงพอใจว่า ถ้าหากนวัตกรรมมีประสิทธิภาพถึงระดับที่กำหนดแล้วก็มีคุณค่าพอที่จะนำไปใช้ได้ และคุ้มค่าแก่การลงทุนผลิตออกมา การกำหนดเกณฑ์ประสิทธิภาพประเมินพฤติกรรมผู้เรียน 2 ประเภท คือ พฤติกรรมต่อเนื่อง (กระบวนการ) และพฤติกรรมขั้นสุดท้าย (ผลลัพธ์)

1. ประเมินพฤติกรรมต่อเนื่อง (Transitional Behavior หรือ E1) คือ ประเมินผลต่อเนื่องประกอบด้วยพฤติกรรมย่อยหลาย ๆ พฤติกรรมเรียกว่า “กระบวนการ” (Process) ของผู้เรียนที่สังเกตจากการประกอบกิจกรรมกลุ่มและรายบุคคล งานที่มอบหมายและกิจกรรมอื่นใดที่ผู้สอนกำหนดไว้

2. ประเมินพฤติกรรมขั้นสุดท้าย (Terminal Behavior หรือ E2) คือ ประเมินผลลัพธ์ (Products) ของผู้เรียน โดยพิจารณาจากการสอบหลังเรียนการกำหนดค่าประสิทธิภาพเป็น E1 คือ ประสิทธิภาพของกระบวนการ และ E2 คือ ประสิทธิภาพของผลลัพธ์ซึ่งการที่จะกำหนด

เกณฑ์ E1/E2 มีค่าเท่าใดนั้น ผู้สอนจะเป็นผู้พิจารณาโดยปกติเนื้อหาที่เป็นความรู้ความจำมักจะตั้งค่าไว้ 80/80, 85/85 และ 90/90 ส่วนเนื้อหาที่เป็นทักษะอาจจะตั้งไว้ต่ำกว่านี้เช่น 75/75 เป็นต้น

จากการศึกษาความหมายประสิทธิภาพของแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ สรุปได้ว่า ประสิทธิภาพของแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ หมายถึง การหาคุณภาพของแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ซึ่งสามารถวัดได้จากพฤติกรรมของผู้เรียนหลังจากการที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แล้ว และสามารถวัดได้ทั้งเชิงปริมาณและเชิงคุณภาพตามจุดประสงค์การเรียนรู้ โดยกำหนดให้เป็นร้อยละของคะแนนเฉลี่ยของการทำงาน และการประกอบกิจกรรมของผู้เรียนทั้งหมดต่อร้อยละของผลการสอบหลังเรียนของผู้เรียนทั้งหมด

2. การหาประสิทธิภาพของแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้

เผชิญ กิจระการ (2544) ได้กำหนดเกณฑ์การหาประสิทธิภาพตามรูปแบบต่าง ๆ ดังนี้

1. การหาประสิทธิภาพแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ใช้เกณฑ์ประสิทธิภาพ (E1/E2) เกณฑ์ 80/80 ในความหมาย ตัวเลข 80 ตัวแรก (E1) คือ นักเรียนทั้งหมดทำแบบฝึกหัดหรือแบบทดสอบย่อยได้คะแนนเฉลี่ยร้อยละ 80 ถือเป็นประสิทธิภาพของกระบวนการ ส่วนตัวเลข 80 ตัวหลัง (E2) คือ นักเรียนทั้งหมดทำแบบฝึกหัดหลังเรียน (Post-test) ได้คะแนนเฉลี่ยร้อยละ 80 การหาค่า E1 และ E2 ซึ่งใช้สูตร ดังนี้

$$E_1 = \frac{\left(\frac{\sum X}{N}\right)}{A} \times 100$$

เมื่อ E1 แทน ประสิทธิภาพของกระบวนการทำงาน

$\sum X$ แทน คะแนนรวมของแบบฝึกหัด

N แทน จำนวนนักเรียน

A แทน คะแนนเต็มของแบบฝึกหัดทุกข้อรวมกัน

และ

$$E_2 = \frac{\left(\frac{\sum F}{N}\right)}{B} \times 100$$

เมื่อ E2 แทน ประสิทธิภาพของผลลัพธ์

$\sum X$ แทน คะแนนรวมของผลลัพธ์หลังเรียน

N แทน จำนวนนักเรียน

B แทน คะแนนเต็มของการทดสอบหลังเรียน

2. เกณฑ์ 80/80 ในความหมายที่ 2 ตัวเลข 80 ตัวแรก (E1) คือ จำนวนนักเรียนร้อยละ 80 ทำแบบทดสอบหลังเรียน (Post-test) ได้คะแนนร้อยละ 80 ทุกคน ส่วนตัวเลข 80 ตัวหลัง (E2) คือ นักเรียนทั้งหมดทำแบบทดสอบหลังเรียนครั้งนั้นได้คะแนนร้อยละ 80 เช่น มีนักเรียน 40 คน ร้อยละ 80 ของนักเรียนทั้งหมด คือ 32 คน แต่ละคนได้คะแนนจากการทดสอบหลังเรียนถึงร้อยละ 80 (E1) ส่วน 80 ตัวหลัง (E2) คือ ผลการทดสอบหลังเรียนของนักเรียนทั้งหมด (40 คน) ได้คะแนนเฉลี่ย ร้อยละ 80

3. เกณฑ์ 80/80 ในความหมายที่ 3 ตัวเลข 80 ตัวแรก (E1) คือ จำนวนนักเรียนทั้งหมดทำแบบทดสอบหลังเรียน (Post-test) ได้คะแนนร้อยละ 80 ส่วนตัวเลข 80 ตัวหลัง (E2) คือ คะแนนเฉลี่ยร้อยละ 80 ที่นักเรียนทำเพิ่มขึ้นจากแบบทดสอบหลังเรียน โดยเทียบกับคะแนนที่ทำได้ก่อนการเรียน (Pre-test) 80 ตัวหลัง (E2) สมมุติว่านักเรียนทั้งหมดทำแบบทดสอบก่อนเรียนได้คะแนนเฉลี่ยร้อยละ 10 แสดงว่าแตกต่างจากคะแนนเต็ม (ร้อยละ100) เท่ากับ 90 ถ้านักเรียนทั้งหมดทำแบบทดสอบหลังเรียน ได้คะแนนเฉลี่ยร้อยละ 85 แสดงว่าความแตกต่างของการสอบ 2 ครั้งนี้ เท่ากับ 85–10 = 75 ดังนั้น ค่าของ E2 = (75/90) ×100 = 83.33 % ถือว่าสูงกว่าเกณฑ์กำหนดไว้ (E2 = 80)

4. เกณฑ์ 80/80 ในความหมายที่ 4 ตัวเลข 80 ตัวแรก (E1) คือ นักเรียนทั้งหมดทำแบบทดสอบหลังเรียนได้คะแนนเฉลี่ยร้อยละ 80 ส่วนตัวเลข 80 ตัวหลัง (E2) หมายถึง นักเรียนทั้งหมดทำแบบทดสอบหลังเรียนแต่ละข้อถูกมีจำนวนร้อยละ 80 (ถ้านักเรียนทำข้อสอบข้อใดถูกมีจำนวนนักเรียนไม่ถึงร้อยละ 80 แสดงว่า สื่อไม่มีประสิทธิภาพและชี้ให้เห็นว่าจุดประสงค์ที่ตรงกับข้อนั้นมีความบกพร่อง) สรุปว่า เกณฑ์ในการหาประสิทธิภาพของเครื่องมือจะนิยมตั้งเป็นตัวเลข 3 ลักษณะ คือ 80/80, 85/85 และ 90/90 ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับธรรมชาติของวิชาและเนื้อหาที่นำมาสร้างนั้น ถ้าเป็นวิชาค่อนข้างยากอาจตั้งเกณฑ์ไว้ 80/80 หรือ 85/85 สำหรับวิชาที่มีเนื้อหาง่ายก็อาจตั้งเกณฑ์ไว้ 90/90 เป็นต้น นอกจากนี้ยังอาจตั้งเกณฑ์เป็นค่าความคลาดเคลื่อนไว้เท่ากับร้อยละ 2.5 นั่นคือ ถ้าตั้งเกณฑ์ไว้ เท่ากับ 90/90 เมื่อคำนวณแล้วได้ค่าที่น่าเชื่อถือว่าใช้ได้ คือ 87.50/87.50 หรือ 87.50/90 เป็นต้น

วาโร เพ็งสวัสดิ์ (2546) ได้กล่าวถึงการหาประสิทธิภาพของนวัตกรรมทางการศึกษา หมายถึง ระดับประสิทธิภาพของนวัตกรรมที่จะช่วยให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้เป็นระดับที่ผู้ผลิตนวัตกรรมพึงพอใจว่า ถ้าหากนวัตกรรมมีประสิทธิภาพถึงระดับที่กำหนดแล้วก็มีคุณค่าพอที่จะนำไปใช้ได้ และคุ้มค่าแก่การลงทุนผลิตออกมา การกำหนดเกณฑ์ประสิทธิภาพประเมินพฤติกรรมผู้เรียน 2 ประเภท คือ พฤติกรรมต่อเนื่อง (กระบวนการ) และพฤติกรรมขั้นสุดท้าย (ผลลัพธ์)

1. ประเมินพฤติกรรมต่อเนื่อง (Transitional Behavior หรือ E1) คือ ประเมินผลต่อเนื่อง ประกอบด้วย พฤติกรรมย่อยหลาย ๆ พฤติกรรมเรียกว่า “กระบวนการ” (Process)

ของผู้เรียนที่สังเกตจากการประกอบกิจกรรมกลุ่มและรายบุคคล งานที่มอบหมายและกิจกรรมอื่นใดที่ผู้สอนกำหนดไว้

2. ประเมินพฤติกรรมขั้นสุดท้าย (Terminal Behavior หรือ E2) คือ ประเมินผลลัพธ์ (Products) ของผู้เรียนโดยพิจารณาจากการสอบหลังเรียนการกำหนดค่าประสิทธิภาพเป็น E1 คือ ประสิทธิภาพของกระบวนการ และ E2 คือ ประสิทธิภาพของผลลัพธ์ซึ่งการที่จะกำหนดเกณฑ์ E1/E2 มีค่าเท่าใดนั้น ผู้สอนจะเป็นผู้พิจารณาโดยปกติเนื้อหาที่เป็นความรู้ความจำมักจะตั้งค่าไว้ 80/80, 85/85 และ 90/90 ส่วนเนื้อหาที่เป็นทักษะอาจจะตั้งไว้ต่ำกว่านี้ เช่น 75/75 เป็นต้น เกณฑ์ประสิทธิภาพ E1/E2 เช่น 80/80 มีความหมายดังนี้

80 ตัวแรก หมายความว่า เมื่อเรียนจากนวัตกรรมแล้วผู้เรียนจะสามารถทำแบบฝึกปฏิบัติตามใบงานหรืองานได้ผลเฉลี่ย 80% หรือร้อยละ 80

80 ตัวหลัง หมายความว่า ผู้เรียนทำการสอนหลังเรียนใช้นวัตกรรมได้ผลเฉลี่ย 80% หรือร้อยละละ 80

ชัยยงค์ พรหมวงศ์ (2537) ได้กำหนดเป็นเกณฑ์ที่ผู้สอนคาดหมายว่า นักเรียนเกิดการเรียนรู้หรือเปลี่ยนพฤติกรรมได้เป็นที่น่าพอใจ โดยกำหนดให้เปอร์เซ็นต์ผลเฉลี่ยของคะแนนการทำงานระหว่างเรียนทั้งหมดต่อเปอร์เซ็นต์ผลการสอนหลังเรียนของผู้เรียนทั้งหมด นั่นคือ E_1/E_2 หรือประสิทธิภาพของกระบวนการ (Efficiency of Process – E_1)/ประสิทธิภาพของผลลัพธ์ (Efficiency of Product- E_2)

ตัวอย่าง 75/75 หมายความว่า เมื่อเรียนจากแผนการเรียนรู้แล้ว นักเรียนสามารถทำแบบทดสอบย่อยหรืองานได้ผลเฉลี่ย 75% และทำแบบทดสอบหลังเรียนได้ผลเฉลี่ย 75%

การที่จะกำหนดเกณฑ์ E_1/E_2 ให้มีค่าเท่าใดนั้น ผู้สอนเป็นผู้พิจารณาตามความพอใจ โดยปกติเนื้อหาที่เป็นด้านความรู้ความจำ จะตั้งไว้ 80/80 หรือ 90/90 ส่วนเนื้อหาที่เป็นทักษะหรือเจตคติ อาจตั้งไว้ต่ำกว่านี้ เช่น 75/75 เป็นต้น แต่ไม่ควรตั้งเกณฑ์ไว้ต่ำ เพราะตั้งเกณฑ์ไว้เท่าใดมักจะได้ผลตามนั้น

เกณฑ์ที่นิยมตั้งไว้สำหรับด้านความรู้ (พุทธิพิสัย) คือ E_1/E_2 = 90/90 ส่วน 80/80 ขึ้นอยู่กับระดับพุทธิพิสัย หากเน้นระดับความจำและความเข้าใจก็อาจตั้ง 90/90 หากเน้นการนำไปใช้และการวิเคราะห์อาจตั้ง 85/85 หรือหากเน้นการวิเคราะห์และการประเมินค่าอาจตั้งไว้ 80/80 เป็นต้น

ส่วนเกณฑ์ที่ตั้งไว้สำหรับด้านจิตพิสัยและทักษะพิสัย อาจตั้งไว้ดังนี้ 85/85 เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงทัศนคติหรือฝึกฝน 75/75 เมื่อต้องการใช้เวลาในการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมด้านจิตพิสัยหรือทักษะพิสัยเป็นเวลานาน และนักเรียนต้องการเวลาในการฝึกฝนมากขึ้น ไม่ว่าจะเป็นเนื้อหาสาระด้านใดก็ไม่ควรตั้งเกณฑ์ไว้ต่ำกว่า 75/75

สำหรับการศึกษาค้นคว้าในครั้งนี้ได้ทั้งประสิทธิภาพ E_1/E_2 ไว้ที่เกณฑ์ 75/75 เนื่องจากธรรมชาติของเนื้อหาวิชาวิทยาศาสตร์ค่อนข้างเป็นนามธรรมและต้องใช้ทักษะความรู้ความเข้าใจการเรียนรู้ในการแก้ปัญหา โดย

75 ตัวแรก หมายถึง ประสิทธิภาพของกระบวนการ ได้แก่ ร้อยละของคะแนนเฉลี่ยจากใบงาน พฤติกรรมการเรียนรู้และแบบทดสอบย่อยในระหว่างเรียน คิดเป็นร้อยละ 75 ขึ้นไป

75 ตัวหลัง หมายถึง ประสิทธิภาพของผลลัพธ์คำนวณได้จากร้อยละคะแนนเฉลี่ยของนักเรียนทุกคนที่ได้จากการทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนที่มีค่าตั้งแต่ร้อยละ 75 ขึ้นไป

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยในประเทศ

ละมัย โชคชัย (2557) ได้ศึกษาการพัฒนาแนวคิดเรื่องเซลล์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ด้วยกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาแนวคิด เรื่อง เซลล์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ด้วยกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน และศึกษาแนวทางการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ที่สามารถพัฒนาแนวคิด เรื่อง เซลล์ของนักเรียนได้ กลุ่มตัวอย่างที่ศึกษาคือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ปีการศึกษา 2556 จำนวน 1 ห้องเรียน จำนวน 25 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยมี 3 ชนิด คือ 1. บันทึกหลังสอนของครู 2. บันทึกการเรียนรู้ของนักเรียน 3. แบบวัดแนวคิด เรื่อง เซลล์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ซึ่งเป็นแบบวัดแนวคิดแบบเลือกตอบ พร้อมแสดงเหตุผลประกอบ จำนวน 15 ข้อ วิเคราะห์ข้อมูลโดยจัดกลุ่มแนวคิดของนักเรียนออกเป็น 5 กลุ่ม จากนั้นคำนวณค่าร้อยละของนักเรียนในแต่ละกลุ่มแนวคิดผลการวิจัยพบว่า หลังจากการจัดการเรียนรู้ด้วยกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน นักเรียนส่วนใหญ่ มีแนวคิดวิทยาศาสตร์ (SU ร้อยละ 62.00 รองลงมามีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์ (PU) ร้อยละ 20.00 มีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์คลาดเคลื่อน (MU) ร้อยละ11.00 มีแนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วนและแนวคิดคลาดเคลื่อน (PU&MU) ร้อยละ 7.00 และไม่มีนักเรียนคนใดที่ไม่มีแนวคิด โดยเนื้อหาที่นักเรียนมีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ถูกต้องมากที่สุด คือ เซลล์หน่วยพื้นฐานของสิ่งมีชีวิต เนื้อหาที่นักเรียนมีความคลาดเคลื่อนมากที่สุด คือ เซลล์พืชและเซลล์สัตว์ ส่วนแนวทางการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานที่สามารถพัฒนาแนวคิด เรื่อง เซลล์ ของนักเรียนได้ควรมีลักษณะคือ 1. ขั้นสร้างแบบจำลองทางความคิดควรมีกิจกรรมที่หลากหลาย นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติจริง 2. ขั้นแสดงออกแบบจำลอง ควรเปิดโอกาสให้นักเรียนได้นำเสนอแบบจำลองครบทุกคน

และกระตุ้นให้เกิดการอภิปรายกันภายในชั้นเรียนให้มากที่สุด เพื่อเป็นประโยชน์ในการพัฒนาแบบจำลองของตนเอง 3. ขั้นทดสอบแบบจำลอง ควรเป็นกิจกรรมที่นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติจริงเป็นกิจกรรมกลุ่ม เพื่อได้ทราบถึงความถูกต้องเหมาะสมของแบบจำลองของกลุ่ม 4. ขั้นประเมินแบบจำลองครู ควรเปิดโอกาสให้นักเรียนได้มีการแสดงความคิดเห็นร่วมกันภายในกลุ่มเพื่อนำไปสู่การปรับปรุงแบบจำลองให้ดีขึ้น และ 5. ขั้นขยายแบบจำลอง ควรใช้สื่อเช่นVDO รูปภาพ และมีการใช้อำถามเพื่อช่วยให้นักเรียนเชื่อมโยงความรู้ได้ดีขึ้น

ลัทธวรรณ ศรีวิคำ (2558) ได้ศึกษาผลของการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานที่มีต่อมโนมติ เรื่อง ปฏิสัมพันธ์ในระบบสุริยะ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 มีจุดประสงค์เพื่อเปรียบเทียบมโนมติ เรื่อง ปฏิสัมพันธ์ในระบบสุริยะ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ก่อนการจัดการเรียนรู้ และหลังการจัดการเรียนรู้ โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน กลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 จำนวน 23 คน จำนวน 1 ห้องเรียนจากโรงเรียนน้ำปาดชนูปถัมภ์ จังหวัดอุตรดิตถ์ ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2558 โดยเลือกแบบเจาะจง เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ประกอบด้วย แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน โดยมีขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ 5 ขั้น ดังนี้ ขั้นสำรวจแนวคิด ขั้นประเมินและทบทวนแนวคิด ขั้นรวบรวมข้อมูลเพื่อสร้างแบบจำลอง ขั้นนำแบบจำลองไปใช้อธิบายปรากฏการณ์ ขั้นประเมินและปรับปรุงแก้ไขแบบจำลอง และแบบวัดมโนมติ เรื่อง ปฏิสัมพันธ์ในระบบสุริยะเป็นแบบวัดมโนมติแบบเลือกตอบ พร้อมแสดงเหตุผลประกอบจำนวน 15 ข้อ วิเคราะห์ ข้อมูลโดยจัดกลุ่มมโนมติของนักเรียนออกเป็น 5 กลุ่ม จากนั้นคำนวณหาค่าร้อยละของนักเรียนในแต่ละกลุ่มมโนมติ ผลการวิจัยพบว่า การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานที่มีต่อมโนมติของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 สามารถพัฒนามโนมติ เรื่อง ปฏิสัมพันธ์ในระบบสุริยะ ของนักเรียนหลังการ ดการเรียนรู้สูงกว่าก่อนการจัดการเรียนรู้ โดยนักเรียนมีความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ที่สมบูรณ์ (SU) หลังการจัดการเรียนรู้เพิ่มสูงขึ้นจากร้อยละ 3.91 เป็นร้อยละ 7.97 มีความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์บางส่วน (PU) หลังการจัดการเรียนรู้เพิ่มสูงขึ้นจากร้อยละ 8.77 เป็นร้อยละ 24.13 มีความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์เพียงบางส่วนและมีมโนมติทางวิทยาศาสตร์ที่คลาดเคลื่อน (PU&SM) หลังการจัดการเรียนรู้เพิ่มสูงขึ้นจากร้อยละ 3.77 เป็นร้อยละ 5.00 มีความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์คลาดเคลื่อน (SM) หลังการจัดการเรียนรู้เพิ่มสูงขึ้นจากร้อยละ 42.25 เป็นร้อยละ 46.30 และมีไม่มีมโนมติ (NU) หลังการจัดการเรียนรู้ลดลงจากร้อยละ 41.30 เป็นร้อยละ 16.30

ฝนทิพย์ ธนชัยสิทธิกุล (2559) ได้ศึกษาผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานต่อความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาผลของการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เพื่อพัฒนาความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ของนักเรียน

ชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น จำนวน 30 คน โรงเรียนบ้านห้วยทราย อำเภอแม่สะเรียง จังหวัดแม่ฮ่องสอน ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2558 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ประกอบด้วย แผนการจัดการเรียนรู้ ซึ่งออกแบบโดยใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่ใช้ บบจำลองเป็นฐาน เรื่อง สารรอบตัว จำนวน 10 แผน แบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ ซึ่งออกแบบโดยประยุกต์จากแนวคิดของ Bao และคณะ (2009) (KR-20 = 0.85) และแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ เรื่อง สารรอบตัว (KR-20 = 0.88) ความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนสามารถวิเคราะห์จากคำตอบของนักเรียนที่ทำแบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ โดยพิจารณาตามองค์ประกอบของการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งประกอบด้วย การลงข้อสรุปความสัมพันธ์ระหว่างข้อสรุปและหลักฐาน ผลการวิจัยพบว่า ความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานสูงขึ้น และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง สารรอบตัว ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานมีค่าเฉลี่ยหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน

รัตนาพร ประพันธ์วิทย์ (2559) ได้ทำวิจัยเรื่องผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่อง ระบบย่อยอาหาร โดยใช้ Model Centerod instruction Sequence (MCIS) ที่มีต่อมโนมติและการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ซึ่งมีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่อง ระบบย่อย อาหาร โดยใช้ Model-Centered instruction Sequence (MCIS) ที่มีต่อมโนมติและการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ผลการวิจัยพบว่า การจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ MCIS สามารถช่วยพัฒนามโนมติและการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ เรื่อง ระบบย่อยอาหาร ของนักเรียนได้ โดยภาพรวมหลังจากการจัดการเรียนรู้โดยใช้ MCIS นักเรียนส่วนใหญ่มีมโนมติที่สมบูรณ์และมโนมติที่ถูกต้อง แต่ไม่สมบูรณ์ อย่างไรก็ตาม นักเรียนบางส่วนยังคงมีมโนมติที่คลาดเคลื่อนในเนื้อหา เรื่อง การย่อยอาหารของสิ่งมีชีวิตที่มีระบบทางเดินอาหารสมบูรณ์ ส่วนการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ที่มีการพัฒนา มากที่สุด คือ การให้เหตุผลแบบสมมตินัย รองลงมาคือ การให้เหตุผลแบบอธิบาย การให้เหตุผล แบบอุปนัย และการให้เหตุผลแบบนิรนัย ตามลำดับ

ธีระภัทร พินิจมนตรี (2561) ได้ทำวิจัยเรื่อง การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานเพื่อส่งเสริมการคิดอย่างมีวิจารณญาณและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง โลกและการเปลี่ยนแปลงสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 มีวัตถุประสงค์ 1) เพื่อพัฒนาแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานต่อการส่งเสริมการคิดอย่างมีวิจารณญาณและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนให้มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 80/80 2) เพื่อเปรียบเทียบการคิดอย่างมีวิจารณญาณก่อนเรียน-หลังเรียน 3) เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์หลังได้รับการจัดกิจกรรม

การเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานกับเกณฑ์ร้อยละ 80 และ 4)เพื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 เรื่อง โลกและการเปลี่ยนแปลง กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนบรบือวิทยาคาร จำนวน 38 คน ได้มาโดยการสุ่มแบบกลุ่ม เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย ได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองจำนวน 4 แผน รวม 12 ชั่วโมง แบบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณ และแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล คือ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน การทดสอบสมมติฐานใช้ t-test for Dependent Sample, t-test for One Sample และ Pearwn Product Correlation ผลการวิจัยพบว่า 1) ค่าประสิทธิภาพของแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน มีประสิทธิภาพเท่ากับ 82.23/85.61 2) นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน มีการคิดอย่างมีวิจารณญาณหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 3) นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 80 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และ 4) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนมีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ธนาศวรรย์ สมไพบูลย์ (2562) ได้ศึกษาการศึกษาความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ปฏิกิริยาเคมี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยรูปแบบแบบจำลองเป็นฐาน มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ปฏิกิริยาเคมี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยรูปแบบแบบจำลองเป็นฐาน กลุ่มเป้าหมายในการวิจัยเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2561 โรงเรียนบรบือวิทยาคาร อำเภอบรบือ จังหวัดมหาสารคาม จำนวน 38 คน ที่ได้มาโดยการสุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ประกอบด้วย แผนการจัดการเรียนรู้ด้วยรูปแบบแบบจำลองเป็นฐาน จำนวน 6 แผน และแบบทดสอบวัดมโนมติทางวิทยาศาสตร์ วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติ ได้แก่ ความถี่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และการวิเคราะห์เชิงเนื้อหา ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยรูปแบบแบบจำลองเป็นฐาน มีระดับความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ปฏิกิริยาเคมี ที่ถูกต้องร้อยละ 75.88 คลาดเคลื่อนร้อยละ 12.43 และไม่ถูกต้องร้อยละ 11.70 ซึ่งแสดงให้เห็นว่านักเรียนมีมโนมติทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ปฏิกิริยาเคมี ถูกต้องสูงกว่านักเรียนที่มีมโนมติทางวิทยาศาสตร์ที่คลาดเคลื่อนและมีมโนมติทางวิทยาศาสตร์ที่ไม่ถูกต้อง

วัลลภ ปริญทอง (2563) ได้ศึกษาพัฒนาทักษะการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง กรด–เบส ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบจำลองเป็นฐาน

กลุ่มเป้าหมาย คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ภาคเรียนที่ 2 ปี การศึกษา 2562 โรงเรียนศึกษาสงเคราะห์ธวัชบุรี จังหวัดร้อยเอ็ด สำนักบริหารงานการศึกษาพิเศษ จำนวน 22 คน ชาย 10 คน หญิง 12 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยมี 3 ชนิด ได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เรื่อง กรด–เบส 8 แผน แบบสังเกตพฤติกรรมการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์และแบบวัดความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน โดยผลการวิจัยพบว่า วงจรปฏิบัติการที่ 1 นำผลคะแนนมาเทียบกับเกณฑ์ที่กำหนดความสามารถระดับดี ร้อยละ 70 จัดอยู่ในช่วงคะแนน 21–28 ร้อยละ 61-80 มีนักเรียนทั้งหมด 22 คน พบว่า นักเรียน จำนวน 12 คน คิดเป็นร้อยละ 54.54 ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 และนักเรียน 10 คน ไม่ผ่านเกณฑ์ร้อย ละ 70 คิดเป็นร้อยละ 45.45 วงจรปฏิบัติการที่ 2 นำผลคะแนนมาเทียบกับเกณฑ์ที่กำหนดความสามารถระดับดี ร้อยละ 70 จัดอยู่ในช่วงคะแนน 21–28 ร้อยละ 61-80 มีนักเรียนทั้งหมด 22 คน พบว่า นักเรียน ทั้งหมด 22 คน พบว่า นักเรียนจำนวน 22 คน คิดเป็นร้อยละ 100 ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 คิดเป็นร้อย ละ 100

งานวิจัยต่างประเทศ

Harrison และ Treagust (2000) ได้ทำการศึกษาเพื่อทดสอบความเข้าใจมโนทัศน์ที่มีลักษณะเป็นนามธรรม ได้แก่ แนวคิดเกี่ยวกับอะตอม โมเลกุล และพันธะเคมี หลังการใช้แบบจำลองที่หลากหลายในการสอน ได้แก่ แบบจำลองที่เป็นอุปมาอุปไมย และการเปรียบเทียบ โดยขั้นตอนในการจัดการเรียนการสอนประกอบด้วย 3 ขั้นตอน คือ กำหนดเป้าหมาย (Focus) การปฏิบัติการ (Action) และการสะท้อนผล (Reflection) ซึ่งลักษณะกิจกรรมจะเป็นการนำแบบจำลองการเปรียบเทียบที่หลากหลาย ทั้งที่มีลักษณะเหมือนและไม่เหมือนกับแนวคิดเป้าหมาย แต่นักเรียนมีความคุ้นเคย จากการศึกษาพบว่า การใช้แบบจำลองที่หลากหลายในการจัดการเรียนการสอนทำให้นักเรียนมีความเข้าใจแนวคิดที่เป็นนามธรรมได้มากขึ้น

Steel (2005) ได้สอนด้วยวิธีการปรับเปลี่ยนมโนทัศน์โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานในห้องเรียนขนาดใหญ่ เพื่อท้าทายความคิดของนักเรียน เรื่อง โครงสร้างภายในของโลก เพื่อช่วยพัฒนาความเข้าใจของนักเรียนเกี่ยวกับโครงสร้างของโลกในห้องเรียนขนาดใหญ่ โดยกลุ่มตัวอย่างที่สมัครใจเข้าร่วมในการวิจัยครั้งนี้เป็นนักเรียนที่ลงทะเบียนเรียนวิชาวิทยาศาสตร์โลก (Earth Science) จำนวน 97 คน ผลจากการเปรียบเทียบภาพวาดแบบจำลองของนักเรียนระหว่างก่อนเรียนกับหลังเรียนแสดงให้เห็นว่า ก่อนเรียนนักเรียนจำนวนร้อยละ 19 (18/97) ไม่สามารถวาดโครงสร้างภายในของโลกที่มีองค์ประกอบถูกต้องได้ (นักเรียนวาดโครงสร้างภายในของโลก มีลักษณะเป็นชั้น ๆ ในแนวดิ่งหรือแนวนอน) ส่วนนักเรียนที่เหลือร้อยละ 61(79/97) สามารถวาดโครงสร้างภายในของโลกอย่างง่ายได้ (ประกอบด้วยวงกลมหลายวงที่มีจุดศูนย์กลางเดียวกัน) โดยร้อยละ 95 (75/79) ของนักเรียนจำนวนนี้ ก่อนเรียนเชื่อว่าเปลือกโลกหนาหลายร้อยกิโลเมตร มีนักเรียนเพียงแค่ร้อยละ

5 (4/79) ของนักเรียนจำนวนนี้ที่แสดงให้เห็นว่ามีความเข้าใจเกี่ยวกับโครงสร้างภายในของโลกถูกต้อง หลังเรียนพบว่า ผลจากการสอนและการอภิปรายกับเพื่อน ๆ ช่วยลดความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนของนักเรียนอย่างมีประสิทธิภาพ ดังจะเห็นได้จากหลังเรียนมีนักเรียนเหลือเพียงร้อยละ 3 (3/97) ที่ยังคงยึดถือความเข้าใจที่ไม่ถูกต้องที่มีอยู่ก่อนเรียน นักเรียนร้อยละ 18 (18/97) เปลี่ยนแปลงความเชื่อจากความเข้าใจคลาดเคลื่อนไปสู่ความเข้าใจว่า เปลือกโลกหนา นักเรียนร้อยละ 58 (58/97) เริ่มมองเห็นมาตราส่วนสัมพัทธ์ของซันต่าง ๆ ของโลก นักเรียนจำนวนร้อยละ 30 (2897) สามารถวาดโครงสร้างภายในของโลกด้วยมาตราส่วนที่ถูกต้องได้ นักเรียนส่วนใหญ่ (ร้อยละ65) สามารถตอบคำถามที่ทดสอบหลังสอนจบไปแล้ว 5 บท เกี่ยวกับโครงสร้างของโลกได้ถูกต้อง ดังนั้นการสอนโดยใช้แบบจำลองเป็นฐานสามารถปรับเปลี่ยนความเข้าใจมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนของนักเรียนให้ไปยอมรับแนวความคิดที่ถูกต้องได้

Hestenes (2006) ได้ทดลองเปรียบเทียบการสอนปกติที่เน้นการสอน แบบบรรยายกับจัดการเรียนการสอนด้วยแบบจำลอง (Modeling Instruction) ที่เน้นการสร้างการตรวจสอบและการนำไปใช้ของแบบจำลองเพื่อทำความเข้าใจปรากฏการณ์ทางกายภาพในวิชาฟิสิกส์ ซึ่งเป็นโครงการที่เก็บข้อมูลจากการให้นักเรียนเข้าอบรมเชิงปฏิบัติการการสร้างแบบจำลอง เป็นระยะเวลา 3 ถึง 4 สัปดาห์ในภาคฤดูร้อน และทำการวัดหลังจากเรียนจบ 1 ปีการศึกษา โดยใช้แบบทดสอบที่เรียกว่า Force Concept Inventory (FCI) ซึ่งพัฒนาขึ้น เพื่อให้สามารถใช้ประเมินผลการเรียนรู้ด้านมโนทัศน์ เรื่อง กลศาสตร์ ของนักเรียนที่เรียนรู้ด้วยวิธีการสอนที่ต่างกัน ผลการทดลองกับนักเรียนจำนวน 3,394 คน พบว่า นักเรียนมีคะแนนมโนทัศน์ เรื่อง กลศาสตร์ หลังการทดลองคิดเป็นค่าเฉลี่ยร้อยละ 52 ซึ่งสูงกว่ากลุ่มที่เรื่องด้วยการสอนแบบปกติที่ได้คะแนนเฉลี่ยร้อย ละ 42 และทดลองเรื่องนักเรียนที่มีความสามารถในการสร้างแบบจำลองดูอยู่ในระดับดีเยี่ยม หลังจากเข้าโรงอบรมเชิงปฏิบัติการเวลาผ่านไป 2 ปีการศึกษาจำนวน 647 คน และทำการวัดด้วยแบบวัด FCI พบว่า นักเรียนมีคะแนนมโนทัศน์ เรื่อง กลศาสตร์ หลังจากการทดลองคิดเป็นค่าเฉลี่ย ร้อยละ 69

Khan (2008) ได้ศึกษาผลการใช้คอมพิวเตอร์แบบจำลอง (Computer Simulation) ที่อาศัยหลักการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เพื่อพัฒนาความเข้าใจเรื่องหลักของ เลอชาเตอลิเอ ของนักเรียน กิจกรรม Simulation ที่ใช้ประกอบด้วยการทำนายกลไกของปฏิกิริยาการเปลี่ยนแปลงของกราฟ มุมมอง ในระดับนาโน และการใช้อุปมาอุปไมยที่เคลื่อนไหวได้ โดยจัดการเรียนการสอนที่เปิดโอกาสให้นักเรียนได้สร้าง ประเมิน และปรับปรุงความรู้ของตนเองอยู่เสมอ จากการศึกษาพบว่ากิจกรรมดังกล่าวช่วยให้นักเรียนสามารถเกิดการเรียนรู้มโนมติทางเคมีได้ดีและมีความเข้าใจมากขึ้น

Baek และคณะ (2010) ได้พัฒนารูปแบบการเรียนการสอนโดยใช้ MCIS (Model Centered Instruction Sequence) เพื่อศึกษาการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ (Scientific

modeling) ในมิติด้านการสร้างและการปรับปรุงแบบจำลองภายใต้โครงการ Model S ของนักเรียนเขต 5 จำนวน 28 คน เป็นระยะเวลา 6 ถึง 8 สัปดาห์ ในหน่วยการเรียนรู้ เรื่อง การระเหย และการควบแน่นของสาร เก็บข้อมูลก่อนและหลัง โดยใช้แบบวัดการบันทึกวีดีทัศน์และการใช้แบบตอบการสัมภาษณ์ ค้นพบว่า นักเรียนมีความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์เพิ่มขึ้นคิดเป็นร้อยละ 64 ของนักเรียนทั้งหมด กล่าวคือนักเรียนสามารถวาดภาพแบบจำลองที่อธิบายการเคลื่อนที่ของอนุภาคที่ไม่สามารถมองเห็นได้ ซึ่งเป็นการแสดงการอธิบายลักษณะที่สำคัญด้วยแบบจำลอง และการสื่อสารด้วยแบบจำลองและจากการเก็บข้อมูลด้วยการสัมภาษณ์นักเรียน จำนวน 12 คน พบว่า นักเรียนมีความคิดเห็นว่าแบบจำลองสามารถอธิบายปรากฏการณ์ต่าง ๆ ได้และคำนึงถึงเกณฑ์ที่ใช้ในการพิจารณาแบบประเมินแบบจำลอง

Moutinho, Moura และ Vasconcelos (2017) ได้ศึกษาการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับการบูรณาการแบบจำลอง 3 ชนิด ที่แตกต่างกัน ได้แก่ แบบจำลองทางกายภาพ แบบจำลองคอมพิวเตอร์ และแบบจำลองผสมผสานในการพัฒนาแบบจำลองทางความคิดของนักเรียน เรื่อง ภัยธรรมชาติ ตลอดจนการพัฒนาการเรียนรู้อย่างมีความหมายในระดับบัณฑิตศึกษา ซึ่งได้ใช้เครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูลทั้งข้อมูลเชิงปริมาณและคุณภาพ ได้แก่ 1) แบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน เพื่อวิเคราะห์พัฒนาการแบบจำลองทางความคิดของนักเรียน โดยเป็นข้อคำถามแบบ 2 ชั้น จำนวน 15 ข้อ โดยชั้นแรกจะเป็นข้อความที่ให้นักเรียนอ่านและเลือกว่าข้อความนั้น จริง เท็จ หรือไม่ทราบ ชั้นสองจะเป็นข้อความ 4 ประโยค ให้นักเรียนปรับแก้คำตอบจากประโยคก่อนหน้าและเลือกคำตอบที่ถูกต้อง 2) แบบสอบถามเกี่ยวกับแบบจำลองและการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์เป็นคำถามแบบเลือกตอบจำนวน 6 คำถาม แต่ละคำถามจะมี 2 คำตอบ ซึ่งจุดประสงค์ของแบบสอบถามนี้เพื่อให้ทราบถึงวิธีการในการจัดการเรียนรู้ 3) แบบสัมภาษณ์ ตัวอย่างที่มีการตอบคำถามในแบบทดสอบคลุมเครือ ซึ่งเป็นแบบสัมภาษณ์ถึงโครงสร้าง จะถูกเก็บรวบรวมข้อมูลโดยการบันทึกเสียง ผลการวิจัยพบว่า การประยุกต์ใช้แบบจำลองต่าง ๆ ในการสอนวิทยาศาสตร์สามารถทำให้นักเรียนเข้าใจปรากฏการณ์ต่าง ๆ และส่งเสริมการเรียนรู้ที่มีความหมาย และจากการวิเคราะห์แบบทดสอบทั้งก่อนเรียนและหลังเรียน พบว่านักเรียนสามารถพัฒนาแบบจำลองทางความคิดได้

จากการศึกษางานวิจัยทั้งภายในประเทศและต่างประเทศ พบว่า การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ช่วยในการศึกษาเกี่ยวกับมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์และการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ผ่านการสร้างแบบจำลองจำนวนมาก และนำมาใช้ในหลายสาขาวิชา ผลที่ได้จากงานวิจัยทั้งภายในประเทศและต่างประเทศมีลักษณะที่สอดคล้องกัน คือ การจัดการเรียนรู้ที่ให้ผู้เรียนได้สร้างแบบจำลองนั้นมีส่วนทำให้ผู้เรียนสามารถเชื่อมโยงความรู้ความเข้าใจในสิ่งที่เป็นนามธรรมให้เป็นรูปธรรม ซึ่งจะส่งผลให้กับผู้เรียนมีมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ที่สูงขึ้นและมีความสามารถในการให้

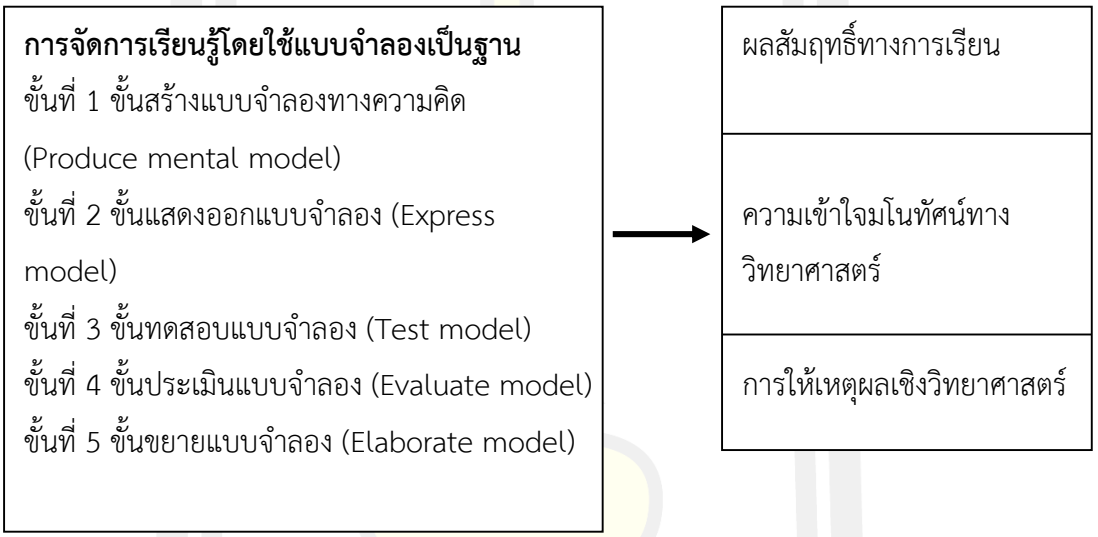
เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์มากขึ้น กล่าวคือมีความคลาดเคลื่อนของความเข้าใจมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ที่ลดลง ดังนั้นจากผลการวิจัยที่ได้สามารถนำมาสนับสนุนได้ว่าการเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้ด้วยรูปแบบแบบจำลองเป็นฐานนี้สามารถนำมาใช้พัฒนาการเรียนด้านความเข้าใจมโนทัศน์ได้ดี และยังช่วยส่งเสริมการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์มากขึ้นอีกด้วย

กรอบแนวคิดการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้กำหนดกรอบแนวคิดของการพัฒนาการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ความเข้าใจมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ และการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนสารคามพิทยาคม จากผลการทดสอบทางการศึกษาระดับชาติขั้นพื้นฐาน (O-NET) ปีการศึกษา 2560-2562 ของผู้เรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนสารคามพิทยาคม ในรายวิชาวิทยาศาสตร์ระดับประเทศ คิดเป็นร้อยละ 39.77, 44.52 และ 34.37 ซึ่งต่ำกว่าร้อยล่ะ 50 ทุกปี และคะแนนเฉลี่ยสาระการเรียนรู้เรื่อง พลังงานในปีการศึกษา 2560-2562 คิดเป็นร้อยล่ะ 39.15, 38.09 และ 38.05 จะเห็นว่าคะแนนในสาระการเรียนรู้ เรื่อง พลังงานนั้นลดต่ำลงทุกปี ดังนั้นสาระการเรียนรู้เรื่องพลังงานจึงเป็นสาระการเรียนรู้ที่ต้องเร่งพัฒนาเป็นอย่างยิ่ง (งานวัดผล ประเมินผล กลุ่มบริหารวิชาการ, 2562) ข้อมูลดังกล่าวแสดงให้เห็นว่า การจัดการเรียนการสอนเพื่อพัฒนาคุณภาพการศึกษาของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้นวิชาวิทยาศาสตร์ โรงเรียนสารคามพิทยาคม ควรพัฒนาการจัดการเรียนการสอนให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น นอกเหนือจากผลการประเมินข้างต้นแล้ว จากการทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ของผู้เรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ในปีการศึกษาที่ผ่านมา เรื่อง งานและพลังงาน เมื่อพิจารณาข้อสอบอัตนัยของนักเรียน พบว่า นักเรียนมีความเข้าใจมโนทัศน์คลาดเคลื่อนในการเรียน เรื่อง งานและพลังงาน ทั้งนี้เป็นเพราะเนื้อหาในเรื่องนี้นั้นมีความซับซ้อนและเป็นนามธรรม เพราะเป็นเรื่องที่ไม่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า ดังนั้นจึงยากต่อการทำความเข้าใจ ทำให้ผู้เรียนมีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนได้ และคำตอบที่นักเรียนเขียนตอบนั้นไม่ชัดเจนและไม่สามารถตีความถึงการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ได้ และยังพบอีกว่า นักเรียนส่วนใหญ่ไม่สามารถนำความรู้และหลักการทางวิทยาศาสตร์ที่มีมาใช้ในการเชื่อมโยงเพื่ออธิบายลงข้อสรุปของตนเองได้และไม่สามารถอธิบายพร้อมกับหลักฐานเชิงประจักษ์ที่เหมาะสม เพื่อใช้ในการสนับสนุนความคิดเห็นหรือข้อสรุปของตนเองได้ แสดงให้เห็นถึงการขาดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียน

จากการศึกษาจุดเด่นของวิธีการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน (Model-based learning: MBL) เป็นการจัดการเรียนรู้โดยการนำเสนอแบบจำลองเป็นสิ่งที่นักวิทยาศาสตร์สร้างขึ้นเพื่อใช้อธิบายแนวคิด หลักการ ทฤษฎี หรือกฎ หรือหากกล่าวอีกนัยหนึ่ง แบบจำลอง คือ

ตัวแทนของ วัตถุ แนวคิด กระบวนการหรือระบบ ซึ่งแบบจำลอง เป็นสิ่งที่เชื่อมโยงระหว่างทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์กับความเป็นจริง (Gilbert, Boulter and Elmer, 2000) แบบจำลองมีความสำคัญต่อวิทยาศาสตร์ โดยแบบจำลองสามารถทำให้เข้าใจมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์และแนวคิดต่าง ๆ ได้ง่ายขึ้น ซึ่งจะช่วยในการมองเห็นปรากฏการณ์ต่าง ๆ และสามารถใช้อธิบายปรากฏการณ์ธรรมชาติ (Gilbert and Ireton, 2003) นักเรียนจะสามารถสร้างความเข้าใจโดยการเปรียบเทียบหลักฐานที่ได้จากการออกแบบแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ หรือแผนภาพ จะทำให้นักเรียนสามารถเชื่อมโยงกับความคิดกับความเข้าใจและพัฒนาความเข้าใจมโนทัศน์ในเรื่องนั้น ๆ ได้



ภาพประกอบ 3 กรอบแนวคิดการวิจัย

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้กำหนดวิธีดำเนินการวิจัยไว้ ดังต่อไปนี้

1. ประชากรและตัวอย่าง
2. เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล
3. การสร้างและหาคุณภาพเครื่องมือ
4. วิธีดำเนินการทดลองและการเก็บรวบรวมข้อมูล
5. การวิเคราะห์ข้อมูล
6. สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

ประชากรและตัวอย่าง

1. ประชากร

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่เรียนในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2564 โรงเรียนสารคามพิทยาคม จังหวัดมหาสารคาม สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษามหาสารคาม ห้องเรียนปกติแบ่งเป็น 10 ห้องเรียน จำนวน 400 คน โดยทางโรงเรียนได้จัดนักเรียนแบบคละความสามารถ ประกอบด้วย นักเรียนกลุ่มเก่ง กลุ่มปานกลางและกลุ่มอ่อน

2. ตัวอย่าง

นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2/7 ที่เรียนในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2564 โรงเรียนสารคามพิทยาคม จังหวัดมหาสารคาม สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษามหาสารคาม จำนวน 40 คน ได้มาโดยการสุ่มตัวอย่างแบบกลุ่ม (Cluster Random Sampling) โดยใช้หน่วยการสุ่มเป็นห้องเรียน จากนั้นจึงทำการสุ่มหน่วยของตัวอย่างจากห้องเรียนโดยการจับสลาก

เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้สร้างและพัฒนาเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยขึ้นเอง ประกอบด้วย

1. แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เพื่อสร้างมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง งานและพลังงาน และการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 จำนวน 6 แผนการเรียนรู้

2. แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง งานและพลังงาน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 เป็นแบบประนัยชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 30 ข้อ

3. แบบทดสอบวัดความเข้าใจมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ แบบอัตนัย จำนวน 6 ข้อ

4. แบบทดสอบวัดการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์แบบอัตนัย จำนวน 6 ข้อ

การสร้างและหาคุณภาพเครื่องมือ

ผู้วิจัยได้กำหนดขั้นตอนในการดำเนินการสร้างและหาคุณภาพเครื่องมือ ดังนี้

1. แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้รายวิชาวิทยาศาสตร์ เรื่อง งานและพลังงาน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โดยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ผู้วิจัยดำเนินการสร้างตามขั้นตอน ดังนี้

1.1 ศึกษาหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และคู่มือการจัดการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โครงสร้างหลักสูตรโรงเรียนสารคามพิทยาคม

1.2 ศึกษาเนื้อหา เรื่อง งานและพลังงาน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 เพื่อกำหนดหน่วยการเรียนรู้ เนื้อหา แผนการเรียนรู้และเวลาในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้

1.3 วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างเนื้อหา แนวคิดหลัก จุดประสงค์การเรียนรู้ และเวลาที่ใช้ในการจัดกิจกรรม เรื่อง งานและพลังงาน

1.4 ศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เพื่อใช้ในการจัดการเรียนรู้กับกลุ่มตัวอย่าง

1.5 ศึกษาวิธีการ หลักการและเทคนิคการเขียนแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ จากการเขียนแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน (Justi and Gilbert, 2002)

1.6 ศึกษาการวิเคราะห์หลักสูตร ความสัมพันธ์ระหว่างสาระการเรียนรู้และจุดประสงค์การเรียนรู้ จากหนังสือวัดผลการศึกษา (สมนึก ภัททิยธนี, 2551)

1.7 ดำเนินการเขียนแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ซึ่งมีขอบข่ายเนื้อหาการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ดังนี้

ตาราง 3 วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่าง สาระสำคัญ จุดประสงค์การเรียนรู้และเวลา เพื่อพัฒนาแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ให้สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้ เรื่อง งานและพลังงาน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2

แผนที่/เรื่อง	สาระสำคัญ	จุดประสงค์การเรียนรู้	เวลา (ชั่วโมง)
1. งานและกำลัง	1) เมื่อออกแรงกระทำต่อวัตถุแล้วทำให้วัตถุเคลื่อนที่ โดยแรงอยู่ในแนวเดียวกับการเคลื่อนที่จะเกิดงาน งานจะมีค่ามากหรือน้อยขึ้นกับขนาดของแรงและระยะทางในแนวเดียวกับแรง 2) งานที่ทำในหนึ่งหน่วยเวลาเรียกว่ากำลัง หลักการของงานนำไปอธิบายการทำงานของเครื่องกลอย่างง่าย ได้แก่ คาน พื้นเอียง รอกเดี่ยว ลิ่ม สกรู ล้อและเพลา ซึ่งนำไปใช้ประโยชน์ด้านต่าง ๆในชีวิตประจำวัน	1) นักเรียนสามารถอธิบายงานและกำลังได้โดยใช้แบบจำลอง 2) นักเรียนสามารถใช้ทักษะการใช้คำนวณโดยการคำนวณงานและกำลังที่เกิดจากแรงที่กระทำต่อวัตถุและทำให้วัตถุเคลื่อนที่ตามแนวแรงนั้น จากสมการ W = Fs และP = W/t ได้ 3) นักเรียนให้ความร่วมมือในการทำกิจกรรมร่วมกับผู้อื่นได้	3
2. เครื่องกลอย่างง่าย	1) งานที่ทำในหนึ่งหน่วยเวลาเรียกว่ากำลัง หลักการของงานนำไปอธิบายการทำงานของเครื่องกลอย่างง่าย ได้แก่ คาน พื้นเอียง รอกเดี่ยว ลิ่ม สกรู ล้อและเพลา ซึ่งนำไปใช้ประโยชน์ด้านต่าง ๆในชีวิตประจำวัน	1) นักเรียนวิเคราะห์และอธิบายหลักการทำงานของเครื่องกลอย่างง่ายได้โดยใช้แบบจำลอง 2) นักเรียนสามารถทำกิจกรรมเกี่ยวกับการทำงานของเครื่องกลอย่างง่ายได้ 3) นักเรียนให้ความร่วมมือในการทำกิจกรรมร่วมกับผู้อื่นได้	3

ตาราง 3 (ต่อ)

แผนที่/เรื่อง	สาระสำคัญ	จุดประสงค์การเรียนรู้	เวลา (ชั่วโมง)
3. สร้างเครื่องทุ่นแรง	1) งานที่ทำในหนึ่งหน่วยเวลาเรียกว่ากำลัง หลักการของงานนำไปอธิบายการทำงานของเครื่องกลอย่างง่าย ได้แก่ คาน พื้นเอียง รอกเดี่ยว ลิ่ม สกรู ล้อและเพลา ซึ่งนำไปใช้ประโยชน์ด้านต่าง ๆ ในชีวิตประจำวัน	1) นักเรียนอธิบายหลักการทำงานของเครื่องทุ่นแรงได้โดยการใช้แบบจำลอง 2) นักเรียนสามารถใช้ทักษะด้านการสื่อสาร โดยนำเสนอข้อมูลเกี่ยวกับการออกแบบเครื่องทุ่นแรงได้ 3) นักเรียนตระหนักถึงประโยชน์ของความรู้ของเครื่องกลอย่างง่าย โดยบอกประโยชน์และการประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวัน	3
4. พลังงานศักย์โน้มถ่วง	1) พลังงานศักย์โน้มถ่วงเกี่ยวข้องกับตำแหน่งของวัตถุ ซึ่งจะมีค่ามากหรือน้อยขึ้นกับมวลและตำแหน่งของวัตถุ เมื่อวัตถุอยู่ในสนามโน้มถ่วงวัตถุจะมีพลังงานศักย์โน้มถ่วง	1) นักเรียนสามารถอธิบายความหมายและบอกปัจจัยที่มีผลต่อพลังงานศักย์โน้มถ่วงได้โดยการใช้แบบจำลอง 2) นักเรียนสามารถใช้ทักษะการจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูลโดยการออกแบบตารางบันทึกผลและการนำเสนอข้อมูลเกี่ยวกับปัจจัยที่มีผลต่อพลังงานศักย์โน้มถ่วงของวัตถุด้วยรูปแบบการสร้างแบบจำลองได้ 3) นักเรียนตระหนักถึงความสำคัญของการใช้อุปกรณ์การทำกิจกรรมได้	2

ตาราง 3 (ต่อ)

แผนที่/เรื่อง	สาระสำคัญ	จุดประสงค์การเรียนรู้	เวลา (ชั่วโมง)
5. พลังงานจลน์	1) พลังงานจลน์เป็นพลังงานของวัตถุเคลื่อนที่พลังงานจลน์จะมีค่ามากหรือน้อยขึ้นกับมวลและอัตราเร็ว 2) พลังงานจลน์และพลังงานศักย์โน้มถ่วงเป็นพลังงานกล	1.นักเรียนสามารถอธิบายความหมายและบอกปัจจัยที่มีผลต่อพลังงานจลน์ได้ 2) นักเรียนสามารถใช้ทักษะการจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูลและทักษะการสร้างแบบจำลองโดยการออกแบบตารางบันทึกผลและการนำเสนอข้อมูลเกี่ยวกับปัจจัยที่มีผลต่อพลังงานจลน์ของวัตถุ ด้วยแบบจำลอง 3) นักเรียนให้ความร่วมมือในการทำกิจกรรมร่วมกับผู้อื่นได้	1
6. กฎการอนุรักษ์พลังงาน	1) พลังงานรวมของระบบมีค่าคงตัว ซึ่งอาจเปลี่ยนจากพลังงานหนึ่งเป็นอีกพลังงานหนึ่ง เช่น พลังงานกลเปลี่ยนเป็นพลังงานไฟฟ้า พลังงานจลน์เปลี่ยนเป็นพลังงานความร้อน พลังงานเสียง พลังงานแสง เนื่องมาจากแรงเสียดทาน พลังงานเคมีในอาหารเปลี่ยนเป็นพลังงานที่ไปใช้ในการทำงานของสิ่งมีชีวิต 2) นอกจากนี้พลังงานยังสามารถถ่ายโอนไปยังอีกระบบหนึ่งหรือได้รับพลังงานจากระบบอื่นได้ เช่น การถ่ายโอนความร้อนระหว่างสสาร การถ่ายโอนพลังงานของการสั่นของแหล่งกำเนิดเสียงไปยังผู้ฟัง ทั้งการเปลี่ยนพลังงานและการถ่ายโอนพลังงาน พลังงานรวมทั้งหมดมีค่าเท่าเดิมตามกฎการอนุรักษ์พลังงาน	1) นักเรียนสามารถอธิบายการเปลี่ยนและการถ่ายโอนพลังงานตามกฎการอนุรักษ์พลังงานจากสถานการณ์ที่กำหนดให้ 2) นักเรียนสามารถใช้ทักษะการจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูลโดยการออกแบบการนำเสนอข้อมูลเกี่ยวกับการเปลี่ยนและถ่ายโอนพลังงาน รวมทั้งกฎการอนุรักษ์พลังงานด้วยการสร้างแบบจำลอง 3) นักเรียนให้ความร่วมมือในการทำกิจกรรมร่วมกับผู้อื่นได้	2
	รวม		14

1.8 นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ เพื่อพิจารณาตรวจสอบความถูกต้องเหมาะสมของเนื้อหา สาระสำคัญ จุดประสงค์การเรียนรู้ เวลาที่ใช้ในการจัดกิจกรรม สื่อการเรียนรู้ การวัดประเมินผลและนำแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้มาปรับปรุงตามข้อเสนอแนะของอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

1.9 นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่ผ่านการตรวจสอบและปรับปรุงแล้วพร้อมแบบประเมินที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญ เพื่อพิจารณาตรวจสอบคุณภาพด้านความถูกต้อง ความเหมาะสม ความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาและประเมินแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แต่ละแผน ซึ่งผู้เชี่ยวชาญ ประกอบด้วย

1.9.1 ผู้ช่วยศาสตราจารย์พงศธร กองแก้ว คุณวุฒิ วท.ม.วัสดุศาสตร์ทางด้านฟิสิกส์ อาจารย์ประจำภาควิชาฟิสิกส์ มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหา

1.9.2 อาจารย์ ดร.ณัฐพล โยธา คุณวุฒิ ปร.ด.วิจัยและประเมินผลการศึกษา อาจารย์ประจำภาควิชาการวัดประเมินผลและวิจัยทางการศึกษา คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ ผู้เชี่ยวชาญด้านการวัดและประเมินผล

1.9.3 นางอารีวรรณ ธาตุดี คุณวุฒิ ค.ม.การเรียนและการสอน ครูชำนาญการพิเศษ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โรงเรียนสารคามพิทยาคม อำเภอเมืองมหาสารคาม จังหวัดมหาสารคาม ผู้เชี่ยวชาญด้านการสอนวิทยาศาสตร์

1.9.4 นางพงษ์ลดา กาญจนปภากูล คุณวุฒิ กศ.ม.หลักสูตรและการสอน ครูชำนาญการพิเศษ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โรงเรียนสารคามพิทยาคม อำเภอเมืองมหาสารคาม จังหวัดมหาสารคาม ผู้เชี่ยวชาญด้านการสอนวิทยาศาสตร์

1.9.5 นายวัลลภ ปริญทอง คุณวุฒิ กศ.ม.หลักสูตรและการสอน ครูชำนาญการ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี โรงเรียนสีชมพูศึกษา สังกัดองค์การบริหารส่วนจังหวัดขอนแก่น ผู้เชี่ยวชาญด้านการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

1.10 ปรับปรุงแก้ไขแผนการจัดการเรียนรู้ตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญและนำผลการประเมินแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ของผู้เชี่ยวชาญมาหาค่าเฉลี่ยเทียบกับเกณฑ์ที่มีลักษณะการประเมินเป็นมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) ตามวิธีของลิเคอร์ท (บุญชม ศรีสะอาด, 2545) ซึ่งมี 5 ระดับโดยใช้เกณฑ์ ดังนี้

ค่าเฉลี่ย 4.51 – 5.00 หมายถึง ความเหมาะสมมากที่สุด

ค่าเฉลี่ย 3.51 – 4.50 หมายถึง ความเหมาะสมมาก

ค่าเฉลี่ย 2.51 – 3.50 หมายถึง ความเหมาะสมปานกลาง

ค่าเฉลี่ย 1.51 – 2.50 หมายถึง ความเหมาะสมน้อย

ค่าเฉลี่ย 1.00 – 1.50 หมายถึง ความเหมาะสมน้อยที่สุด

การวิเคราะห์แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน มีผลการประเมินค่าเฉลี่ยความเหมาะสมของ แผนการจัดการเรียนรู้ทั้ง 6 แผน เท่ากับ 4.67 ซึ่งมีคุณภาพและความเหมาะสมมากที่สุด

1.11 นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่ผ่านการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญแล้วว่ามีคุณภาพอยู่ในเกณฑ์ที่สามารถนำไปใช้เป็นเครื่องมือในการวิจัยได้ ไปทดลองใช้ (Try out) กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนสารคามพิทยาคม จำนวน 1 ห้องเรียน จำนวนนักเรียน 40 คน ปีการศึกษา 2564 ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง ซึ่งเรียนในรายวิชาวิทยาศาสตร์ เพื่อตรวจสอบความเหมาะสมของเวลาที่ใช้ในการจัดกิจกรรม สื่อการเรียนการสอน ความยากง่าย ความเป็นไปได้ในการนำไปปฏิบัติและความต่อเนื่องของกิจกรรมการเรียนรู้

1.12 นำแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ผ่านการทดลองและปรับปรุงแล้ว จัดพิมพ์เป็นฉบับสมบูรณ์และนำไปเป็นเครื่องมือในการวิจัย เพื่อรวบรวมข้อมูลกับกลุ่มตัวอย่างต่อไป

2. แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ผู้วิจัยได้ดำเนินการสร้างและหาคุณภาพของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน โดยดำเนินการดังนี้

2.1 ศึกษาวิธีการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนจากเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เช่น การวัดผลการศึกษา (สมนึก ภัททิยธนี, 2551) ระเบียบวิธีวิจัย สำหรับมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ (สมบัติ ท้ายเรือคำ, 2551) และเครื่องมือที่มีผู้สร้างไว้แล้ว

2.2 ศึกษาหลักสูตร สาระการเรียนรู้ คู่มือครู เนื้อหาและจุดประสงค์การเรียนรู้รายวิชาวิทยาศาสตร์ เรื่อง งานและพลังงาน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ตามหลักสูตร แกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) เพื่อเป็นแนวทางในการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

2.3 วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างเนื้อหาและจุดประสงค์การเรียนรู้ เรื่อง งานและพลังงาน เพื่อกำหนดจำนวนข้อสอบให้สอดคล้องกับเนื้อหาและจุดประสงค์การเรียนรู้ที่ตั้งไว้ ชนิดปรนัย แบบ 4 ตัวเลือก จำนวน 45 ข้อ ใช้จริง 30 ข้อ ดังตาราง

ตาราง 4 ความสอดคล้องระหว่างจำนวนข้อสอบที่ต้องการกับจุดประสงค์การเรียนรู้

ชื่อเรื่อง	จุดประสงค์	จำ		เข้าใจ		นำไปใช้		วิเคราะห์		สังเคราะห์		ประเมินค่า		รวม	
		ออก	ใช้	ออก	ใช้	ออก	ใช้	ออก	ใช้	ออก	ใช้	ออก	ใช้	ออก	ใช้
1. งานและกำลัง	- นักเรียนสามารถอธิบายการเกิดงานและกำลังได้โดยใช้แบบจำลอง - นักเรียนสามารถคำนวณหางานและกำลังที่เกิดจากแรงที่กระทำต่อวัตถุและทำให้วัตถุเคลื่อนที่ตามแนวแรงนั้นจากสมการ W = Fs และ P = W/t ได้	3	2	3	2	3	2					2	1	11	7
2. เครื่องกลอย่างง่าย	- นักเรียนวิเคราะห์และอธิบายหลักการทำงานของเครื่องกลอย่างง่ายได้โดยใช้แบบจำลอง - นักเรียนสามารถสร้างแบบจำลองเกี่ยวกับการทำงานของเครื่องกลอย่างง่ายได้	4	3	3	2	3	2	2	1	-	-	-	-	12	8
3. สร้างเครื่องทุ่นแรง	- นักเรียนอธิบายหลักการทำงานของเครื่องทุ่นแรงได้โดยการใช้แบบจำลอง	-	-	-	-	-	-	-	-	3	2	-	-	3	2

ตาราง 4 (ต่อ)

ชื่อเรื่อง	จุดประสงค์	จำ		เข้าใจ		นำไปใช้		วิเคราะห์		สังเคราะห์		ประเมินค่า		รวม	
		ออก	ใช้	ออก	ใช้	ออก	ใช้	ออก	ใช้	ออก	ใช้	ออก	ใช้	ออก	ใช้
4.พลังงานศักย์โน้มถ่วง	- นักเรียนสามารถอธิบายความหมายและบอกปัจจัยที่มีผลต่อพลังงานศักย์โน้มถ่วงได้ - นักเรียนสามารถออกแบบตารางบันทึกผลและการนำเสนอข้อมูลเกี่ยวกับปัจจัยที่มีผลต่อพลังงานศักย์โน้มถ่วงของวัตถุ ด้วยรูปแบบการสร้างแบบจำลองได้	3	2	3	2	-	-	3	2	-	-	-	-	9	6
5.พลังงานจลน์	- นักเรียนสามารถอธิบายความหมายและบอกปัจจัยที่มีผลต่อพลังงานจลน์ได้ - นักเรียนสามารถออกแบบตารางบันทึกผลและการนำเสนอข้อมูลเกี่ยวกับปัจจัยที่มีผลต่อพลังงานจลน์ของวัตถุด้วยแบบจำลอง	3	2	3	2	-	-	-	-	-	-	-	-	6	4
6. กฎการอนุรักษ์พลังงาน	- นักเรียนสามารถอธิบายการเปลี่ยนและการถ่ายโอนพลังงานตามกฎการอนุรักษ์พลังงานจากสถานการณ์ที่กำหนดให้ - นักเรียนสามารถสร้างแบบจำลองการเปลี่ยนและถ่ายโอนพลังงานรวมทั้งกฎการอนุรักษ์พลังงานด้วยการสร้างแบบจำลอง	-	-	4	3	-	-	-	-	-	-	-	-	4	3
รวม		13	9	16	11	6	4	5	3	3	2	2	1	45	30

2.4 นำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่สร้างขึ้นเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาเพื่อตรวจสอบความถูกต้องเหมาะสม

2.5 นำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่สร้างขึ้นเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญเพื่อขอรับการประเมินคุณภาพด้านความเที่ยงตรง และความสอดคล้องของแบบทดสอบ จำนวน 5 ท่าน ซึ่งประกอบด้วย

2.5.1 ผู้ช่วยศาสตราจารย์พงศธร กองแก้ว คุณวุฒิ วท.ม.วัสดุศาสตร์ทางด้านฟิสิกส์ อาจารย์ประจำภาควิชาฟิสิกส์ มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหา

2.5.2 อาจารย์ ดร.ณัฐพล โยธา คุณวุฒิ ปร.ด.วิจัยและประเมินผลการศึกษา อาจารย์ประจำภาควิชา การวัดประเมินผลและวิจัยทางการศึกษา คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์

2.5.3 นางอารีวรรณ ธาตุดี คุณวุฒิ ค.ม.การเรียนและการสอน ครูชำนาญการพิเศษ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โรงเรียนสารคามพิทยาคม อำเภอเมืองมหาสารคาม จังหวัดมหาสารคาม ผู้เชี่ยวชาญด้านการสอนวิทยาศาสตร์

2.5.4 นางพงษ์ลดา กาญจนปภากูล คุณวุฒิ กศ.ม.หลักสูตรและการสอน ครูชำนาญการพิเศษ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โรงเรียนสารคามพิทยาคม อำเภอเมืองมหาสารคาม จังหวัดมหาสารคาม ผู้เชี่ยวชาญด้านการสอนวิทยาศาสตร์

2.5.5 นายวัลลภ ปริญทอง คุณวุฒิ กศ.ม.หลักสูตรและการสอน ครูชำนาญการ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี โรงเรียนสีชมพูศึกษา สังกัดองค์การบริหารส่วนจังหวัดขอนแก่น ผู้เชี่ยวชาญด้านการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

พิจารณา ตรวจสอบโดยวิธีตรวจสอบรายการ (Checklist) เพื่อหาค่า IOC โดยถือเกณฑ์ความสอดคล้องตั้งแต่ 0.5–1.00 ถือว่าข้อสอบนั้นใช้ได้ โดยกำหนดเกณฑ์ในการประเมินดังนี้ (สมนึก ภัททิยธนี, 2551)

คะแนน +1 เมื่อแน่ใจว่าข้อสอบวัดตรงกับจุดประสงค์การเรียนรู้

คะแนน 0 เมื่อไม่แน่ใจว่าข้อสอบวัดตรงกับจุดประสงค์การเรียนรู้

คะแนน -1 เมื่อแน่ใจว่าข้อสอบวัดไม่ตรงกับจุดประสงค์การเรียนรู้

2.6 นำผลการประเมินความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามของแบบทดสอบกับจุดประสงค์ที่ต้องการวัดมาหาค่าดัชนีความสอดคล้อง โดยใช้สูตร IOC (Index of Item–Objective Congruence) (สมบัติ ท้ายเรือคำ, 2551) ผลการพิจารณาคัดเลือกข้อสอบพบว่า ได้ข้อสอบที่อยู่ในเกณฑ์ทั้งหมด 44 ข้อ ซึ่งมีค่าความสอดคล้องตั้งแต่ 0.80 ถึง 1.00

2.7 นำแบบทดสอบที่ได้รับการตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาและปรับปรุงแก้ไขไปทดลองใช้ (Try Out) กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนสารคามพิทยาคม จำนวน 40 คน ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2564 ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง

2.8 นำคะแนนที่ได้จากการทดสอบมาวิเคราะห์เป็นรายข้อเพื่อตรวจสอบคุณภาพ ดังนี้

2.8.1 เลือกให้ครอบคลุมจุดประสงค์การเรียนรู้

2.8.2 เลือกข้อสอบที่มีคุณภาพผ่านเกณฑ์ ค่าความยากง่าย (p) ของข้อสอบที่นำมาใช้มีค่าระหว่าง 0.21-0.87 และค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ (r) 0.21-0.55 จำนวน 30 ข้อ

2.9 นำข้อสอบที่คัดเลือกไว้ จำนวน 30 ข้อ มาหาค่าความเชื่อมั่น (Reliability) ทั้งฉบับโดยวิธีของโลเวทท์ (Lovett Method) (สมบัติ ท้ายเรือคำ, 2551) ได้ค่าความเชื่อมั่นทั้งฉบับเท่ากับ 0.74 (ภาคผนวก ข)

2.10 จัดพิมพ์แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่ผ่านการตรวจสอบคุณภาพแล้ว เพื่อนำไปเป็นเครื่องมือในการวิจัยสำหรับเก็บรวบรวมข้อมูลต่อไป

3. แบบทดสอบวัดความเข้าใจมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์

3.1 ศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องกับการสร้างแบบวัดความเข้าใจมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ชนิดเลือกตอบ แล้วเขียนอธิบายเหตุผลของคำตอบ

3.2 ศึกษาเนื้อหาสาระ เรื่อง งานและพลังงาน จากบทเรียนในกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 แล้ววิเคราะห์มาตรฐานการเรียนรู้ ตัวชี้วัดและสาระสำคัญ เพื่อวิเคราะห์มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ที่ต้องการวัด และจัดทำตารางวิเคราะห์ข้อสอบเพื่อเป็นกรอบในการสร้างแบบทดสอบวัดความเข้าใจมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน ซึ่งผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างมโนทัศน์ที่ต้องการวัดและจำนวนข้อสอบที่ออกและที่ต้องใช้จริง แสดงดังตาราง

ตาราง 5 ความสัมพันธ์ระหว่างมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ที่ต้องการวัดและจำนวนข้อสอบที่ออกและที่ต้องใช้จริง

มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ที่ต้องการวัด	สร้าง	ใช้
1. การเกิดงานและกำลัง	2	1
2. หลักการทำงานของเครื่องกลอย่างง่าย	2	1
3. หลักการทำงานของเครื่องทุ่นแรง	2	1
4. ความหมายและปัจจัยที่มีผลต่อพลังงานศักย์โน้มถ่วง	2	1
5. ความหมายและปัจจัยที่มีผลต่อพลังงานจลน์	2	1
6. ความสัมพันธ์ของการเปลี่ยนพลังงานระหว่างพลังงานศักย์โน้มถ่วงและพลังงานจลน์ของวัตถุ	2	1
รวม	12	6

3.3 สร้างแบบวัดความเข้าใจมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ตามจุดประสงค์การเรียนรู้ จำนวน 12 ข้อ โดยเป็นข้อสอบแบบอัตนัย โดยมีเกณฑ์การให้คะแนนดังนี้

เกณฑ์การให้คะแนน

1. ความเข้าใจที่สมบูรณ์ (Complete Understanding : CU) หมายถึง คำตอบของนักเรียนถูกและการให้เหตุผลถูกต้องสมบูรณ์ ครบองค์ประกอบที่สำคัญในแต่ละแนวคิด ให้ 3 คะแนน โดยมีองค์ประกอบดังนี้

1.1 ระบุแนวคิดในการคำนวณ โดยมีองค์ความรู้หรือหลักการ

1.2 แสดงวิธีการคำนวณได้ถูกต้อง

1.3 ได้คำตอบที่ถูกต้องตามที่โจทย์กำหนด

2. ความเข้าใจที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (Partial Understanding : PU) หมายถึง คำตอบของนักเรียนถูกต้องและการให้เหตุผลถูก แต่ขาดองค์ประกอบที่สำคัญบางส่วน ให้ 2 คะแนน

3. ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (Partial Understanding with Specific Alternative Conception : PS) หมายถึง คำตอบของนักเรียนถูกบางส่วน แต่บางส่วนแสดงความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน ให้ 1 คะแนน

4. ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน (Alternative Conception : AC) หรือความไม่เข้าใจ (No Understanding : NU) หมายถึง คำตอบของ นักเรียนแสดงความเข้าใจที่

คลาดเคลื่อนทั้งหมด หรือคำตอบของนักเรียนไม่ตรงกับ คำถาม หรือนักเรียนไม่ตอบคำถาม ให้ 0 คะแนน

3.4 นำแบบวัดความเข้าใจมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ เสนอคณะกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์พิจารณาความถูกต้องเหมาะสมของคำถามกับเนื้อหา และแก้ไขปรับปรุงตามคำแนะนำ

3.5 นำแบบวัดความเข้าใจมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ที่สร้างขึ้นเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญเพื่อขอรับการประเมินคุณภาพด้านความเที่ยงตรงและความสอดคล้องของแบบทดสอบ จำนวน 5 ท่าน ซึ่งประกอบด้วย

3.5.1 ผู้ช่วยศาสตราจารย์พงศธร กองแก้ว คุณวุฒิ วท.ม.วัสดุศาสตร์ทางด้านฟิสิกส์ อาจารย์ประจำภาควิชาฟิสิกส์ มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหา

3.5.2 อาจารย์ ดร.ณัฐพล โยธา คุณวุฒิ ปร.ด.วิจัยและประเมินผลการศึกษา อาจารย์ประจำภาควิชาการวัดประเมินผลและวิจัยทางการศึกษา คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์

3.5.3 นางอารีวรรณ ธาตุดี คุณวุฒิ ค.ม.การเรียนและการสอน ครูชำนาญการพิเศษ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โรงเรียนสารคามพิทยาคม อำเภอเมืองมหาสารคาม จังหวัดมหาสารคาม ผู้เชี่ยวชาญด้านการสอนวิทยาศาสตร์

3.5.4 นางพงษ์ลดา กาญจนปภากูล คุณวุฒิ กศ.ม.หลักสูตรและการสอน ครูชำนาญการพิเศษ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โรงเรียนสารคามพิทยาคม อำเภอเมืองมหาสารคาม จังหวัดมหาสารคาม ผู้เชี่ยวชาญด้านการสอนวิทยาศาสตร์

3.5.5 นายวัลลภ ปริญทอง คุณวุฒิ กศ.ม.หลักสูตรและการสอน ครูชำนาญการกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี โรงเรียนสีชมพูศึกษา สังกัดองค์การบริหารส่วนจังหวัดขอนแก่น ผู้เชี่ยวชาญด้านการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

3.6 นำแบบทดสอบที่สร้างขึ้นเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญด้านการวัดและประเมินผลการศึกษา ด้านการสอนวิทยาศาสตร์ และหาค่าความสอดคล้อง IOC (Index of Item–Objective Congruence) แล้วเลือกแบบทดสอบที่มีค่าดัชนีความสอดคล้องที่คำนวณได้มากกว่าหรือเท่ากับ 0.50 ถึง 1.00 ไว้ โดยวิธีตรวจสอบรายการ (Checklist) ใช้เกณฑ์ในการประเมิน ดังนี้

คะแนน +1 เมื่อแน่ใจว่าข้อคำถามสอดคลองกับพฤติกรรมตัวชี้วัด

คะแนน 0 เมื่อไม่แน่ใจว่าข้อคำถามสอดคลองกับพฤติกรรมตัวชี้วัด

คะแนน -1 เมื่อแน่ใจว่าข้อข้อคำถามสอดคลองกับพฤติกรรมตัวชี้วัด

ผลการพิจารณาความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับคุณลักษณะที่วัดเป็นรายข้อ (IOC) ได้ค่าความสอดคล้องตั้งแต่ 0.60 ถึง 1.00 คัดเลือกข้อสอบที่มีคุณภาพผ่านเกณฑ์

3.7 นำแบบทดสอบที่ได้รับการตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาและปรับปรุงแก้ไขไปทดลองใช้ (Try Out) กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนสารคามพิทยาคม จำนวน 40 คน ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2564 ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง

3.8 นำคะแนนที่ได้จากแบบทดสอบมาวิเคราะห์ข้อสอบเป็นรายข้อ เพื่อหาค่าอำนาจจำแนกโดยใช้สูตรของวิทนีย์และซาเบอร์ส (Whitney and Sabers, 1970 อ้างอิงมาจาก ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ, 2543) แล้วคัดข้อสอบไว้เฉพาะข้อที่มีค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.20 –1.00 ผลการวิเคราะห์พบว่า ข้อคำถาม 6 ข้อ ในแบบวัดความเข้าใจมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ มีค่าอำนาจจำแนกระหว่าง 0.34 ถึง 0.57 ซึ่งถือว่าเหมาะสม

3.9 นำข้อสอบที่ได้มาหาค่าความยาก โดยใช้สูตรของวิทนีย์และซาเบอร์ส (Whitney and Sabers, 1970 อ้างอิงมาจาก โกวิท ประวาลพฤกษ์, 2527) โดยข้อสอบที่มีค่าความยากเหมาะสมต้องอยู่ระหว่าง 0.20–0.80 ผลการวิเคราะห์พบว่า ข้อคำถาม 6 ข้อ ในแบบวัดความเข้าใจมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ มีค่าความยาก 0.69 ถึง 0.78 ซึ่งค่าความยากถือว่าเหมาะสม

3.10 นำผลคะแนนจากแบบวัดที่คัดเลือกไว้ 6 ข้อ มาหาค่าความเชื่อมั่นทั้งฉบับด้วยวิธีสัมประสิทธิ์แอลฟา (Alpha coefficient) ตามวิธีของครอนบาค (Cronbach) (บุญชม ศรีสะอาด และคณะ, 2550) ได้ค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.72 (แสดงในภาคผนวก ข)

3.11 นำแบบทดสอบวัดความเข้าใจมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ที่ผ่านการคัดเลือกและหาคุณภาพทุกขั้นตอนไปจัดพิมพ์ฉบับจริง เพื่อนำไปใช้กับกลุ่มตัวอย่างต่อไป

4. แบบทดสอบวัดการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์

ผู้วิจัยได้ดำเนินการสร้างและหาคุณภาพของแบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ โดยดำเนินการดังนี้

4.1 ศึกษาเอกสาร ตำรา ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการวัดการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์

4.2 ศึกษาเนื้อหาสาระ เรื่อง งานและพลังงาน จากหลักสูตรในกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 แล้ววิเคราะห์มาตรฐานการเรียนรู้ ตัวชี้วัดและสาระสำคัญ เพื่อวิเคราะห์ และจัดทำตารางวิเคราะห์ข้อสอบ เพื่อเป็นกรอบในการสร้างแบบทดสอบวัดการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียน แสดงดังตาราง

ตาราง 6 ความสัมพันธ์ระหว่างสถานการณ์การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ที่ต้องการวัดและจำนวนข้อสอบที่ออกและที่ต้องใช้จริง

สถานการณ์การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ที่ต้องการวัด	สร้าง	ใช้
1. เรื่องงานและกำลัง	2	1
2. เรื่องหลักการทำงานของเครื่องกลอย่างง่าย	2	1
3. เรื่องหลักการทำงานของเครื่องทุ่นแรง	2	1
4. เรื่องพลังงานศักย์โน้มถ่วง	2	1
5. เรื่องพลังงานจลน์	2	1
6. เรื่องความสัมพันธ์ของการเปลี่ยนพลังงานระหว่างพลังงานศักย์โน้มถ่วงและพลังงานจลน์ของวัตถุ	2	1
รวม	12	6

4.3 สร้างแบบทดสอบวัดการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ จำนวน 12 ข้อ ต้องการจริง 6 ข้อ โดยเป็นข้อสอบประเภทอัตนัยโดยมีเกณฑ์การให้คะแนนสามารถวัดพฤติกรรมบ่งชี้ได้ ดังนี้

4.3.1 ตอบได้ถูกต้อง 1 คะแนน

4.3.2 บอกหลักการที่สอดคล้องกับคำตอบ 1 คะแนน

4.3.3 ระบุหลักฐาน แนวคิด ทฤษฎี กฎ หรือยกตัวอย่างประกอบ 1 คะแนน

4.4 นำแบบทดสอบวัดการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ที่สร้างขึ้นเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์เพื่อตรวจสอบความถูกต้อง แล้วนำแบบทดสอบวัดการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์พร้อมแบบประเมินกลับมาแก้ไข ปรับปรุงตามคำแนะนำ จัดพิมพ์แบบวัดพร้อมแบบประเมินเพื่อเตรียมเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญ ประกอบด้วย

4.4.1 ผู้ช่วยศาสตราจารย์พงศธร กองแก้ว คุณวุฒิ วท.ม.วัสดุศาสตร์ทางด้านฟิสิกส์ อาจารย์ประจำภาควิชาฟิสิกส์ มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหา

4.4.2 อาจารย์ ดร.ณัฐพล โยธา คุณวุฒิ ปร.ด.วิจัยและประเมินผลการศึกษา อาจารย์ประจำภาควิชา การวัดประเมินผลและวิจัยทางการศึกษา คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์

4.4.3 นางอารีวรรณ ธาตุดี คุณวุฒิ ค.ม.การเรียนและการสอน ครูชำนาญการพิเศษ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โรงเรียนสารคามพิทยาคม อำเภอเมืองมหาสารคาม จังหวัดมหาสารคาม ผู้เชี่ยวชาญด้านการสอนวิทยาศาสตร์

4.4.4 นางพงษ์ลดา กาญจนปภากูล คุณวุฒิ กศ.ม.หลักสูตรและการสอน ครูชำนาญการพิเศษ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โรงเรียนสารคามพิทยาคม อำเภอเมืองมหาสารคาม จังหวัดมหาสารคาม ผู้เชี่ยวชาญด้านการสอนวิทยาศาสตร์

4.4.5 นายวัลลภ ปริญทอง คุณวุฒิ กศ.ม.หลักสูตรและการสอน ครูชำนาญการ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี โรงเรียนสีชมพูศึกษา สังกัดองค์การบริหารส่วนจังหวัดขอนแก่น ผู้เชี่ยวชาญด้านการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

4.5 นำผลการประเมินที่ได้มาวิเคราะห์เพื่อและหาค่าความสอดคล้อง IOC (Index of Item–Objective Congruence) แล้วเลือกแบบทดสอบที่มีค่าดัชนีความสอดคล้องที่คำนวณได้มากกว่าหรือเท่ากับ 0.50 ถึง 1.00 ไว้ โดยวิธีตรวจสอบรายการ (Checklist) ใช้เกณฑ์ในการประเมิน ดังนี้

คะแนน +1 เมื่อแน่ใจว่าข้อคำถามสอดคลองกับพฤติกรรมตัวชี้วัด

คะแนน 0 เมื่อไม่แน่ใจว่าข้อคำถามสอดคลองกับพฤติกรรมตัวชี้วัด

คะแนน -1 เมื่อแน่ใจว่าข้อข้อคำถามสอดคลองกับพฤติกรรมตัวชี้วัด

ผลการพิจารณาความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับคุณลักษณะที่วัดเป็นรายข้อ (IOC) ได้ค่าความสอดคล้องตั้งแต่ 0.80 ถึง 1.00

4.6 นำแบบทดสอบที่ได้รับการตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาและปรับปรุงแก้ไขไปทดลองใช้ (Try Out) กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนสารคามพิทยาคม จำนวน 40 คน ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2564 ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง

4.7 นำคะแนนที่ได้จากแบบทดสอบมาวิเคราะห์ข้อสอบเป็นรายข้อ เพื่อหาค่าอำนาจจำแนกโดยใช้สูตรของวิทนีย์และซาเบอร์ส (Whitney and Sabers, 1970 อ้างอิงมาจาก ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ, 2543) แล้วคัดข้อสอบไว้เฉพาะข้อที่มีค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.20–1.00 ผลการวิเคราะห์พบว่า ข้อคำถาม 6 ข้อ ในแบบวัดการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ มีค่าอำนาจจำแนกระหว่าง 0.20 ถึง 0.65 ซึ่งถือว่าเหมาะสม (แสดงในภาคผนวก ข)

4.8 นำข้อสอบที่ได้มาหาค่าความยาก โดยใช้สูตรของวิทนีย์และซาเบอร์ส (Whitney and Sabers, 1970 อ้างอิงมาจาก โกวิท ประวาลพฤกษ์, 2527) โดยข้อสอบที่มีค่าความยากเหมาะสมต้องอยู่ระหว่าง 0.20–0.80 ผลการวิเคราะห์พบว่า ข้อคำถาม 6 ข้อ ในแบบวัดการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ มีค่าความยาก 0.50 ถึง 0.80 ซึ่งค่าความยากถือว่าเหมาะสม

4.8 นำผลคะแนนจากแบบวัดที่คัดเลือกไว้ 6 ข้อ มาหาค่าความเชื่อมั่นทั้งฉบับด้วยวิธีสัมประสิทธิ์แอลฟา (Alpha coefficient) ตามวิธีของครอนบาค (Cronbach) (บุญชม ศรีสะอาด และคณะ, 2550) ได้ค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.82 (แสดงในภาคผนวก ข)

4.9 นำแบบทดสอบวัดการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ที่ผ่านการคัดเลือกและหาคุณภาพทุกขั้นตอนไปจัดพิมพ์ฉบับจริง เพื่อนำไปใช้กับกลุ่มตัวอย่างต่อไป

วิธีดำเนินการทดลองและการเก็บรวบรวมข้อมูล

1. แบบแผนการทดลอง

แบบแผนการทดลองการวิจัยในครั้งนี้เป็นการวิจัยกึ่งทดลองโดยใช้แผนการทดลองแบบ One–group Pretest–Posttest Design (ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ, 2539) มีแบบแผนการทดลอง ดังนี้

ตาราง 7 แบบแผนการทดลอง

ทดสอบก่อนเรียน	ทดลอง	ทดทดสอบหลังเรียน
T_1	X	T_2

สัญลักษณ์ที่ใช้ในการทดลอง

T_1 แทน การทดสอบความรู้ก่อนทำการทดลอง (Pre-test)

T_2 แทน การทดสอบความรู้หลังทำการทดลอง (Post-test)

X แทน การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

2. การดำเนินการทดลอง ผู้วิจัยดำเนินการทดลองกับกลุ่มตัวอย่าง คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนสารคามพิทยาคม อำเภอเมืองมหาสารคาม จังหวัดมหาสารคาม ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2564 ระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2565–มีนาคม พ.ศ. 2565 โดยดำเนินการดังนี้

2.1 ทำการ Pretest ด้วยแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน แบบทดสอบวัดความเข้าใจมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์และแบบวัดการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์

2.2 จัดการเรียนการสอนตามรูปแบบการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานกับกลุ่มทดลองคือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2/7

ตาราง 8 วันและเวลาที่ใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

แผนที่	เรื่อง	การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน	
		วัน-เดือน-ปี	เวลา
1	งานและกำลัง	16 ก.พ. 65	08.20 -10.10 น.
		17 ก.พ. 65	10.10-11.05 น.
2	เครื่องกลอย่างง่าย	23 ก.พ. 65	08.20 -10.10 น.
		24 ก.พ. 65	10.10-11.05 น.
3	สร้างเครื่องทุ่นแรง	2 มี.ค. 65	08.20 -10.10 น.
		3 มี.ค. 65	10.10-11.05 น.
4	พลังงานศักย์โน้มถ่วง	9 มี.ค. 65	08.20 -10.10 น.
5	พลังงานจลน์	10 มี.ค. 65	10.10-11.05 น.
6	กฎการอนุรักษ์พลังงาน	16 มี.ค. 65	08.20 -10.10 น.

2.3 เมื่อดำเนินการเสร็จสิ้นทำการ Posttest นักเรียนด้วยแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เพื่อนำข้อมูลที่ได้มาเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนก่อนเรียนและหลังเรียน

2.4 ทำการวัดความเข้าใจมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนด้วยแบบทดสอบวัดความเข้าใจมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ เพื่อนำข้อมูลที่ได้มาเปรียบเทียบความเข้าใจมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนและหลังเรียน

2.5 ทำการวัดการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ด้วยแบบวัดวัดการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ เพื่อนำข้อมูลที่ได้มาเปรียบเทียบการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนและหลังเรียน

2.6 นำข้อมูลที่ได้จากการทดลองกับนักเรียนกลุ่มตัวอย่างไปทำการตรวจวิเคราะห์ทางสถิติ เพื่อสรุปผลการทดลองตามความมุ่งหมายการวิจัยต่อไป

การวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยทำการวิเคราะห์หาคุณภาพของเครื่องมือโดยใช้สถิติสำเร็จรูป ดังนี้

1 หาประสิทธิภาพของแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง งานและพลังงาน กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ตามเกณฑ์ 75/75

1.1 การหาเกณฑ์ 75 ตัวแรก ดำเนินการดังนี้

1.1.1 รวมคะแนนใบงาน พฤติกรรมกลุ่ม และแบบทดสอบระหว่างเรียน

1.1.2 หาค่าเฉลี่ยของคะแนนรวมใบงาน พฤติกรรมกลุ่ม และแบบทดสอบระหว่างเรียน และคิดค่าเฉลี่ยของคะแนนเป็นร้อยละ

1.2 การหาเกณฑ์ 75 ตัวหลัง ดำเนินการดังนี้

1.2.1 รวมคะแนนแบบทดสอบหลังเรียนของกลุ่มตัวอย่างทั้งหมด

1.2.2 หาค่าเฉลี่ยของคะแนนรวมของแบบทดสอบหลังเรียน และคิดค่าเฉลี่ยของคะแนนเป็นร้อยละ

1.2.3 การวิเคราะห์หาประสิทธิภาพของการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง งานและพลังงาน กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ตามเกณฑ์ 75/75 โดยใช้ สูตร E1/E2

2. การวิเคราะห์หาคุณภาพของแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 เรื่อง งานและพลังงาน ดังนี้

2.2 การหาค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับจุดประสงค์ โดยใช้สูตร IOC) พิจารณาคัดเลือกข้อสอบที่มีคะแนนเฉลี่ยตั้งแต่ 0.50 ถึง 1.00

2.2 การหาค่าอำนาจจำแนกโดยมีค่าตั้งแต่ 0.20 ถึง 1.00

2.3 หาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบทั้งฉบับ (Reliability)

3. การวิเคราะห์หาคุณภาพของแบบทดสอบมโนทัศน์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 เรื่อง งานและพลังงาน ดังนี้

3.1 การหาค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับจุดประสงค์ โดยใช้สูตร (IOC) พิจารณาคัดเลือกข้อสอบที่มีคะแนนเฉลี่ยตั้งแต่ 0.50 ถึง 1.0

3.2 การหาค่าความยากของแบบทดสอบแต่ละข้อ ตั้งแต่ 0.20 ถึง 0.80 และมีค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.20 ขึ้นไป โดยใช้สูตรตามวิธีของ Whitney และ Sabers (1970 อ้างอิงมาจาก โกวิท ประวาลพฤกษ์, 2527)

3.3 หาค่าความเชื่อมั่นทั้งฉบับด้วยวิธีสัมประสิทธิ์แอลฟา (Alpha coefficient) ตามวิธีของครอนบาค

3.4 จากนั้นเปรียบเทียบความเข้าใจมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียน ของนักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง งานและพลังงาน กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โดยใช้ t-test (Dependent Samples)

4. การวิเคราะห์แบบทดสอบความสามารถการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 เรื่อง งานและพลังงาน ดังนี้

4 1 การหาค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับจุดประสงค์ โดยใช้สูตร (IOC) พิจารณาคัดเลือกข้อสอบที่มีคะแนนเฉลี่ยตั้งแต่ 0.50 ถึง 1.00

4.2 การหาค่าความยากของแบบทดสอบแต่ละข้อ ตั้งแต่ 0.20 ถึง 0.80 และมีค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.20 ขึ้นไป โดยใช้สูตรตามวิธีของ Whitney และ Sabers (1970 อ้างอิงมาจาก โกวิท ประวาลพฤกษ์, 2527)

4.3 หาค่าความเชื่อมั่นทั้งฉบับด้วยวิธีสัมประสิทธิ์แอลฟา (Alpha coefficient) ตามวิธีของครอนบาค

4.4 จากนั้นเปรียบเทียบความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียน ของนักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง งานและพลังงาน กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โดยใช้ t-test (Dependent Samples)

สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

1. สถิติที่ใช้ในการตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือ

1.1 แผนการจัดการเรียนรู้

1.1.1 ความตรงเชิงเนื้อหา (Content Validity) ของแผนการจัดการเรียนรู้ โดยใช้วิธีหาดัชนีความสอดคล้อง (IOC) โดยใช้สูตรดังนี้ (มนตรี วงษ์สะพาน, 2563)

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

เมื่อ IOC แทน ดัชนีความสอดคล้อง

$\sum R$ แทน ผลรวมความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ

N แทน จำนวนผู้เชี่ยวชาญ

1.1.2 การหาประสิทธิภาพแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ใช้เกณฑ์ประสิทธิภาพ (E1/E2) เกณฑ์ 75/75 ในความหมาย ตัวเลข 75 ตัวแรก (E1) คือ นักเรียนทั้งหมดทำแบบฝึกหัดหรือแบบทดสอบย่อยได้คะแนนเฉลี่ยร้อยละ 75 ถือเป็นประสิทธิภาพของกระบวนการ ส่วนตัวเลข 75 ตัวหลัง (E2) คือ นักเรียนทั้งหมดทำแบบฝึกหัดหลังเรียน (Post-test) ได้คะแนนเฉลี่ยร้อยละ 75

การหาค่า E1 และ E2 ซึ่งใช้สูตร ดังนี้

$$E_1 = \frac{\left(\frac{\sum X}{N}\right)}{A} \times 100$$

เมื่อ E_1 แทน ประสิทธิภาพของกระบวนการทำงาน

$\sum X$ แทน คะแนนรวมของแบบฝึกหัด

N แทน จำนวนนักเรียน

A แทน คะแนนเต็มของแบบฝึกหัดทุกข้อรวมกัน

และ

$$E_2 = \frac{\left(\frac{\sum F}{N}\right)}{B} \times 100$$

เมื่อ E_2 แทน ประสิทธิภาพของผลลัพธ์

$\sum X$ แทน คะแนนรวมของผลลัพธ์หลังเรียน

N แทน จำนวนนักเรียน

B แทน คะแนนเต็มของการทดสอบหลังเรียน

1.2 การหาคุณภาพของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

1.2.1 ความตรงเชิงเนื้อหา (Content Validity) ของแบบทดสอบโดยใช้วิธีหาดัชนีความสอดคล้อง (IOC) โดยใช้สูตรดังนี้ (มนตรี วงษ์สะพาน, 2563)

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

เมื่อ IOC แทน ดัชนีความสอดคล้อง

$\sum R$ แทน ผลรวมความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ

N แทน จำนวนผู้เชี่ยวชาญ

1.2.2 ค่าอำนาจจำแนก (Discriminating Power) โดยใช้ดัชนี B (B-Index) เพื่อหาประสิทธิภาพในการจำแนกผู้สอบออกเป็นผู้รอบรู้หรือสอบผ่านกับผู้ไม่รอบรู้หรือสอบไม่ผ่าน โดยใช้สูตรดังนี้ (มนตรี วงษ์สะพาน, 2563)

$$B = \frac{U}{N_1} - \frac{L}{N_2}$$

เมื่อ B แทน ค่าอำนาจจำแนกของข้อสอบ

U แทน จำนวนรอบรู้ ตอบถูก

L แทน จำนวนไม่รอบรู้ตอบถูก

N_1 แทน จำนวนคนรอบรู้ (หรือสอบผ่านเกณฑ์)

N_2 แทน จำนวนคนไม่รอบรู้ (หรือสอบไม่ผ่านเกณฑ์)

1.2.3 ค่าความเชื่อมั่น (Reliability) ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนทั้งฉบับ โดยใช้สูตรของโลเวทท์ (Lovett) ดังนี้ (มนตรี วงษ์สะพาน, 2563)

$$r_{cc} = 1 - \frac{k\sum X_i - \sum X_i^2}{(k-1)\sum (X_i - C)^2}$$

เมื่อ r_{cc} แทน ความเที่ยงของแบบทดสอบ

K แทน จำนวนข้อของแบบทดสอบทั้งฉบับ

X_i แทน คะแนนสอบของนักเรียนแต่ละคน

C แทน คะแนนจุดตัด

1.3 การหาคุณภาพของแบบทดสอบวัดความเข้าใจมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์และแบบทดสอบวัดการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์

1.3.1 ความเที่ยงตรง (Validity) โดยใช้วิธีหาดัชนีความสอดคล้อง (IOC) โดยใช้สูตรดังนี้ (มนตรี วงษ์สะพาน, 2563)

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

เมื่อ IOC แทน ดัชนีความสอดคล้อง

$\sum R$ แทน ผลรวมความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ

N แทน จำนวนผู้เชี่ยวชาญ

กำหนดคะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ โดยค่าดัชนีความสอดคล้องที่ยอมรับ ได้ต้องมีค่าตั้งแต่ 0.50 ขึ้นไป ดังนี้

คะแนน +1 สำหรับข้อสอบที่มีความสอดคล้อง

คะแนน 0 สำหรับข้อสอบที่ไม่แน่ใจว่ามีความสอดคล้อง

คะแนน -1 สำหรับข้อสอบที่ไม่มีความสอดคล้อง

1.3.2 ดัชนีค่าความยาก (P_E) แบบทดสอบวัดความเข้าใจมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์และแบบทดสอบวัดการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ มีสูตรดังนี้ (Whitney and Sabers, 1970 อ้างอิงมาจาก โกวิท ประวาลพฤกษ์, 2527)

$$\frac{P_E = (S_H + S_L) - (N_T)(X_{Min})}{(N_T)(X_{Max} - X_{Min})}$$

เมื่อ P_E คือ ดัชนีค่าความยากของแบบทดสอบ

S_H คือ ผลรวมของคะแนนกลุ่มสูง

S_L คือ ผลรวมของคะแนนกลุ่มต่ำ

X_{Max} คือ คะแนนสูงสุดที่เป็นไปได้ (คะแนนเต็มของข้อสอบข้อนั้น ๆ)

X_{Min} คือ คะแนนต่ำสุดที่เป็นไปได้ (คะแนนต่ำสุดของข้อสอบข้อนั้น ๆ)

N_T คือ จำนวนนักเรียนทั้งกลุ่มสูงกลุ่มต่ำ

1.3.3 ดัชนีค่าอำนาจจำแนก (D) แบบทดสอบวัดความเข้าใจมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์และแบบทดสอบวัดการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ มีสูตรดังนี้ (Whitney and Sabers, 1970 อ้างอิงมาจาก โกวิท ประวาลพฤกษ์, 2527)

$$D = \frac{(S_H - S_L)}{N_H(X_{Max} - X_{Min})}$$

เมื่อ D คือ ดัชนีค่าอำนาจจำแนก

S_H คือ ผลรวมของคะแนนกลุ่มสูง

S_L คือ ผลรวมของคะแนนกลุ่มต่ำ

X_{Max} คือ คะแนนสูงสุดที่เป็นไปได้ (คะแนนเต็มของข้อสอบข้อนั้น ๆ)

X_{Min} คือ คะแนนต่ำสุดที่เป็นไปได้ (คะแนนต่ำสุดของข้อสอบข้อนั้น ๆ)

N_H คือ จำนวนนักเรียนในกลุ่มสูง

1.3.4 วิเคราะห์หาค่าความเชื่อมั่นทั้งฉบับของแบบทดสอบวัดความเข้าใจมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์และแบบทดสอบวัดการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ โดยใช้วิธีหาค่า Coefficient Alpha (α) ของ Cronbeach (1951)

$$\alpha = \left(\frac{n}{n-1}\right)\left(1 - \left(\frac{\sum S_i^2}{S_t^2}\right)\right)$$

เมื่อ n คือ จำนวนข้อของแบบทดสอบนั้น

$\sum S_i^2$ คือ ความแปรปรวนของข้อสอบแต่ละข้อ

S_t^2 คือ ความแปรปรวนของคะแนนทั้งฉบับ

2. สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

สถิติพื้นฐาน

2.1 ร้อยละ (Percentage) ใช้สูตรดังนี้ (ประสาท เนืองเฉลิม, 2554)

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

เมื่อ P แทน ร้อยละ
f แทน ความถี่หรือจำนวนข้อมูลที่ต้องการแปลงให้เป็นร้อยละ
N แทน จำนวนข้อมูลทั้งหมด

2.2 ค่าเฉลี่ยตัวอย่าง (Arithmetic Mean) ของคะแนนโดยใช้สูตรดังนี้ (ประสาท เนืองเฉลิม, 2554)

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

เมื่อ X แทน ค่าตัวกลางเลขคณิตหรือค่าเฉลี่ยตัวอย่าง
∑X แทน ผลรวมของคะแนนทั้งหมดในกลุ่ม
N แทน จำนวนสมาชิกในกลุ่ม

2.3 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานตัวอย่าง (Standard Deviation) โดยใช้สูตรดังนี้ (ประสาท เนืองเฉลิม, 2554)

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

เมื่อ S.D. แทน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานตัวอย่าง
X แทน ค่าคะแนน
N แทน จำนวนสมาชิกในกลุ่ม
∑ แทน ผลรวม

3. สถิติที่ใช้ทดสอบสมมติฐาน

3.1 ทดสอบคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของกลุ่มตัวอย่างกลุ่มเดียวกับเกณฑ์ร้อยละ70 ซึ่งไม่ทราบค่าความแปรปรวนของประชากรโดยใช้สถิติ t–test (One Sample) (คณาจารย์ภาควิชาวิจัยและพัฒนาการศึกษา, 2553)

$$t = \frac{\overline{X} - \mu_0}{\frac{S}{\sqrt{n}}}$$

เมื่อ t แทน การทดสอบค่า t-test

$\overline{X}$ แทน ค่าเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่าง

μ_0 แทน ค่าคงที่ค่าหนึ่ง (ค่าเฉลี่ยของกลุ่มประชากร)

S แทน ส่วนเบี่ยงเบนของกลุ่มตัวอย่าง

N แทน จำนวนของกลุ่มตัวอย่าง

3.2 สถิติที่ใช้ในการทดสอบสมมติฐาน ทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยก่อนเรียนและหลังเรียน โดยใช้ t-test (Dependent Samples) (บุญชม ศรีสะอาด, 2545)

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

เมื่อ t แทน ค่าสถิติที่จะใช้ในการเปรียบเทียบกับค่าวิกฤติ เพื่อทราบความมีนัยสำคัญ

D แทน ค่าผลต่างระหว่างคู่คะแนน

n แทน จำนวนกลุ่มตัวอย่างหรือจำนวนคู่คะแนน

t แทน ค่าสถิติที่ใช้พิจารณาใน t-distribution

$\sum D$ แทน ผลรวมของความแตกต่างระหว่างคะแนน การทดสอบก่อนและหลังเรียน

$\sum D^2$ แทน ผลรวมของกำลังสองของความแตกต่างระหว่างคะแนนการทดสอบก่อนละหลังเรียน

n แทน จำนวนนักเรียน

df แทน ชั้นแห่งความเป็นอิสระ

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยในครั้งนี้เป็นการพัฒนาการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนความเข้าใจมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ และการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ผู้วิจัยได้เสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลตามลำดับ ดังนี้

1. สัญลักษณ์ที่ใช้ในการเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล
2. ลำดับขั้นตอนในการเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล
3. ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

สัญลักษณ์ที่ใช้ในการเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล

เพื่อให้เกิดความเข้าใจในการแปลความหมายและการนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลได้ถูกต้อง ผู้วิจัยได้กำหนดสัญลักษณ์ในการวิเคราะห์ข้อมูล ดังนี้

N	แทน	จำนวนนักเรียน
$\overline{X}$	แทน	ค่าเฉลี่ยตัวอย่าง
S.D.	แทน	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานตัวอย่าง
E_1	แทน	ประสิทธิภาพด้านกระบวนการของแผนการจัดการเรียนรู้
E_2	แทน	ประสิทธิภาพด้านผลลัพธ์ของแผนการจัดการเรียนรู้
P	แทน	ระดับนัยสำคัญทางสถิติ
t	แทน	สถิติทดสอบที่ใช้ t-test

ลำดับขั้นตอนในการเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยได้ดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูลตามลำดับขั้น ดังนี้

ตอนที่ 1 ผลการวิเคราะห์ประสิทธิภาพของแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง งานและพลังงาน กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ตามเกณฑ์ 75/75

ตอนที่ 2 ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง งานและพลังงาน กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 กับเกณฑ์ร้อยละ 70

ตอนที่ 3 ผลการเปรียบเทียบความเข้าใจมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียน ด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง งานและพลังงาน กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2

ตอนที่ 4 ผลการเปรียบเทียบการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง งานและพลังงาน กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ตอนที่ 1 การหาประสิทธิภาพของการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง งานและพลังงาน กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ตามเกณฑ์ 75/75 นักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง งานและพลังงาน ทั้งหมด 6 แผน รวมเวลา 14 ชั่วโมง แล้วนำข้อมูลมาวิเคราะห์หาประสิทธิภาพของแผนการจัดการเรียนรู้ โดยเปรียบเทียบกับเกณฑ์ประสิทธิภาพ 75/75 ผลปรากฏดังตาราง 9

ตาราง 9 ประสิทธิภาพของการจัดการเรียนรูโดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง งานและพลังงาน กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2

ผลการเรียน	คะแนนเต็ม	$\overline{X}$	S.D.	คะแนนร้อยละเฉลี่ย
ประสิทธิภาพด้านกระบวนการ (E_1)	150	115.48	3.25	76.98
ประสิทธิภาพด้านผลลัพธ์(E_2)	30	22.60	2.06	75.33
ประสิทธิภาพด้านการจัดการเรียนรู้ (E_1/E_2) เท่ากับ 76.98/75.33				

จากตาราง 9 พบว่า นักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง งานและพลังงาน กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2

ทั้งหมด 6 แผนรวมเวลา 14 ชั่วโมง แล้วนำข้อมูลมาวิเคราะห์หาประสิทธิภาพของแผนการจัดการเรียนรู้ โดยเปรียบเทียบกับเกณฑ์ประสิทธิภาพ 75/75 ดังตาราง 9 แสดงให้เห็นว่า ประสิทธิภาพของกระบวนการ (E1) เท่ากับ 76.98 และประสิทธิภาพของผลลัพธ์ (E2) เท่ากับ 75.33 ดังนั้น การจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง งานและพลังงาน จึงมีประสิทธิภาพเท่ากับ 76.98/75.33 ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด

ตอนที่ 2 ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง งานและพลังงาน กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 กับเกณฑ์ร้อยละ 70

ตาราง 10 การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง งานและพลังงาน กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ให้ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70

	N	คะแนนเต็ม	ร้อยละ 70	$\overline{X}$	S.D.	t	p
หน่วยที่ 1	40	25	17.50	19.80	1.20	12.096*	.000
หน่วยที่ 2	40	25	17.50	18.95	1.13	8.107*	.000
หน่วยที่ 3	40	25	17.50	19.20	1.26	8.500*	.000
หน่วยที่ 4	40	25	17.50	19.28	1.15	9.724*	.000
หน่วยที่ 5	40	25	17.50	18.73	1.36	5.703*	.000
หน่วยที่ 6	40	25	17.50	19.53	0.88	14.609*	.000
หลังเรียน	40	30	21.00	22.60	2.06	4.911*	.000

* หมายถึง มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากตาราง 10 พบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 เรื่อง งานและพลังงาน ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน หน่วยที่ 1 ถึง หน่วยที่ 6 และหลังเรียนมีคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ .05

ตอนที่ 3 ผลการเปรียบเทียบความเข้าใจมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง งานและพลังงาน กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2

ตาราง 11 ผลการเปรียบเทียบความเข้าใจมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง งานและพลังงาน กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2

การทดสอบ	n	คะแนนเต็ม	$\overline{X}$	S.D.	t	p
ก่อนเรียน	40	18	8.15	1.17	22.425*	.000
หลังเรียน	40	18	14.28	2.12		

* หมายถึง มีนัยสำคัญที่ระดับ .05

จากตาราง 11 พบว่า ความเข้าใจมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง งานและพลังงาน กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05

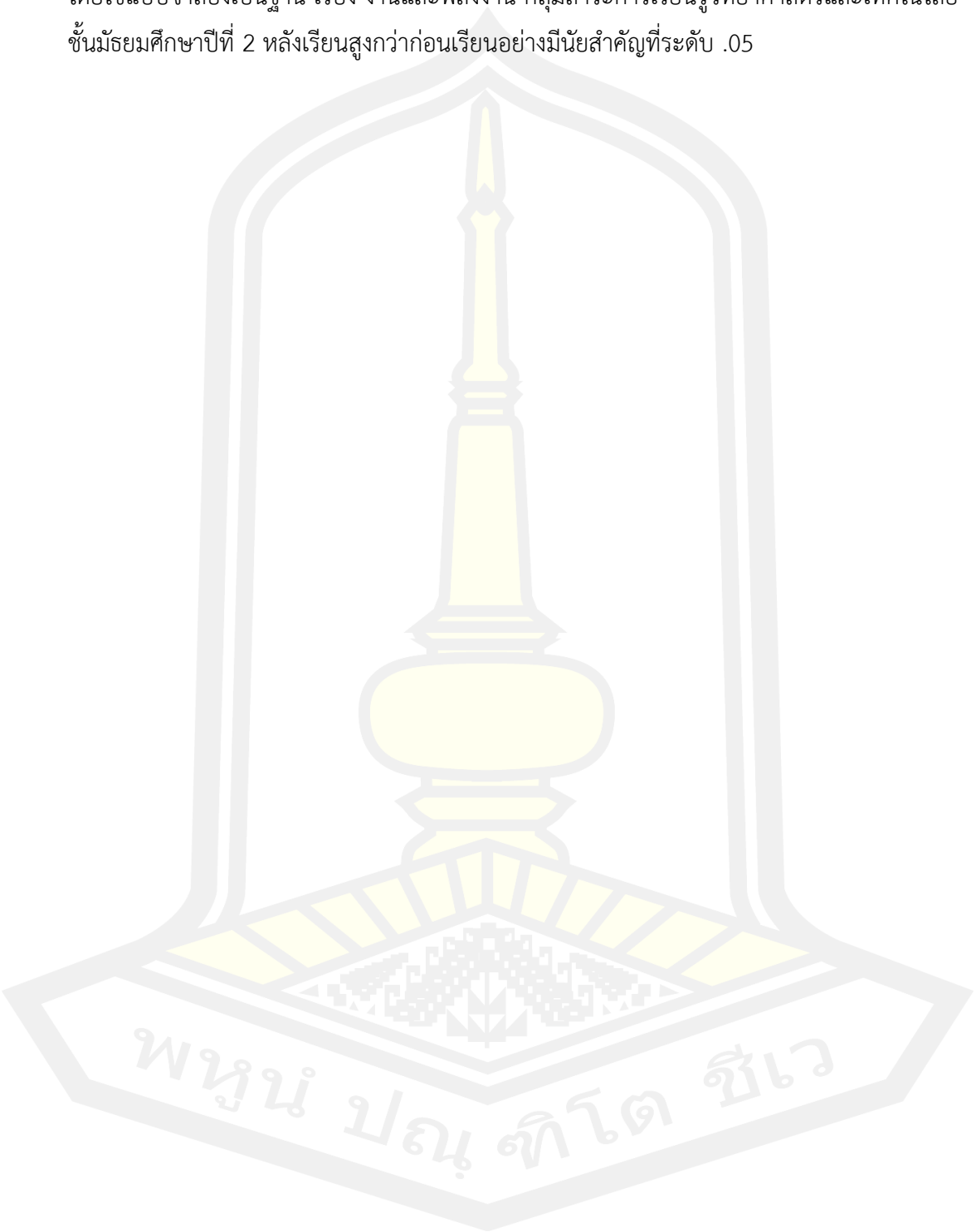
ตอนที่ 4 ผลการเปรียบเทียบการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง งานและพลังงาน กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2

ตาราง 12 ผลการเปรียบเทียบการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง งานและพลังงาน กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2

การทดสอบ	n	คะแนนเต็ม	$\overline{X}$	S.D.	t	p
ก่อนเรียน	40	18	8.53	1.30	38.385*	.000
หลังเรียน	40	18	14.23	1.56		

* หมายถึง มีนัยสำคัญที่ระดับ .05

จากตาราง 12 พบว่า การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง งานและพลังงาน กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05



บทที่ 5

สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การดำเนินการวิจัยครั้งนี้ เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ความเข้าใจมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์และการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ โดยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ซึ่งมีขั้นตอนการดำเนินการวิจัยดังต่อไปนี้

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

ความมุ่งหมายของการวิจัย

1. เพื่อพัฒนาการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง งานและพลังงาน กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ให้มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 75/75
2. เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง งานและพลังงาน กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ให้ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70
3. เพื่อเปรียบเทียบความเข้าใจมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง งานและพลังงาน กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2
4. เพื่อเปรียบเทียบการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง งานและพลังงาน กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2

สรุปผล

ผู้วิจัยได้สรุปผลการวิจัยตามความมุ่งหมายการวิจัย ดังนี้

1. การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง งานและพลังงาน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 กลุ่มสาระการเรียนรู้ วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นมีประสิทธิภาพ 76.98/75.33 ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์ที่ตั้งไว้

2. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 เรื่อง งานและพลังงานที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน มีคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

3. ความเข้าใจมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง งานและพลังงาน กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05

4. การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง งานและพลังงาน กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05

อภิปรายผล

จากการวิจัยเรื่อง การพัฒนาการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ความเข้าใจมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ และการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 พบว่า มีประเด็นที่สามารถอภิปรายผลได้ ดังนี้

1. การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง งานและพลังงาน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 กลุ่มสาระการเรียนรู้ วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นมีประสิทธิภาพ 76.98/75.33 หมายความว่า นักเรียนได้คะแนนเฉลี่ยจากการทดสอบย่อยประจำแผนการจัดการเรียนรู้และคะแนนพฤติกรรมการเรียนรู้ระหว่างเรียนในแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้ คิดเป็นร้อยละ 76.98 เฉลี่ยจากการทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียน คิดเป็นร้อยละ 75.33 ซึ่งมีประสิทธิภาพเป็นไปตามเกณฑ์ 75/75 ที่ตั้งไว้ ที่เป็นเช่นนี้เนื่องมาจากการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานเป็นวิธีการสอนที่เน้นกระบวนการคิดของผู้เรียน กระตุ้นความสนใจ หลักการทางวิทยาศาสตร์ด้วยการลงมือปฏิบัติ ผู้เรียนได้แลกเปลี่ยนความคิดเห็นในการอธิบายสิ่งที่ค้นพบระหว่างสมาชิกในห้องเรียน ช่วยให้ผู้เรียนลดมโนทัศน์ที่ผิดพลาดและเชื่อมโยงความรู้ใหม่เข้ากับ ความรู้เดิม (Colburn, 2007) อีกทั้งแผนการจัดการเรียนรู้ได้ผ่านกระบวนการสร้างอย่างมีระบบ ได้รับคำแนะนำ

จากอาจารย์ที่ปรึกษาและผ่านการประเมินคุณภาพจากผู้เชี่ยวชาญ ซึ่งพบว่าแผนการจัดการเรียนรู้มีความเหมาะสมในระดับมากที่สุด ส่งผลให้การจัดการเรียนรู้มีประสิทธิภาพเป็นไปตามเกณฑ์ที่ตั้งไว้ สอดคล้องกับงานวิจัยของ รัตนาพร ประพันธ์วิทย์ (2559) พบว่า แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้การจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ Model Centerod instruction Sequence (MCIS) มีประสิทธิภาพเป็นไปตามเกณฑ์ที่ตั้งไว้ และสามารถช่วยพัฒนามโนมติและการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ เรื่อง ระบบย่อยอาหาร ของนักเรียนได้ ลัทธวรรณ ศรีวิคำ (2558) พบว่า แผนการจัดการเรียนรู้ด้วยรูปแบบแบบจำลองเป็นฐานมีประสิทธิภาพเป็นไปตามเกณฑ์ที่ตั้งไว้ และนักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้รูปแบบแบบจำลองเป็นฐาน มีความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์หลังการจัดการเรียนรู้เพิ่มสูงขึ้นและมีคะแนนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน สอดคล้องกับ ธนาศวรรย์ สมไพบูลย์ (2562) พบว่า แผนการจัดการเรียนรู้ด้วยรูปแบบแบบจำลองเป็นฐาน มีประสิทธิภาพเป็นไปตามเกณฑ์ที่ตั้งไว้ และนักเรียนที่เรียนโดยการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในรูปแบบแบบจำลองเป็นฐาน มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน มีระดับความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ที่สูงขึ้น สอดคล้องกับ วัลลภ ปริญทอง (2563) พบว่า แผนการจัดการเรียนรู้โดยการการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์มีประสิทธิภาพสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนมีระดับความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ที่สูงขึ้น สอดคล้องกับงานวิจัยของ ธีระภัทร พินิจมนตรี (2561) พบว่า ประสิทธิภาพของแผนการจัดการเรียนรู้การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน มีค่าตามเกณฑ์ 80/80 ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์ที่ตั้งไว้

2. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 เรื่อง งานและพลังงาน ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน มีคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ทั้งนี้เพราะนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ซึ่งเป็นการจัดการเรียนการสอนที่เน้นผู้เรียนให้มีความเข้าใจมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้องและยังช่วยส่งเสริมความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ (Ornek, 2006) เนื่องจากแบบจำลองทำหน้าที่เป็นตัวเชื่อมระหว่างทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์ที่เป็นนามธรรมกับโลกของความเป็นจริงและช่วยนำเสนอและอธิบายสิ่งต่าง ๆ ที่เป็นนามธรรมให้นักเรียนเข้าใจได้ง่ายขึ้น (Gilbert, Boulter and Elmer, 2000) นอกจากนี้แบบจำลองยังช่วยให้นักเรียนได้แสดงออกถึงความคิดของตน แสดงออกถึงความคิดอย่างเป็นระบบ (Windschit and Thompson, 2006) เมื่อนักเรียนมีความเข้าใจมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้องก็จะสามารถให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ได้ถูกต้องส่งผลให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ดีขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับ ธีระภัทร พินิจมนตรี (2561) ได้ศึกษาเรื่องการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เพื่อส่งเสริมการคิดอย่างมีวิจารณญาณและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง โลกและการเปลี่ยนแปลง สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 80 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และ 4) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนมีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

3. การเปรียบเทียบความเข้าใจมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง งานและพลังงาน กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 เนื่องจากการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานสามารถทำให้เข้าใจมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์และแนวคิดต่าง ๆ ได้ง่ายขึ้น ซึ่งจะช่วยในการมองเห็นปรากฏการณ์ต่าง ๆ และสามารถใช้อธิบายปรากฏการณ์ธรรมชาติ (Gilbert and Ireton, 2003) นักเรียนจะสามารถสร้างความเข้าใจโดยการเปรียบเทียบหลักฐานที่ได้จากการออกแบบ แบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ หรือแผนภาพ จะทำให้นักเรียนสามารถเชื่อมโยงกับความคิดกับความเข้าใจและพัฒนาความเข้าใจมโนทัศน์ในเรื่องนั้น ๆ ได้ (Justi and Gilbert, 2003) ซึ่งสอดคล้องกับ Hestenes (2006) ได้ทดลองเปรียบเทียบการสอนปกติที่เน้นการสอนแบบบรรยายกับจัดการเรียนการสอนด้วยแบบจำลอง (Modeling Instruction) ที่เน้นการสร้างการ ตรวจสอบและการนำไปใช้ของแบบจำลอง เพื่อทำความเข้าใจปรากฏการณ์ทางกายภาพในวิชาฟิสิกส์ โดยใช้แบบทดสอบที่เรียกว่า Force Concept Inventory (FCI) ซึ่งพัฒนาขึ้นเพื่อให้สามารถใช้ประเมินผลการเรียนรู้ด้านมโนทัศน์ เรื่อง กลศาสตร์ ของนักเรียนที่เรียนรู้ด้วยวิธีการสอนที่ต่างกัน ผลการทดลองกับนักเรียน จำนวน 3,394 คน พบว่า นักเรียนมีคะแนนมโนทัศน์ เรื่อง กลศาสตร์ หลังการทดลองคิดเป็นค่าเฉลี่ยร้อยละ 52 ซึ่งสูงกว่ากลุ่มที่เรียนด้วยการสอนแบบปกติที่ได้คะแนนเฉลี่ยร้อยละ 42 และทดลอง นักเรียนที่มีความสามารถในการสร้างแบบจำลองดูอยู่ในระดับดีเยี่ยม หลังจากเข้าอบรมเชิงปฏิบัติการเวลาผ่านไป 2 ปีการศึกษา จำนวน 647 คน และทำการวัดด้วย แบบวัด FCI พบว่า นักเรียนมีคะแนนมโนทัศน์เรื่องกลศาสตร์หลังจากการทดลองคิดเป็นค่าเฉลี่ย ร้อยละ 69

4. การเปรียบเทียบการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง งานและพลังงาน กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 พบว่า หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 เนื่องจากการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เป็นการจัดการเรียนรู้โดยการนำเสนอแบบจำลองเป็นสิ่งที่นักวิทยาศาสตร์สร้างขึ้น เพื่อใช้อธิบายแนวคิด หลักการ ทฤษฎี หรือกฎ หรือหากกล่าวอีกนัยหนึ่ง แบบจำลอง คือ ตัวแทนของวัตถุ แนวคิด กระบวนการหรือระบบ ซึ่งแบบจำลองเป็นสิ่งที่เชื่อมโยงระหว่างทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์กับความเป็นจริง (Gilbert, Boulter and Elmer, 2000) นักเรียนจะสามารถสร้างความเข้าใจโดยการเปรียบเทียบหลักฐานที่ได้จาก

การออกแบบแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ หรือแผนภาพ จะทำให้นักเรียนสามารถเชื่อมโยงกับความคิดกับความเข้าใจและพัฒนาความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ โดยผู้ที่มีความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์จะสามารถอธิบายปรากฏการณ์ และตัดสินใจเรื่องราวต่าง ๆ ได้ โดยใช้หลักฐานหรือประจักษ์พยานทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งได้จากการรวบรวมข้อมูลอย่างถูกต้องเหมาะสมหรือได้จากการอภิปรายโต้แย้ง แลกเปลี่ยนมุมมองจนนำไปสู่ข้อสรุปที่สมเหตุสมผล สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2554) สอดคล้องกับแนวทางในการพัฒนาความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ที่ ฝนทิพย์ ธนชัยสิทธิกุล (2559) ที่ได้ศึกษาผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานต่อความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น โดยความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนสามารถวิเคราะห์จากคำตอบของนักเรียนที่ทำแบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ โดยพิจารณาตามองค์ประกอบของการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งประกอบด้วย การลงข้อสรุป ความสัมพันธ์ระหว่างข้อสรุปและหลักฐาน ผลการวิจัยพบว่า ความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานสูงขึ้นและสอดคล้องกับ รัตนาพร ประพันธ์วิทย์ (2559) ได้ศึกษาเรื่องผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่อง ระบบย่อยอาหาร โดยใช้ Model Centerod instruction Sequence (MCIS) ที่มีต่อมโนมติและการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ ผลการวิจัยพบว่า การจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ MCIS สามารถช่วยพัฒนามโนมติและการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ เรื่อง ระบบย่อยอาหาร ของนักเรียนได้ โดยภาพรวมหลังจากการจัดการเรียนรู้โดยใช้ MCIS นักเรียนส่วนใหญ่มีการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงขึ้นและการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ที่มีการพัฒนามากที่สุด คือ การให้เหตุผลแบบสมมตินัย รองลงมา คือ การให้เหตุผลแบบอธิบาย การให้เหตุผลแบบอุปนัย และการให้เหตุผลแบบนิรนัย ตามลำดับ

ข้อเสนอแนะ

1. ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้

1.1 ครูผู้สอนควรนำเอาการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ไปประยุกต์ใช้ในการจัดการเรียนรู้เพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ ความเข้าใจมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ และการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ ในกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และกลุ่มสาระการเรียนรู้อื่นให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

1.2 การจัดการเรียนการสอนควรมีการวางแผนและเตรียมตัวให้พร้อมก่อนทำการสอน เช่น ศึกษาและทำความเข้าใจผู้เรียน จัดเตรียมสื่อ อุปกรณ์และแหล่งเรียนรู้ให้เหมาะสมกับการเรียนรู้

ของนักเรียน กิจกรรมที่จัดควรให้มีความหลากหลายและใช้วิธีการเสริมแรงเพื่อให้การเรียนรู้เป็นไปอย่างสมบูรณ์และมีประสิทธิภาพ

2. ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยครั้งต่อไป

2.1 ควรจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานกับเนื้อหาอื่นหรือกลุ่มสาระอื่น ๆ

2.2 ควรศึกษาเปรียบเทียบการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิด ทฤษฎี วิธีสอนวิธีอื่น ๆ กับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เพื่อจะได้ทราบว่าวิธีการสอนแบบใด ส่งเสริมผลการเรียนรู้ในด้านใดได้ดี

2.3 ควรมีการศึกษาเปรียบเทียบกับตัวแปรอื่น ๆ เช่น การคิดสร้างสรรค์ การคิดอย่างมีวิจารณญาณ เป็นต้น

บรรณานุกรม

บรรณานุกรม

กระทรวงศึกษาธิการ. (2560). **มาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัด กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์ และสาระภูมิศาสตร์ ในกลุ่มสาระการเรียนรู้สังคมศึกษา ศาสนา และวัฒนธรรม (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551**. กรุงเทพฯ : ชุมนุมสหกรณ์การเกษตร.

กีรติ บุญเจือ. (2547). **ตรรกวิทยาและตรรกวิทยาสัญลักษณ์เบื้องต้น**. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

กุณฑรี เพ็ชรทวีพรเดช และคณะ. (2550). **สุดยอดวิธีสอนวิทยาศาสตร์นำไปสู่การจัดการเรียนรู้ของครูยุคใหม่**. กรุงเทพฯ : บริษัทอักษรเจริญทัศน์ อจท. จำกัด.

เกรียงศักดิ์ เจริญวงศ์ศักดิ์. (2545). **การคิดเชิงมโนทัศน์**. กรุงเทพฯ : ซัคเซสมีเดีย.

โกวิทย์ ประวาลพฤกษ์. (2527). “การพัฒนาจริยศึกษา” ใน **เอกสารการสอนชุดวิชาจริยศึกษา เล่ม 1**. หน่วยที่ 1. หน้า 20. กรุงเทพฯ : สาขาวิชาศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.

คณะอนุกรรมการพัฒนาการสอนและผลิตวัสดุอุปกรณ์การสอนวิทยาศาสตร์. (2525). **ชุดการเรียนการสอนสาหรับครูวิทยาศาสตร์ เล่ม 1**. กรุงเทพฯ : ทบวงมหาวิทยาลัย.

คณาจารย์ภาควิชาวิจัยและพัฒนาการศึกษา. (2553). **คู่มือการวัดผลสัมฤทธิ์**. มหาสารคาม : มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.

งานวัดผลประเมินผล กลุ่มบริหารวิชาการ. (2562). **รายงานผลการทดสอบทางการศึกษาระดับชาติขั้นพื้นฐาน (O-NET) ปีการศึกษา 2562**. มหาสารคาม : โรงเรียนสารคามพิทยาคม.

จันทร์เพ็ญ เชื้อพานิช. (2542). **แนวคิดทางวิทยาศาสตร์ : กระบวนการพื้นฐานในงานวิจัยประมวลบทความการเรียนการสอนและการวิจัยระดับมัธยมศึกษา**. กรุงเทพฯ : วิทยาลัยครูพระนคร.

จำนง พรายแย้มแข. (2539). **เทคนิคการวัดและประเมินผลการเรียนรู้กับการสอนซ่อมเสริมตามกระบวนการทางวิทยาศาสตร์**. กรุงเทพฯ : ไทยวัฒนาพานิช.

ชนาธิป พรกุล. (2554). **การสอนกระบวนการคิดทฤษฎีและการนำไปใช้**. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ชัยยงค์ พรหมวงศ์. (2537). **เอกสารการสอนความหมายของประสิทธิภาพของแผนการเรียนรู้**. นนทบุรี : มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.

ชัยยงค์ พรหมวงศ์. (2544). **ชุดการสอนในระดับประถมศึกษา ในเอกสารการสอนชุดวิชาสื่อสารระดับประถมหน่วยที่ 8-15**. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์ชวนพิมพ์.

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

ชาตรี ฝ่ายคำตา. (2558). **กลยุทธ์การสอนเคมีอย่างมืออาชีพ**. กรุงเทพฯ : วิสต้า อินเตอร์ปริ้นท์ จำกัด.

ธนาศวรรย์ สมไพบูลย์. (2562). **การศึกษาความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ปฏิกิริยาเคมี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยรูปแบบแบบจำลองเป็นฐาน**. วิทยานิพนธ์ปริญญาครุศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม.

ธีระชัย ปูรณโชติ. (2536). **ประมวลสาระชุดวิชาสารัตถะและวิทย์วิธีทางวิทยาศาสตร์**. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.

ธีระภัทร พินิจมนตรี. (2561). **การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานเพื่อส่งเสริมการคิดอย่างมีวิจารณญาณและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง โลกและการเปลี่ยนแปลงสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2**. วิทยานิพนธ์ปริญญาครุศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม.

บุญชม ศรีสะอาด และคณะ. (2552). **พื้นฐานการวิจัยการศึกษา**. พิมพ์ครั้งที่ 5. กาฬสินธุ์ : ประสานการพิมพ์.

บุญชม ศรีสะอาด. (2545). **การวิจัยเบื้องต้น**. พิมพ์ครั้งที่ 7. กรุงเทพฯ : สุวีริยาสาส์น.

ประสาท เนืองเฉลิม. (2554). **วิจัยการเรียนการสอน**. มหาสารคาม : อภิชาตการพิมพ์.

ประสาท เนืองเฉลิม. (2558). **การเรียนรู้วิทยาศาสตร์ในศตวรรษที่ 21**. กรุงเทพฯ : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ปัฐมาภรณ์ พิมพ์ทอง. (2551). การจัดการเรียนรู้เพื่อเปลี่ยนแปลงความคิด. **วารสารศึกษาศาสตร์**, 31, 35–40.

เผชิญ กิจระการ. (2544). การวิเคราะห์ประสิทธิภาพสื่อและเทคโนโลยีเพื่อการศึกษา. **วารสารการวัดผลการศึกษา มหาวิทยาลัยมหาสารคาม**, 8(1), 30-36

ฝนทิพย์ ธนชัยสิทธิกุล. (2559). **ผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานต่อความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น**. วิทยานิพนธ์ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยนเรศวร.

พวงรัตน์ ทวีรัตน์. (2540). **การสร้างและพัฒนาแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์**. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร.

พัชรา ทวีวงศ์ ณ อยุธยา. (2537). **การพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในประมวลสาระชุด วิชาสารัตถะและวิธีทางวิชาวิทยาศาสตร์**. นนทบุรี : มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.

พัชรา ทวีวงศ์ ณ อยุธยา. (2550). การพัฒนาการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ใน **ประมวลสาระชุดวิชาสารัตถะและวิทยาวิธีทางวิชาวิทยาศาสตร์**. นนทบุรี : มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.

พิชิต ฤทธิ์จรูญ. (2552). **หลักการวัดและประเมินผลการศึกษา**. กรุงเทพฯ : เฮาส์ ออฟ เดร์มิส.

พิมพ์พันธ์ เดชะคุปต์. (2545). **การจัดการเรียนการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ**. กรุงเทพฯ : เดอะมาสเตอร์กรุ๊ป.

พิมพ์พันธ์ เดชะคุปต์. (2548). **การสอนคิดด้วยโครงงาน**. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

เพลินพิศ ธรรมรัตน์. (2542). **การประเมินผลการเรียน**. สกลนคร : โปรแกรมวิชาวัดผลการศึกษา คณะครุศาสตร์ สถาบันราชภัฏสกลนคร.

ไพโรจน์ เติมเตชาติพงศ์. (2558). การศึกษาการเปลี่ยนมโนมติของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย เรื่องหน้าที่ยีนโดยใช้กรอบการตีความหลายมิติ. **วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น**, 30(2), 204-211.

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

มนตรี วงษ์สะพาน. (2563). **พื้นฐานการวิจัยทางหลักสูตรและการสอน**. มหาสารคาม : ตักสิลาการพิมพ์

มังกร ทองสุขดี. (2535). **การสอนวิทยาศาสตร์ในชั้นประถมศึกษา**. กรุงเทพฯ : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

เยาวดี วิบูลย์ศรี. (2545). **การวัดผลและการสร้างแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์**. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพฯ : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

รัตนาพร ประพันธ์วิทย์. (2559). **ผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่อง ระบบย่อยอาหาร โดยใช้ Model Centerod instruction Sequence (MCIS) ที่มีต่อมโนมติและการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4**. วิทยานิพนธ์ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาชีววิทยา บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยนเรศวร.

ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ. (2539). **เทคนิคการวัดผลการเรียนรู้**. กรุงเทพฯ : สุวีริยสาส์น.

ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ. (2543). **การวัดด้านจิตพิสัย**. กรุงเทพฯ : สุวีริยาสาส์น.

ละมัย โชคชัย. (2557). **การพัฒนาแนวคิดเรื่องเซลล์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ด้วยกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน**. วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์ศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ลัทธวรรณ ศรีวิคำ. (2558). **ผลของการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานที่มีต่อมโนมติเรื่อง ปฏิสัมพันธ์ในระบบสุริยะ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3**. วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยนเรศวร.

วนิช สุธารัตน์. (2547). **ความคิดและความคิดสร้างสรรค์**. กรุงเทพฯ : สุวีริยาสาส์น.

วัลลภ ปริญทอง. (2563). **การพัฒนาทักษะการสร้างแบบจำลอง เรื่อง กรด–เบส ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้การจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบจำลองเป็นฐาน**. วิทยานิพนธ์ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

วาโร เพ็งสวัสดิ์. (2546). **การวิจัยในชั้นเรียน**. กรุงเทพฯ : สุวีริยาสาส์น.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2553). **การศึกษาแนวโน้มผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์นานาชาติ**. กรุงเทพฯ : สหมิตรพริ้นติ้งแอนด์พับลิสชิ่ง

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2554). **กรอบโครงสร้างการประเมินผลนักเรียนนานาชาติ PISA 2009**. กรุงเทพฯ : ห้างหุ้นส่วนจำกัด อรุณการพิมพ์

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2561). **ผลการประเมิน PISA 2015 วิทยาศาสตร์ การอ่าน และคณิตศาสตร์ ความเป็นเลิศและความเท่าเทียมทางการศึกษา**. กรุงเทพฯ : ซัคเซสพับลิเคชั่น.

สมนึก ภัททิยธนี. (2551). **การวัดผลการศึกษา**. พิมพ์ครั้งที่ 6. กาฬสินธุ์ : ประสานการพิมพ์.

สมนึก ภัททิยธนี. (2553). **การวัดผลการศึกษา**. พิมพ์ครั้งที่ 7. กาฬสินธุ์ : ประสานการพิมพ์.

สมบัติ ท้ายเรือคำ. (2551). **ระเบียบวิธีวิจัยสำหรับคณะมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์**. กาฬสินธุ์ : ประสานการพิมพ์.

สมภาร พรมทา. (2551). **คิดอย่างไรให้มีเหตุผล**. กรุงเทพฯ : ศยาม.

สุวัฒก์ นิยมค้า. (2531). **ทฤษฎีและทางปฏิบัติในการสอนวิทยาศาสตร์แบบสืบเสาะหาความรู้**. กรุงเทพฯ : เจเนอรัลบุค๊ส์ เซนเตอร์.

สุวิทย์ มูลคำ. (2547). **กลยุทธ์การสอนคิดเชิงมโนทัศน์**. กรุงเทพฯ : ภาพพิมพ์.

สุวิทย์ มูลคำ. (2551). **กลยุทธ์การสอนคิดแก้ปัญหา** พิมพ์ครั้งที่ 4. กรุงเทพฯ : ภาพพิมพ์.

เสาวนีย์ สังฆะขี. (2554). **ความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์เรื่องบรรยากาศของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษา ปีที่ 1 ภายหลังใช้ยุทธศาสตร์การสอนเพื่อเปลี่ยนมโนมติ**. วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์ศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

อาภรณ์ เกษศิระ. (2542). **การสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีในระดับประถมศึกษา**. ลำปาง : คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง.

American Association for the Advancement of Science. (1993). **Benchmarks for science literacy**. Oxford : Oxford University Press.

Baek, H. and others. (2010). Engaging elementary student in scientific modeling: The MoDeLS Fifth-Grade Approach and Findings. **Models and Modeling in Science Education**, 6(1), 195-218.

Bao, L.a.o. (2009). Learning and Scientific Reasoning. **Education Forum Science**, 30(323), 586-587.

Bloom, B.A. (1956). **Taxonomy of Education Objective Handbook I : Cognitive Domain**. New York : David McKay Company.

Bransford, J.D., Brown, A.L. and Cocking, R.R. (2000). **How people learn brain, mind, experience, and schoo**l. Washington D.C. : National Research Council.

Bruner, J.S. (1956). **Studies in Cognitive Growth : A onlaboratory at the Center for cognitive Students**. New York : John willy & Sons.

Campbell, T. and others. (2015). A Review of Modeling Pedagogies: Pedagogical Functions, Discursive Acts, and Technology in Modeling Instruction. **Eurasia Journal of Mathematics, Science & Technology Education**, 11(1), 159-176.

Chiu, M.H., Chou, C.-C. and Liu, C.-J. (2002). Dynamic processes of conceptual change: Analysis of constructing mental models of chemical equilibrium. **Journal of Research in Science Teaching**, 39(8), 688-712.

Colburn, A. (2007). Constructivism and Conceptual Change, Part I. **Science Teacher**, 74(7), 10-10, January.

Cronbach, L.J. (1951). Coefficient alpha and the internal structure of tests. **Psychometrika**, 16(3), 297-334.

De Cecco, J.P. (1968). **The Psychology of learning and instruction**. New York : Prentice Hall.

Frank, R.H. (2005). Positional Externalities Cause Large and Preventable Welfare Losses. **American Economic Review**, 95(2), 137-141.

Gerber, B.L., Cavallo, A.M. and Marek, E.A. (2001). Relationships among informal learning environments, teaching procedures and scientific reasoning ability. **International Journal of Science Education**, 23(5), 535-549

Gilbert, J.K. and Ireton, S.W. (2003). **Understanding models in earth and space science**. Arlington : NSTA Press.

Gilbert, J.K., Boulter, C.J. and Elmer, R. (2000). Positioning Models in Science Education and in Design and Technology Education. In J. K. Gilbert & C. J. Boulter (Eds.), **Developing Models in Science Education**. Netherlands : Kluwer Academic Publishers.

Gobert, J.D. and Buckley, B.C. (2000). Introduction to model-based teaching and learning in science education. **International Journal of Science Education**, 22(9), 891-894.

Good, C.V. (1959). **Dictionary of Education**. New York : McGraw-Hill.

Good, C.V. (1973). **Dictionary of Education**. 3rd ed. New York : McGraw-Hill.

Haider, M.H. (1997). **Frameworkthographie.In:Horst Haider Orthographie als sprachkultur**. Frankfurt : Lang.

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

Hausmanna, D. and Schroder, L. (2010). Optimizing Conditional Logic Reasoning within COLOSS. **Theoretical Computer Science**, 262, 157-171.

Hestens, D. (2006). Notes for a Modeling Theory of Science, Cognition and Instruction. In Berg,E., Ellermeijer, T., & Stoonten, O., Proceedings GIREP Conference 2006: **Modeling in Physics and Physics Education**. Amsterdam : Amstel Institute, Faculty of Science, University of Amsterdam.

Holyoak, K.J. and Morrison, R.G. (2005). **The Cambridge handbook of thinking reasoning**. USA : Cambridge University.

Howson, C. and Urbach, P. (2006). **Scientific reasoning: The Bayesian approach**. USA: Carus.

Jenkins, J.R. and Deno, S.L. (1971). Asseeeing knowledge of concepts and principles. **Wiley**, 62(1), 67-70.

Joyce, B. and Weil, M. (1980). **Models of Teaching**. New Jersey : Prentice-Hall.

Justi, R.S. and Gilbert, J.K. (2002). Modelling, teachers' views on the nature of modeling, and implications for the education of modelers. **International Journal of Science Education**, 24(4), 369-387.

Justi, R.S. and Gilbert, J.K. (2003). Teachers' view on the nature of models. **International Journal of Science Education**, 25(11), 1369-1386.

Khan, K. (2008). Model-based inquiries in chemistry. **Science Education**, 91, 877-905.

Klahr, D. and Dunbar, K. (1988). Dual Space During Scientific Reasoning. **Cognition Science**, 12, 1-48.

Klopfer. (1971). **"Evaluation of Learning in Science", Handbook on Formative and Summative Evaluation of Student Learning**. New York : Hill Book Company.

Klymkowsky, M.W., Garvin-Doxas, K. and Zeilik, M. (2003). Bioliteracy and teaching efficacy: what biologists can learn from physicists. **Cell Biology Education**, 2, 155-161

Lawson, A.E. (2004). The Nature and Development of Scientific Reasoning: A Synthetic View. **International Journal of Science and Mathematics Education**, 2, 307-338.

Lawson, A.E. (2009). Basic Inferences of Scientific Reasoning, Argumentation, and Discovery. **Journal of Research in Science Teaching**, 94, 336-364.

Lawson, A.E. (2010). Basic Inferences of Scientific Reasoning, Argumentation, and Discovery. **Science Education**, 94, 336-364.

Lee, S. and Kim, H. (2013). Exploring secondary student' epistemological features depending on the evaluation levels of the group model on blood circulation. **Science Education**, 23, 1075-1099.

Mayer, R.E. (2003). **Learning and Instruction**. USA : Pearson Education, Inc.

Moshman, D. (2011). **Adolescent Rationality and Development: Cognition, Morality, and Identity**. 3th ed. USA : Taylor and Francis Group, LLC.

Moutinho, S., Moura, R. and Vasconcelos, C. (2017). Contributions of model-based learning to the restructuring of graduation students' mental models on natural hazards, **EURASIA Journal of Mathematics Science and Technology Education**, 13(7), 3043-3068.

Mungsing, W. (1993). **Student s' Alternative Conceptions about Genetics and The Use of Teaching Strategies for Conceptual Change**. Ph.D. Thesis, University of Alberta.

Odum, A.R. and Kelly, P.V. (2001). **Integrating concept mapping and the learning cycle to teach diffusion and osmosis concepts to high school biology students**. [online]. Available from : http://onlinelibrary. [accessed 3 January 2020].

Oh, P.S. and Oh, S.J. (2011). What Teachers of Science Need to know about Models: An overview. **International Journal of Science Education**, 33(8), 1109-1130.

Ornek, F. (2006). **Modeling-Based interactive engagement in an introductory physics course: Students' conceptions and problem solving ability**. Ph.D. Thesis, University of Purdue, USA.

Schen, M.S. (2007). **Scientific reasoning skills development in the introductory biology courses for undergraduates**. Ph.D. Thesis, Ohio State University.

Schwartz, A.T. (2006). Contextualized Chemistry Education: The American experience. **International Journal of Science Education**, 28(9), 977-998.

Steer, D.N. (2005). Challenging students ideas about earth's interior structure using a model-based, Conceptual change approach in a large class setting. **Journal of Geoscience Education**, 53(4), 415-421.

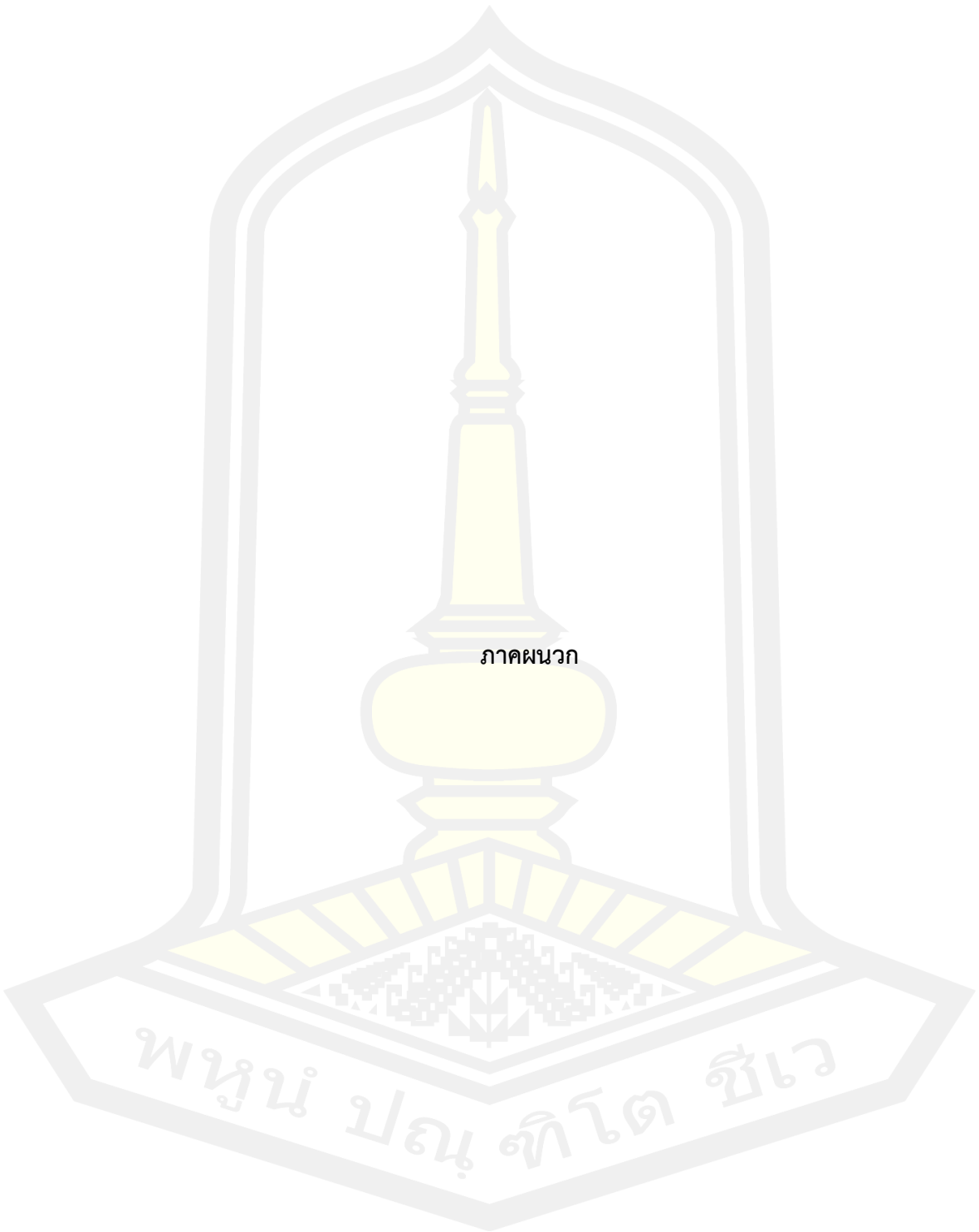
Verlinden, J. (2005). **Critical Thinking and Everyday Argument**. Nelson : Thomson Learning, Inc.

Westbrook, S.L. and Marek, E.A. (1992). A cross-age study of student understanding of the concept of diffusion. **Journal of Research in Science Teaching**, 29(1), 51-61.

Windschit, M. and 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.

Zeineddin, A. and Abd-El-Khalick, F. (2010). Scientific Reasoning and Epistemological Commitments: Coordination of Theory and Evidence among College Science Students. **Journal of Research in Science Teaching**, 47, 1064-1093

Zimmerman, C. (2005). **The development of scientific reasoning: What psychologists contribute to an understanding of elementary science learning**. [online]. Available from : http://www7.nationalacademies.org. [accessed 3 January 2020].



ภาคผนวก

ภาคผนวก ก
เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย และแบบประเมินเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3

เรื่อง สร้างเครื่องทุ่นแรง **รายวิชา** วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
รหัสวิชา ว22102 **เวลา** 3 **ชั่วโมง**
หน่วยการเรียนรู้ที่ 5 **ชื่อหน่วยการเรียนรู้** งานและพลังงาน **รวม** 14 **ชั่วโมง**
กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ **ชั้นมัธยมศึกษาปีที่** 2 **ภาคเรียนที่** 2
สาระที่ 2 **ชื่อสาระ** วิทยาศาสตร์กายภาพ **มาตรฐาน** ว 2.3

---

1. มาตรฐานการเรียนรู้

ว 2.3 เข้าใจความหมายของพลังงาน การเปลี่ยนแปลงและการถ่ายโอนพลังงาน ปฏิสัมพันธ์ระหว่างสสารและพลังงาน พลังงานในชีวิตประจำวัน ธรรมชาติของคลื่น ปรากฏการณ์ที่เกี่ยวข้องกับเสียง แสง และคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

ตัวชี้วัด

ว 2.3 ม.2/3 ตระหนักถึงประโยชน์ของความรู้ของเครื่องกลอย่างง่าย โดยบอกประโยชน์และการประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวัน

2. สาระสำคัญ/ความคิดรวบยอด

งานที่ทำในหนึ่งหน่วยเวลาเรียกว่า กำลัง หลักการของงานนำไปอธิบายการทำงานของเครื่องกล อย่างง่าย ได้แก่ คาน พื้นเอียง รอกเดี่ยว ลิ่ม สกรู ล้อและเพลา ซึ่งนำไปใช้ประโยชน์ด้านต่าง ๆ ในชีวิตประจำวัน

3. จุดประสงค์การเรียนรู้

3.1 ด้านความรู้ (K) นักเรียนอธิบายหลักการทำงานของเครื่องทุ่นแรงได้โดยการใช้แบบจำลอง

3.2 ด้านทักษะ (P) นักเรียนสามารถใช้ทักษะด้านการสื่อสาร โดยนำเสนอข้อมูลเกี่ยวกับการออกแบบเครื่องทุ่นแรงได้

3.3 ด้านเจตคติ (A) นักเรียนตระหนักถึงประโยชน์ของความรู้ของเครื่องกลอย่างง่าย โดยบอกประโยชน์และการประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวัน

4. คุณลักษณะผู้เรียน

คุณลักษณะที่พึงประสงค์

☐ รักชาติ ศาสน์ กษัตริย์ ☐ อยู่อย่างพอเพียง ☐ ซื่อสัตย์สุจริต ☑ มุ่งมั่นในการทำงาน
☐ มีวินัย ☐ รักความเป็นไทย ☑ ใฝ่เรียนรู้ ☑ มีจิตสาธารณะ

5. ด้านสมรรถนะสำคัญของผู้เรียน

☑ ความสามารถในการใช้ทักษะชีวิต: นักเรียนตระหนักถึงประโยชน์ของความรู้ของเครื่องกลอย่างง่ายโดยประยุกต์ใช้ในการสร้างเครื่องทุ่นแรง

☑ ความสามารถในการสื่อสาร: นักเรียนสามารถคิด ออกแบบการนำเสนอเครื่องทุ่นแรงได้

6. สาระการเรียนรู้

เมื่อออกแรงกระทำต่อวัตถุและทำให้วัตถุเคลื่อนที่ไปตามแนวแรงนั้นได้ จะทำให้เกิดงานทางวิทยาศาสตร์ขึ้น ถ้ามีแรงกระทำต่อวัตถุแล้ววัตถุไม่เคลื่อนที่ หรือมีแรงกระทำในแนวหนึ่งแต่วัตถุเคลื่อนที่ไปในทิศทางตั้งฉากกับแรงนั้น ถือว่าไม่เกิดงานทางวิทยาศาสตร์ งานจะมีค่ามากหรือน้อยขึ้นอยู่กับขนาดของแรงและระยะทางที่เคลื่อนที่ในแนวเดียวกับแรง โดยปริมาณงานที่ทำได้ในหนึ่งหน่วยเวลา เรียกว่า กำลัง

การทำให้เกิดงานบางอย่างต้องใช้แรงมาก มนุษย์จึงคิดค้นเครื่องกลอย่างง่าย เพื่อผ่อนแรงหรือทำงานได้สะดวก และรวดเร็วขึ้น ซึ่งไม่มีกลไกซ้ำซ้อน จึงสามารถนำไปประยุกต์ใช้ให้เกิดประโยชน์ในชีวิตประจำวันได้ ได้แก่ พื้นเอียง คาน รอก ล้อและเพลา สกรู ลิ่ม โดยมีหลักการสำคัญ คือ เมื่อไม่มีการสูญเสียพลังงาน งานที่ให้กับเครื่องกลและงานที่ได้จาก เครื่องกลจะมีค่าเท่ากัน โดยออกแรงกระทำต่อเครื่องกลน้อยกว่าแรงที่เครื่องกลกระทำต่อวัตถุ แต่ระยะทางในการออกแรงมีค่ามากกว่าระยะทางที่วัตถุเคลื่อนที่ได้

เมื่อมนุษย์จำเป็นต้องทำงานที่ใช้แรงหรือกำลังมาก ๆ จึงสร้างเครื่องกลอย่างง่ายขึ้นใช้ เช่น พื้นเอียง คานรอกเดี่ยว ล้อและ เพลา สกรูและลิ่ม เพื่อผ่อนแรง และสะดวกในการทำงานเร็วขึ้น

การทำงานของเครื่องกลอย่างง่าย อธิบายได้ด้วยหลักของงาน คือ งานที่ให้กับเครื่องกลเท่ากับงานที่ได้จากเครื่องกล แต่ออกแรงกระทำต่อวัตถุน้อยกว่าแรงที่เครื่องกล กระทำต่อวัตถุโดยเพิ่มระยะทางในการออกแรง

พื้นเอียงช่วยผ่อนแรงและช่วยให้วัตถุที่มีมวลมากขึ้นไปยังตำแหน่งที่สูงหรือต่ำจากเดิมได้ง่ายขึ้น โดยออกแรงน้อยกว่าการยกวัตถุนั้นในแนวดิ่งด้วยการออกแรงตามแนวพื้นเอียงที่มีระยะทางมากกว่า

คานช่วยผ่อนแรง โดยการออกแรงที่ปลายด้านหนึ่งเพื่อทำให้วัตถุที่อยู่ปลายอีกด้านหนึ่งของคานเคลื่อนที่ได้

รอกเดี่ยวตายตัวไม่ช่วยผ่อนแรง แต่ช่วยให้ทำงานได้สะดวกขึ้น ส่วนรอกเดี่ยวเคลื่อนที่ช่วยผ่อนแรง โดยมีระยะทางที่ออกแรงมากกว่าระยะทางที่วัตถุเคลื่อนที่

ล้อและเพลาจะหมุนไปพร้อมกันในขณะทำงานและช่วยผ่อนแรง เนื่องจากเมื่อออกแรงกระทำกับล้อที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางมากกว่า เพลาจะทำให้ระยะทางที่ล้อหมุนไปมากกว่าเพลา จึงช่วยผ่อนแรง เช่น จักรยาน ลูกบิดประตู ฯลฯ

สกรูเป็นเครื่องกลที่ออกแรงที่ปลาย คานโดยหมุนคานให้เคลื่อนที่ไปเพื่อให้ยกวัตถุได้ตามระยะเกลียว เมื่อหมุนคานครบ 1 รอบ จะทำให้เกลียวหมุนครบ 1 รอบ (1 ระยะ เกลียว) ด้วยระยะทางที่คานเคลื่อนที่ได้มากกว่าระยะเกลียวที่ ทำให้สกรูเคลื่อนขึ้นลง แรงที่กระทำจึงน้อยกว่าแรงที่ได้จากสกรู จึงทำให้สกรูช่วยผ่อนแรงได้ เช่น แม่แรงยกรถ ฯลฯ

ลิ่มมีลักษณะเป็นสามเหลี่ยมใช้สำหรับทำให้วัตถุแยกออกจากกัน หรือตรึงวัตถุให้อยู่กับที่ ลิ่มที่มีความสูงของสามเหลี่ยมมาก ทำให้มีระยะในการออกแรงมาก จึงออกแรงน้อยและช่วยผ่อนแรงได้มาก ตัวอย่างอุปกรณ์ เช่น ใบมีด ใบขวาน ฯลฯ

7. กิจกรรมการเรียนรู้

(ชั่วโมงที่ 1-2)

ขั้นที่ 1 ขั้นสร้างแบบจำลองทางความคิด

1) ครูนำเสนอคลิปวีดีทัศน์ เรื่อง อุปกรณ์ช่วยยกของ เพื่อให้นักเรียนเชื่อมโยงถึงประโยชน์ของการนำความรู้เครื่องกลอย่างง่าย มาประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวัน

2) ครูสนทนาร่วมกับนักเรียน โดยใช้ประเด็นคำถามว่า ในชีวิตประจำวันของนักเรียนจะเห็นการใช้งานเครื่องทุ่นแรงในรูปแบบหรือกิจกรรมใดบ้าง

3) เปิดโอกาสให้นักเรียนแสดงแบบจำลองทางความคิดอย่างอิสระ โดยการวาดภาพสิ่งที่คิดลงบนกระดาษที่ครูเตรียมไว้ให้

ขั้นที่ 2 ขั้นแสดงออกแบบจำลอง

4) ให้นักเรียนอ่านชื่อกิจกรรม จุดประสงค์ และวิธีดำเนินกิจกรรม และตรวจสอบความเข้าใจการอ่านโดยใช้คำถาม ดังต่อไปนี้

- กิจกรรมนี้เกี่ยวกับเรื่องอะไร *(การนำความรู้เรื่องเครื่องกลอย่างง่าย มาประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวัน)*

- กิจกรรมนี้มีจุดประสงค์อะไร *(ออกแบบและสร้างแบบจำลองเครื่องทุ่นแรงคุณยายโดยใช้ความรู้เรื่องงาน กำลัง และเครื่องกลอย่างง่าย)*

5) นักเรียนเตรียมนำเสนอผลงานการออกแบบเครื่องทุ่นแรง และตอบคำถามท้ายกิจกรรม จำนวน 2 ข้อ

- นักเรียนนำความรู้เกี่ยวกับงาน กำลัง และเครื่องกลอย่างง่ายมาใช้ในการสร้างแบบจำลองเครื่องทุ่นแรงของคุณยายอย่างไรบ้าง

- ถ้าต้องการให้เครื่องทุ่นแรงของคุณยายผ่อนแรงได้มากขึ้น สามารถปรับปรุงชิ้นงานอย่างไร

(เฉลยแนบท้ายแผนการจัดการความรู้)

ขั้นที่ 3 ขั้นทดสอบแบบจำลอง

6) นักเรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอผลการออกแบบ แบบจำลองเครื่องทุ่นแรงเพื่อยกของหนักตามสถานการณ์ที่กำหนดไว้ในใบกิจกรรม โดยนักเรียนวาดภาพและอธิบายหลักการในกระดาษชาร์ท เพื่อใช้ประกอบการอภิปรายและตอบคำถามท้ายกิจกรรม ให้นักเรียนตอบคำถามท้ายกิจกรรมและร่วมกันสรุปผลของกิจกรรม โดยใช้คำถามท้ายกิจกรรมเป็นแนวทางในการแลกเปลี่ยนความรู้

(ชั่วโมงที่ 3)

ขั้นที่ 4 ขั้นประเมินแบบจำลอง

7) นักเรียนร่วมกันประเมินว่าแบบจำลองเครื่องทุ่นแรงแต่ล่ะกลุ่มได้นำเสนอมานั้นมีความเหมาะสมเพียงใด โดยให้แต่ล่ะกลุ่มช่วยกันวิจารณ์ว่าแบบจำลองที่สร้างขึ้นสามารถนำมาใช้ทุ่นแรงได้จริงหรือไม่โดยจะต้องใช้ทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์หรือการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ในการวิจารณ์ หากนักเรียนพบว่าแบบจำลองที่สร้างขึ้นไม่สามารถนำมาใช้ทุ่นแรงได้นักเรียนสามารถนำแบบจำลองไปปรับปรุงแก้ไขได้

8) ครูประเมินและตรวจสอบความถูกต้องของการนำเสนอผลงานเครื่องทุ่นแรงของแต่ละกลุ่ม ร่วมกับนักเรียนทั้งหมดในห้องเรียน

ขั้นที่ 5 ขั้นขยายแบบจำลอง

9) นักเรียนขยายความรู้เพิ่มเติม โดยการทดสอบผลงานการสร้างเครื่องทุ่นแรงเพื่อแสดงการใช้ประโยชน์จากการนำความรู้ของเครื่องกลอย่างง่ายมาใช้ในการสร้างเครื่องทุ่นแรง (ปรับเปลี่ยนให้เหมาะสมกับสภาพบริบทของนักเรียน)

8. สื่อการเรียนรู้/แหล่งเรียนรู้

8.1 วิดิทัศน์: เรื่อง สุดยอดสิ่งประดิษฐ์ทุ่นแรง

ตัวชี้วัด/ผลการเรียนรู้	วิธีการวัด	เครื่องมือวัด	เกณฑ์ที่ใช้ในการประเมิน
1. นักเรียนอธิบายหลักการทำงานของเครื่องทุ่นแรงได้โดยการใช้แบบจำลอง (ด้านความรู้: K)	- ตรวจการนำเสนอหลักการออกแบบเครื่องทุ่นแรง	- แบบประเมินการออกแบบเครื่องทุ่นแรงในนักเรียนรายกลุ่ม	ได้ไม่น้อยกว่า 2 คะแนน ระดับคุณภาพดี ถือว่าผ่านการประเมินด้านความรู้
2. ทักษะด้านการสื่อสารโดยนำเสนอข้อมูลเกี่ยวกับการออกแบบเครื่องทุ่นแรงได้ (ด้านกระบวนการ: P)	- ตรวจการออกแบบภาพเครื่องทุ่นแรง	- แบบประเมินการออกแบบเครื่องทุ่นแรงในนักเรียนรายกลุ่ม	ได้ไม่น้อยกว่า2 คะแนน ระดับคุณภาพดี ถือว่าผ่านการประเมินด้านกระบวนการ
3. ตระหนักถึงประโยชน์ของความรู้ของเครื่องกลอย่างง่าย โดยบอกประโยชน์และการประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวัน (ด้านเจตคติ: A)	- ตรวจการตอบคำถามท้ายกิจกรรม	- คำถามท้ายกิจกรรมสร้างเครื่องทุ่นแรงของคุณยายได้อย่างไร	ได้ไม่น้อยกว่า2 คะแนน ระดับคุณภาพดี ถือว่าผ่านการประเมินด้านเจตคติ

8.2 ใบกิจกรรม: กิจกรรมท้ายบท สร้างเครื่องทุ่นแรงของคุณยายได้อย่างไร

8.3 แหล่งเรียนรู้:หนังสือเรียนรายวิชาพื้นฐานวิทยาศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 เล่ม 2

9. การวัดและการประเมิน

9.1 เกณฑ์การประเมินผลงานนักเรียน เกณฑ์การประเมิน (Rubrics Score)

ประเด็นการประเมิน	ค่าน้ำหนักคะแนน	แนวทางการให้คะแนน
การให้คะแนนนำเสนอหลักการออกแบบเครื่องทุ่นแรง	3	อธิบายหลักการออกแบบเครื่องทุ่นแรงและระบุชนิดของเครื่องกลอย่างง่ายที่นำมาใช้ออกแบบได้ถูกต้อง
	2	อธิบายหลักการออกแบบเครื่องทุ่นแรงและระบุชนิดของเครื่องกลอย่างง่ายที่นำมาใช้ออกแบบได้ถูกต้องบางส่วนไม่ครบสมบูรณ์
	1	อธิบายหลักการออกแบบเครื่องทุ่นแรงและมีการระบุชนิดของเครื่องกลอย่างง่ายที่นำมาใช้ออกแบบ แต่ไม่สอดคล้องกันมีความคาดเคลื่อนของข้อมูล
การให้คะแนนการออกแบบภาพเครื่องทุ่นแรง	3	สื่อสารการออกแบบเครื่องทุ่นแรงได้ชัดเจน มีการระบุชนิดของเครื่องกลอย่างง่ายในภาพ และคำอธิบายชัดเจนและถูกต้อง
	2	สื่อสารการออกแบบเครื่องทุ่นแรงได้ดี มีการระบุชนิดของเครื่องกลอย่างง่ายในภาพ และคำอธิบายไว้ในภาพแต่ไม่ถูกต้องและครบถ้วน
	1	สื่อสารการออกแบบเครื่องทุ่นแรงได้ แต่ไม่มีการระบุชนิดของเครื่องกลอย่างง่ายในภาพ ไม่มีคำอธิบายชนิดของเครื่องกล
การให้คะแนนการตอบคำถามท้ายกิจกรรม	3	ตอบคำถามหลังทำกิจกรรมท้ายบท ถูกต้อง จำนวน 2 ข้อ
	2	ตอบคำถามหลังทำกิจกรรมที่ท้ายบท ถูกต้อง จำนวน 1 ข้อ
	1	ตอบคำถามหลังทำกิจกรรมท้ายบท ไม่ถูกต้อง

9.2 ระดับคุณภาพ (โดยนำคะแนนรวมทุกด้าน K P A แล้วหาค่าเฉลี่ย)

คะแนนรวมเฉลี่ย 3.00 หมายถึง ดีมาก
คะแนนรวมเฉลี่ย 2.00 - 2.99 หมายถึง ดี
คะแนนรวมเฉลี่ย 0.01 - 1.99 หมายถึง พอใช้

ดังนั้น นักเรียนต้องได้คะแนนเฉลี่ยทุกประเด็นการประเมิน ไม่ต่ำกว่า 2.00 คะแนน แสดงระดับคุณภาพดี ถือว่าผ่านเกณฑ์การประเมินในแผนการจัดการเรียนที่ 3

บันทึกหลังการสอน

หน่วยการเรียนรู้ที่ 1 งานและพลังงาน.....

แผนการสอนเรื่อง 3 สร้างเครื่องทุ่นแรง.....

วันที่.....**เดือน**.....**พ.ศ.** .....

1. สรุปผลการเรียนการสอน

1. นักเรียนจำนวน.....คน ผ่านจุดประสงค์การเรียนรู้.....คน คิดเป็นร้อยละ.....
ไม่ผ่านจุดประสงค์.....คน คิดเป็นร้อยละ.....

2. นักเรียนมีความรู้ความเข้าใจ (K)

.....

.....

3. นักเรียนมีความรู้เกิดกระบวนการ (P)

.....

.....

4. นักเรียนมีเจตคติ (A)

.....

.....

5. ข้อเสนอแนะ

.....

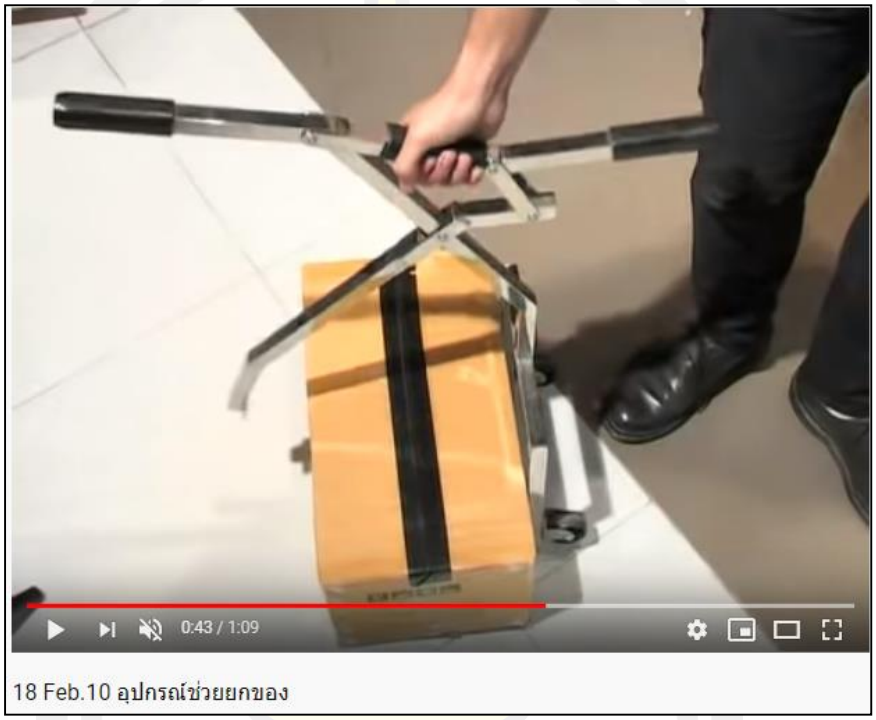
.....

ลงชื่อ.....ครูผู้สอน ลงชื่อ.....หัวหน้ากลุ่มสาระ
( ) ( )
ตำแหน่ง..... ลงชื่อ.....ผู้ช่วย/รองฯวิชาการ
...../...../..... ( )

ลงชื่อ.....ผู้อำนวยการ
( )

สื่อการเรียนรู้แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3: คลิปวีดีทัศน์

คลิปวีดีทัศน์: อุปกรณ์ช่วยยกของ



แหล่งที่มา: เว็บไซต์อ้างอิง

https://www.youtube.com/watch?v=HyCbd1m50qE

เผยแพร่เมื่อ 2 มีนาคม พ.ศ. 2553 (ช่องYouTube: BrainChild TV3)

สื่อการเรียนรู้แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3: ใบกิจกรรมท้ายบท

ใบกิจกรรมท้ายบท สร้างเครื่องทุ่นแรงของคุณยายได้อย่างไร?

กิจกรรมท้ายบท	สร้างเครื่องทุ่นแรงของคุณยายได้อย่างไร?
จุดประสงค์	ออกแบบและสร้างเครื่องทุ่นแรงคุณยายโดยใช้ความรู้เรื่องงาน กำลัง และเครื่องกลอย่างง่าย
วัสดุอุปกรณ์	1. กระดาษลังหรือแผ่นพลาสติกลูกฟูก 1 แผ่น 2. รอกพลาสติก 4 อัน 3. ลวด 1 เส้น 4. เชือก 1 เส้น 5. ดินน้ำมัน 1 ก้อน 6. เครื่องชั่งสปริง 1 อัน 7. กรรไกร 1 ด้าม 8. กาว 1 ขวด 9. เทปกาว 1 ม้วน 10. ถ้วยกระดาษ 2 ใบ 11. ขวดพลาสติก 2 ขวด 12. แท่งไม้หรือแท่งเหล็กกลม 1 อัน 13. ไม้เมตร 1 อัน 14. อุปกรณ์อื่น ๆ ตามที่ออกแบบ ขึ้นอยู่กับการออกแบบ
วิธีดำเนินกิจกรรม	**สถานการณ์ที่กำหนด** ประเทศไทยกำลังก้าวเข้าสู่สังคมผู้สูงอายุอย่างสมบูรณ์ในอนาคตอันใกล้นี้ เราทุกคนจำเป็นต้องเตรียมรับมือกับสถานการณ์ดังกล่าว ทั้งนี้เราต้องคำนึงถึงคุณภาพชีวิตของผู้สูงอายุในด้านต่างๆ เช่น สุขภาพอนามัย ค่าใช้จ่ายในการยังชีพ ที่อยู่อาศัยที่เหมาะสม โดยสัดส่วนผู้สูงอายุที่อยู่ตามลำพังมีแนวโน้มสูงขึ้น (มูลนิธิสถาบันวิจัยและพัฒนาผู้สูงอายุไทย,2560) นักเรียนตระหนักถึงปัญหาของผู้สูงอายุที่ไม่สมารถยกของหนักๆ ด้วยตนเอง จึงใช้ความรู้เกี่ยวกับงาน กำลัง และ เครื่องกลอย่างง่าย เพื่อออกแบบและสร้างเครื่องทุนแรงในการยกของหนัก โดยตั้งชื่อว่า เครื่องหุ่นแรงของคุณยาย

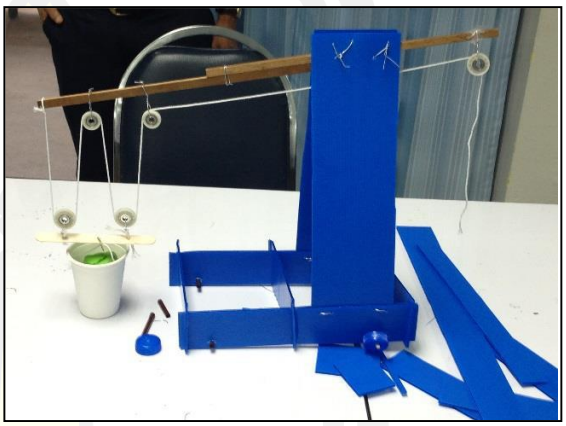
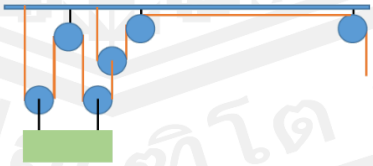
กิจกรรมท้ายบท	สร้างเครื่องทุ่นแรงของคุณยายได้อย่างไร?
	ให้นักเรียนออกแบบและสร้างแบบจำลองเครื่องทุนแรงของคุณยาย โดยเลือกใช้อุปกรณ์ที่กำหนด สามารถยกดินน้ำมันหนัก 5 นิวตัน ได้สูงอย่างน้อย 30 เซ่นติเมตร โดยออกแรงไม่เกิน 3 นิวตัน **วิธีการดำเนินกิจกรรม** 1. อ่านสถานการณ์ที่กำหนดให้ รวบรวมข้อมูลและแนวคิดเกี่ยวกับงาน กำลัง และเครื่องกลอย่างง่าย ที่สอดคล้องกับปัญหาและเงื่อนไขที่ระบุในสถานการณ์ 2. ออกแบบและเขียนภาพร่างชิ้นงาน นำเสนอภาพร่างชิ้นงานโดยอธิบายเหตุผลในการออกแบบ 3. วางแผนและสร้างเครื่องหุ่นแรงของคุณยายตามที่ออกแบบไว้ 4. ทดสอบเครื่องทุนแรงของคุณยายในการดึงดินน้ำมัน บันทึกค่าของแรงที่ใช้ดึงดินน้ำมันจากเครื่องชั่งสปริง บันทึกผล 5. ปรับปรุงเครื่องทุนแรงของคุณยาย และนำเสนอวิธีการปรับปรุง โดยใช้ความรู้เกี่ยวกับงาน กำลัง และเครื่องกลอย่างง่าย
การเตรียมตัวล่วงหน้าสำหรับครู	ควรสร้างเกณฑ์การประเมินชิ้นงาน โดยเกณฑ์พิจารณาประกอบด้วย แรงที่ใช้ดึงวัตถุ และแจ้งให้นักเรียนทราบล่วงหน้าก่อนออกแบบสร้างเครื่องทุ่นแรง
ข้อควรระวัง	ครูควรย้ำเตือนนักเรียนให้ระวังอุบัติเหตุจากการใช้กรรไกรและลวด
ข้อเสนอแนะในการทำกิจกรรม	- ให้อ่านสถานการณ์ที่กำหนดอย่างละเอียดว่าต้องการให้ทำอะไร เพื่ออะไร และระดมความคิดว่าควรทำอย่างไร เช่น รวบรวมข้อมูลและแนวคิดเกี่ยวกับงาน กำลัง และเครื่องกลอย่างง่ายที่สอดคล้องกับปัญหา ที่ระบุในสถานการณ์นำความรู้เกี่ยวกับงาน กำลัง และเครื่องกลอย่างง่ายมาออกแบบและเขียนภาพร่างชิ้นงาน นำเสนอภาพร่างชิ้นงานโดยอธิบายเหตุผลในการออกแบบ - การทดสอบเครื่องทุ่นแรงคุณยายที่สร้างขึ้นโดยออกแรงดึงวัตถุด้วยเครื่องชั่งสปริง ควรทดสอบอย่างน้อย 3 หรือ 5 ครั้ง เพื่อให้มีข้อมูลเพียงพอเชิงสถิติในการตัดสินใจ - หลังทดสอบครั้งที่ 1–2 ควรช่วยกันหาวิธีปรับปรุงเครื่องทุ่นแรงของคุณยายและนำเสนอวิธีการปรับปรุง โดยใช้ความรู้เกี่ยวกับงาน กำลัง และเครื่องกลอย่างง่าย

คำถามท้ายกิจกรรม

1) นักเรียนนำความรู้เกี่ยวกับงาน กำลัง และเครื่องกลอย่างง่ายมาใช้ในการสร้างแบบจำลองเครื่องทุ่นแรงของคุณยายอย่างไรบ้าง

2) ถ้าต้องการให้เครื่องทุ่นแรงของคุณยายผ่อนแรงได้มากขึ้น สามารถปรับปรุงชิ้นงานอย่างไร

แนบท้ายแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3: ตัวอย่างผลการทำกิจกรรม

	ตัวอย่างผลการทำกิจกรรม
	การออกแบบและสร้างเครื่องทุ่นแรงคุณยายโดยใช้ความรู้เรื่องรอก **วัสดุอุปกรณ์** 1. แผ่นพลาสติกลูกฟูก 2. รอกพลาสติก 3. ลวด 4. เชือก 5. ดินน้ำมัน 6. เครื่องชั่งสปริง 7. กรรไกร 8. กาว 9. เทปกาว 10. ถ้วยกระดาษ  **วิธีทำ** 1. จัดอุปกรณ์ดังภาพ ใส่ดินน้ำมันหนัก 10 นิวตันในถ้วยกระดาษ 2. ในการสร้างเครื่องทุ่นแรงของคุณยาย เมื่อต้องการออกแรงให้น้อยลง สามารถปรับปรุงโดยเพิ่มรอกเดี่ยวเคลื่อนที่ แล้วยกดินน้ำมันหนัก 10 นิวตันอีกครั้ง ดังภาพ 

ตัวอย่างผลการทำกิจกรรม

ตัวอย่างการบันทึกผลการทดสอบยกของเครื่องทุ่นแรงของคุณยาย

เครื่องทุ่นแรงของคุณยาย	น้ำหนักของดินน้ำมัน (N)	ขนาดของแรงที่ใช้ดึงดินน้ำมัน (N)
ต้นแบบ	10.0	2.50
การปรับปรุงต้นแบบ	10.0	1.25

ตัวอย่างองค์ความรู้ รอกเดี่ยวตายตัวไม่ช่วยผ่อนแรงแต่ช่วยให้ทำงานได้สะดวกมากขึ้น แต่รอกเดี่ยวเคลื่อนที่ช่วยผ่อนแรงได้

<u>เฉลย</u>คำถามท้ายกิจกรรม

1. นักเรียนนำความรู้เกี่ยวกับงาน กำลัง และเครื่องกลอย่างง่ายมาใช้ในการสร้างเครื่องทุ่นแรงของคุณยายอย่างไรบ้าง

แนวคำตอบ *ขึ้นอยู่กับการออกแบบของนักเรียนในการสร้างเครื่องทุ่นแรงคุณยายจากตัวอย่างเป็นการประยุกต์ใช้ความรู้เรื่องรอก*

2. ถ้าต้องการให้เครื่องทุ่นแรงของคุณยายผ่อนแรงได้มากขึ้น สามารถปรับปรุงชิ้นงานอย่างไรบ้าง

แนวคำตอบ *ขึ้นอยู่กับการออกแบบของนักเรียนแต่จากตัวอย่างนี้ นักเรียนปรับปรุงเครื่องทุ่นแรงของคุณยายให้ผ่อนแรงได้มากขึ้นโดยเพิ่มจำนวนรอกเดี่ยวเคลื่อนที่*

โรงเรียนสารคามพิทยาคม อำเภอเมือง จังหวัดมหาสารคาม

ข้อสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

วิชา วิทยาศาสตร์พื้นฐาน (ว 23101) ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 (จำนวน 30 คะแนน)

เวลา 1 ชั่วโมง 30 นาที

คำชี้แจง : ข้อสอบปรนัย จำนวน 30 ข้อ

คำสั่งตอนที่ 1 : จงเลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงคำตอบเดียว โดยทำเครื่องหมายกากบาท (X) ลงในกระดาษคำตอบ

1. ข้อใด กล่าวถึงความหมายของงาน ได้ถูกต้อง
   ก. เกิดจากการเคลื่อนที่ของวัตถุ
   ข. เกิดจากแรงไปกระทำให้วัตถุเคลื่อนที่ไปตามแนวแรง
   ค. เกิดจากที่แรงไปกระทำกับวัตถุ
   ง. เป็นปริมาณเวกเตอร์มีหน่วยเป็นจูล
2. พิจารณาสถานการณ์ต่อไปนี้
   สถานการณ์ที่ 1 แบกกล่องไว้บนบ่าเดินขึ้นบันได้
สถานการณ์ที่ 2 ดันกล่องให้เคลื่อนที่ในแนวระดับ
สถานการณ์ที่ 3 ดันกล่องโดยออกแรงในแนวระดับแต่กล่องไม่เคลื่อนที่
สถานการณ์ใดที่ทำให้เกิดงานเนื่องจากแรงที่กระทำต่อกล่อง
   ก. สถานการณ์ที่ 1 กับ 2
   ข. สถานการณ์ที่ 1 กับ 3
   ค. สถานการณ์ที่ 2 กับ 3
   ง. สถานการณ์ที่ 1 2 และ 3
3. พิจารณาการกระทำของบุคคลต่อไปนี้แล้วตอบคำถาม
   แดง ดึงกล่องด้วยแรง 10 นิวตันเป็นระยะทาง 25 m
   ดำ แบกกระสอบข้าวสารด้วยแรง 400 นิวตัน เดินบนทางราบเป็นระยะทาง 5 m
   ขาว ยกกระเป๋าด้วยแรง 150 นิวตัน เดินขึ้นบันได 10 ขั้น แต่ละขั้นสูง 15 เซนติเมตร ในทางวิทยาศาสตร์ถือว่าการกระทำของบุคคลใดเกิดงาน
   ก. แดง และ ดำ ข. แดง และ ขาว
   ค. ดำ และ ขาว ง. แดง ดำ และ ขาว
4. ถ้าเด็กชาย A เด็กชาย B และเด็กหญิง C ออกแรงกระทำกับกล่องใบหนึ่ง ให้กล่องเคลื่อนที่ดังนี้
   • เด็กชาย A ออกแรง 500 นิวตัน แบกกล่องเดินขึ้นไปตามพื้นเอียงได้ระยะทาง 10 เมตร และอยู่สูงจากพื้น 6 เมตร
   • เด็กชาย B ยืนอยู่บนพื้นเอียงออกแรง 200 นิวตัน ดึงกล่องในแนวขนานกับแนวพื้นเอียงให้กล่องเคลื่อนที่ไป ได้ระยะทาง 10 เมตร และอยู่สูงจากพื้น 6 เมตร
   • เด็กหญิง C ออกแรง 300 นิวตัน ดันกล่องให้เคลื่อนที่ไปบนพื้นราบได้ระยะทาง 10 เมตร
ข้อความใดต่อไปนี้ถูกต้อง (ความเข้าใจ)
   ก. เด็กชาย A ทำงานมากที่สุด
   ข. เด็กชาย B ทำงานน้อยที่สุด
   ค. เด็กชาย Aทำงานน้อยกว่าเด็กหญิง C
   ง. เด็กชาย A เด็กชาย B และเด็กหญิง C ทำงานได้เท่ากัน

5. นักเรียนดันรถเข็นด้วยแรง 80 นิวตัน ทำให้รถเข็นเคลื่อนที่ได้ระยะทาง 15 เมตร งานที่นักเรียนทำเป็นเท่าไร

ก. 120 นิวตัน ข. 1,200 วัตต์

ค. 120 นิวตัน เมตร ง. 1,200 N-m

6. นักกีฬา 4 คน แข่งขันกันปีนเสาในแนวดิ่งสูง 10 เมตร ผลการปีนเสาของทุกคนเป็นไปตามตาราง (กำหนดให้ มวล 1 กิโลกรัม มีน้ำหนัก 10 นิวตัน)

นักกีฬา	มวลของนักกีฬา (kg)	เวลาที่ใช้ปีนเสา (s)
1	65	28
2	70	28
3	68	25
4	65	25

นักกีฬาคนใดมีกำลัง**<u>น้อยที่สุด</u>**

ก. คนที่ 1 ข. คนที่ 2 ค. คนที่ 3 ง. คนที่ 4

7. ผู้ชายอ้วนและผู้ชายผอมไต่เชือกในที่สูงระดับเดียวกันโดยใช้เวลาเท่ากัน ใครใช้กำลังมากกว่าเพราะเหตุใด

ก. ชายผอมใช้กำลังน้อยกว่าเพราะคล่องตัวกว่า

ข. ชายอ้วนใช้กำลังน้อยกว่าเพราะแข็งแรงกว่า

ค. ชายผอมใช้กำลังมากกว่าชายอ้วนเพราะใช้แรงในการเคลื่อนที่มากกว่า

ง. ชายอ้วนใช้กำลังมากกว่าเพราะใช้แรงในการเคลื่อนที่ มากกว่าชายผอม

8. ข้อใดถูกต้องเกี่ยวกับเครื่องกลอย่างง่าย

ก. เครื่องกลอย่างง่ายประเภทคานช่วยผ่อนแรงได้เสมอ

ข. เครื่องกลอย่างง่ายประเภทรอกบางครั้งก็ไม่ช่วยผ่อนแรง

ค. เครื่องกลอย่างง่ายช่วยผ่อนแรงในการทำงานอย่างน้อยครึ่งหนึ่ง

ง. เครื่องกลอย่างง่ายทำให้งานที่กระทำต่อเครื่องกลน้อยกว่างานที่ได้จากเครื่องกล

9. อุปกรณ์ในภาพใดใช้หลักการเครื่องกลอย่างง่ายประเภทคาน

ก.

ข.

ค.

ง.

10. รอกมีกี่ชนิด ได้แก่อะไรบ้าง

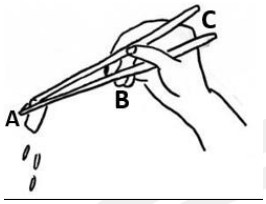
ก. 1 ชนิด คือ รอกเดี่ยว

ข. 2 ชนิด คือ รอกเดี่ยวตายตัว และรอกเดี่ยวเคลื่อนที่

ค. 2 ชนิด คือ รอกเดี่ยว และ รอกพวง

ง. 3 ชนิด คือ รอกเดี่ยวตายตัว รอกเดี่ยวเคลื่อนที่ รอกพวง

ใช้ภาพตอบคำถามข้อ 11



11. จากรูปจัดเป็นคานอันดับใด

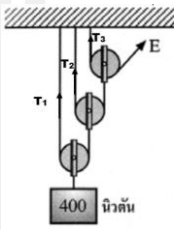
ก. คานอันดับที่ 1

ข. คานอันดับที่ 2

ค. คานอันดับที่ 3

ง. คานอันดับที่ 1 , 3

จากภาพจงตอบคำถามข้อ 12



12. จากภาพค่า E มีค่าเป็นเท่าใดและรอกพวงชุดนี้ผ่อนแรงได้กี่เท่า

ก. E มีค่า 50 นิวตัน ผ่อนแรงได้ 6 เท่า

ข. E มีค่า 150 นิวตัน ผ่อนแรงได้ 8 เท่า

ค. E มีค่า 200 นิวตัน ผ่อนแรงได้ 6 เท่า

ง. E มีค่า 50 นิวตัน ผ่อนแรงได้ 8 เท่า

13. ใช้รอกเดี่ยวเคลื่อนที่ยกวัตถุหนัก 320 นิวตัน จะต้องออกแรงยกวัตถุเท่าใด

ก. 80 นิวตัน ข. 160 นิวตัน

ค. 240 นิวตัน ง. 320 นิวตัน

14. ข้อใดไม่ใช่เครื่องกลประเภทคานทั้งหมด

ก. กรรไกรตัดเล็บ ตะเกียบ ที่ตัดกระดาษ

ข. คีมตัดลวด กรรไกรตัดเล็บ ตะเกียบ

ค. ชะแลง กรรไกรตัดผ้า สิ่ว

ง. ชะแลง กรรไกรตัดผ้า ไม้กวาดด้ามยาว

15. จากภาพ ถ้านักเรียนต้องการให้เครื่องกลนี้ผ่อนแรงได้มากขึ้น จะทำอย่างไร

ก. เพิ่มระยะที่ออกแรงให้มากกว่าระยะที่วัตถุเคลื่อนที่

ข. โดยเพิ่มความยาวของคาน

ค. เปลี่ยนจุดหมุนโดยขยับจุดหมุนเข้าใกล้วัตถุมากขึ้น

ง. ถูกทุกข้อ

16.ถ้าต้องการให้รอกเดี่ยวตายตัวผ่อนแรงมากขึ้น จะต้องทำอย่างไร

ก. รอกเดี่ยวตายตัวเป็นเครื่องกลอย่างง่ายที่ไม่ผ่อนแรง แต่สามารถทำงานได้สะดวกขึ้น

ข. เพิ่มความยาวของรอก

ค. เพิ่มจำนวนรอกเดี่ยวหลายๆตัว

ง. ถูกทุกข้อ

17. พลังงานที่สะสมอยู่ในวัตถุที่ตำแหน่งที่มีความสูงจากระดับอ้างอิงเรียกว่าอะไร

ก. พลังงานกล

ข. พลังงานจลน์

ค. พลังงานศักย์โน้มถ่วง

ง. พลังงานศักย์ยืดหยุ่น

18. ข้อใดกล่าวถึงพลังงานศักย์โน้มถ่วงได้ถูกต้อง

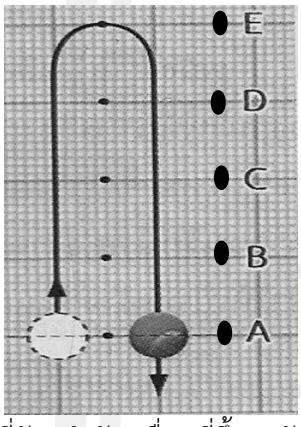
ก. วัตถุอยู่สูงจากระดับอ้างอิงเท่ากัน วัตถุที่มีมวลมากกว่า จะมี Ep มากกว่าวัตถุที่มีมวลน้อยกว่า

ข. วัตถุอยู่สูงจากระดับอ้างอิงเท่ากัน วัตถุที่มีมวลมากกว่าจะมี Ek มากกว่าวัตถุที่มีมวลน้อย

ค. วัตถุที่อยู่สูงจากระดับอ้างอิง มากกว่าจะมีพลังงานศักย์โน้มถ่วงมากกว่าวัตถุที่อยู่สูงน้อยกว่า

ง. ข้อ ก. และข้อ ค. ถูก

19. จากภาพ การโยนลูกบอลขึ้นในแนวดิ่งแล้วลูกบอลตกลงมาตำแหน่งเดิม (กำหนดให้ไม่มีแรงอากาศกระทำต่อลูกบอล)



ในขณะที่วัตถุกำลังเคลื่อนที่ขึ้น พลังงานศักย์ของวัตถุมีการเปลี่ยนแปลงอย่างไร

ก. พลังงานจลน์ของวัตถุเพิ่มขึ้น

ข. พลังงานศักย์มีค่าเป็นศูนย์เมื่อวัตถุอยู่ในสูงสุด

ค. พลังงานศักย์ของวัตถุเพิ่มสูงขึ้นตามระดับความสูงและพลังงานศักย์ของวัตถุมีค่ามากที่สุดเมื่อวัตถุขึ้นไปได้สูงสุด

ง. พลังงานศักย์ของวัตถุลดลงเมื่อความสูงเพิ่มขึ้น

20. ในการตอกเสาเข็ม ปั้นจั่นจะยกตุ้มปั้นจั่นขึ้นในแนวดิ่งแล้วปล่อยให้ตุ้มปั้นจั่นตกกระทบหัวเสาเข็ม เสาเข็มจะจม ลึกลงไปในชั้นดิน การกระทำใดเป็นการเพิ่มพลังงานศักย์โน้มถ่วงให้แก่ตุ้มปั่นจั่น

1) เพิ่มมวลของตุ้มปั้นจั่น

2) ยกตุ้มปั้นจั่นขึ้นในแนวดิ่งให้อยู่ที่ระดับสูงขึ้น

3) ยกตุ้มปั้นจั่นขึ้นในแนวดิ่งให้เคลื่อนที่เร็วขึ้น

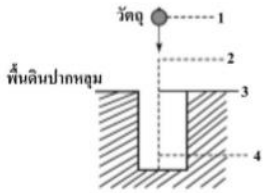
ก. การกระทำที่ 1

ข. การกระทำที่ 2

ค. การกระทำที่ 1 และ 2

ง. การกระทำที่ 1 2 และ 3

21. ปล่อยวัตถุออกจากตำแหน่งที่ 1 ให้ตกลงในหลุม ผ่านตำแหน่งที่ 2 3 และ 4 ตามลำดับ ดังภาพ ณ ตำแหน่งใดที่วัตถุมีพลังงานศักย์สูงที่สุด



ก. ตำแหน่งที่ 1 ข. ตำแหน่งที่ 2

ค. ตำแหน่งที่ 3 ง. ตำแหน่งที่ 4

22. ทดลองโยนลูกโลหะทรงกลมขึ้นไปในแนวดิ่ง 4 ครั้ง ปรากฏว่าลูกโลหะทรงกลมเคลื่อนที่ขึ้นไปได้สูงสุดที่ความสูง แตกต่างกันดังตาราง

ครั้งที่	ระยะความสูง (m)
1	3
2	2
3	2.5
4	4

จากข้อมูลในตาราง ข้อใดไม่ถูกต้อง (วิเคราะห์)

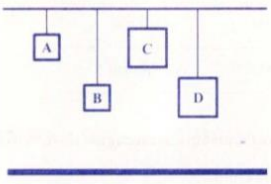
ก. เมื่อลูกโลหะทรงกลมขึ้นไปถึงจุดสูงที่สุด ลูกโลหะทรง กลมมีพลังงานจลน์เท่ากันทั้ง 4 ครั้ง

ข. เมื่อลูกโลหะทรงกลมตกถึงพื้น ลูกโลหะทรงกลมมี พลังงานศักย์โน้มถ่วงเท่ากันทั้ง 4 ครั้ง

ค. เมื่อลูกโลหะทรงกลมตกถึงพื้น การโยนครั้งที่ 4 ลูก โลหะทรงกลมจะมีพลังงานศักย์โน้มถ่วงสูงที่สุด

ง. เมื่อลูกโลหะทรงกลมขึ้นไปถึงจุดสูงที่สุด การโยนครั้งที่ 4 ลูกโลหะทรงกลมจะมีพลังงานศักย์โน้มถ่วงสูงที่สุด

23. แขวนวัตถุ 4 ชิ้น ไว้ที่ความสูงต่าง ๆ โดยวัตถุ A และ B มีมวล 1 กิโลกรัม ส่วนวัตถุ C และ D มีมวล 2 กิโลกรัม ดังภาพ จากนั้น ตัดเชือกให้วัตถุทั้ง 4 ชิ้น ตกสู่ระดับอ้างอิง กำหนดให้ระยะห่างจากระดับอ้างอิงถึงจุดศูนย์กลางของวัตถุ A กับวัตถุ C มีค่าเท่ากัน และวัตถุ B กับวัตถุ D มีค่าเท่ากัน ข้อความใดกล่าวถูกต้อง



ก. ก่อนตัดเชือก พลังงานศักย์โน้มถ่วงของวัตถุ A น้อยกว่าวัตถุ B

ข. ก่อนตัดเชือก พลังงานศักย์โน้มถ่วงของวัตถุ B เท่ากับวัตถุ D

ค. ขณะวัตถุ C และ D ตกถึงระดับอ้างอิง พลังงานจลน์ของวัตถุ C มากกว่าวัตถุ D

ง. ขณะวัตถุ A และ C ตกถึงระดับอ้างอิง พลังงานจลน์ของวัตถุ A เท่ากับวัตถุ C

24. ถังที่ตั้งไว้บนที่สูงใบหนึ่ง มีน้ำบรรจุอยู่เต็มถัง พลังงานที่สะสมในน้ำ คือ พลังงานชนิดใด

ก. พลังงานไฟฟ้า

ข. พลังงานจลน์

ค. พลังงานศักย์โน้มถ่วง

ง. พลังงานศักย์และพลังงานจลน์

25.**จากภาพจงตอบคำถาม**

ภาพที่ 1

ภาพที่ 2

จากภาพ เมื่อรถมีมวลเท่ากันข้อใดกล่าวถึงพลังงานจลน์ได้ถูกต้อง

ก. ภาพที่ 1 มีพลังงานจลน์น้อยกว่าภาพที่ 2

ข. ภาพที่ 2 มีพลังงานจลน์น้อยกว่าภาพที่ 1

ค. ภาพที่ 2 มีพลังงานจลน์มากกว่าภาพที่ 1

ง. ภาพที่ 1 มีพลังงานจลน์เท่ากับภาพที่ 2

26. พลังงานจลน์จะมีค่ามากหรือน้อยขึ้นกับปัจจัยใดบ้าง

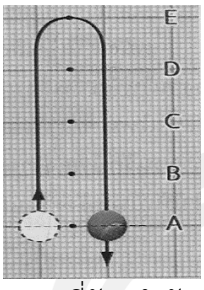
ก. น้ำหนักและอัตราเร็วของวัตถุ

ข. มวลและความสูง

ค. มวลและอัตราเร็วของวัตถุ

ง. ความเร็วและความสูงของวัตถุจากระดับอ้างอิง

27. จากภาพจงตอบคำถาม



จากภาพ ในขณะที่วัตถุกำลังเคลื่อนที่ลง พลังงานจลน์ของวัตถุมีการเปลี่ยนแปลงอย่างไร

ก. พลังงานจลน์ของวัตถุเพิ่มขึ้นจนมีค่ามากที่สุดขณะที่วัตถุตกลงมากระทบพื้น

ข. พลังงานจลน์ของวัตถุลดลงจนมีค่าเป็นศูนย์ขณะที่วัตถุตกลงมากระทบพื้น

ค. พลังงานศักย์ของวัตถุลดลงตามระดับความสูง

ง. พลังงานจลน์ของวัตถุมีค่ามากที่สุดที่ตำแหน่ง E

28. ข้อใดเป็นไปตามกฎการอนุรักษ์พลังงาน

ก. หากมีแรงกระทำจากภายนอก จะทำให้พลังงานกลของระบบหายไป

ข. พลังงานเป็นสิ่งที่ไม่สามารถทำให้สูญหายหรือสร้างขึ้นใหม่ได้

ค. พลังงานไม่สามารถเปลี่ยนพลังงานจากพลังงานหนึ่งไปเป็นอีกพลังงานหนึ่งได้

ง. ไม่มีข้อถูก

29. ตาราง พลังงานศักย์โน้มถ่วงและพลังงานจลน์ของก้อนหินก้อนหนึ่ง ที่กำลังตกจากหน้าผาในระดับความสูงต่าง ๆ

ความสูงของก้อนหินเหนือพื้นดิน (เมตร)	พลังงานศักย์โน้มถ่วง (จูล)	พลังงานจลน์ (จูล)
60	1200	0
40	A	400
20	400	B
0	C	1200

จากข้อมูลในตาราง A B และ C มีค่ากี่จูลเรียงตามลำดับ

ก. 1200 800 และ 400

ข. 800 800 และ 400

ค. 800 800 และ 0

ง. 800 400 และ 0

30. ข้อใดกล่าวถูกต้องเกี่ยวกับพลังงาน

ก. สิ่งที่ให้กำเนิดความร้อน

ข. สิ่งที่มีมวล มีตัวตน ต้องการที่อยู่

ค. ความสามารถในการทำงานได้

ง. ความสามารถที่ทำให้วัตถุเคลื่อนที่ได้

แบบทดสอบวัดความเข้าใจมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์

<u>คำชี้แจงในการทำแบบทดสอบ</u>

1. แบบทดสอบวัดความเข้าใจมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ ทั้งหมด จำนวน 6 ข้อ คะแนนเต็ม 18 คะแนน โดยมีเกณฑ์การให้คะแนนดังนี้

1. ความเข้าใจที่สมบูรณ์ (Complete Understanding : CU) หมายถึง คำตอบของนักเรียนถูกและการให้เหตุผลถูกต้องสมบูรณ์ ครบองค์ประกอบที่สำคัญในแต่ละแนวคิด ให้ 3 คะแนน โดยมีองค์ประกอบดังนี้

1.1 ระบุแนวคิดในการคำนวณ โดยมีองค์ความรู้หรือหลักการ

1.2 แสดงวิธีการคำนวณได้ถูกต้อง

1.3 ได้คำตอบที่ถูกต้องตามที่โจทย์กำหนด

2. ความเข้าใจที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (Partial Understanding : PU) หมายถึง คำตอบของนักเรียนถูกต้องและการให้เหตุผลถูก แต่ขาดองค์ประกอบที่สำคัญบางส่วน ให้ 2 คะแนน

3. ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (Partial Understanding with Specific Alternative Conception : PS) หมายถึง คำตอบของนักเรียนถูกบางส่วน แต่บางส่วนแสดงความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน ให้ 1 คะแนน

4. ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน (Alternative Conception : AC)หรือความไม่เข้าใจ (No Understanding : NU) หมายถึง คำตอบของ นักเรียนแสดงความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนทั้งหมด หรือคำตอบของนักเรียนไม่ตรงกับ คำถาม หรือนักเรียนไม่ตอบคำถาม ให้ 0 คะแนน

2. เวลาที่ใช้ในการสอบ 1.5 ชั่วโมง

คำถามที่ 1 จงอธิบายว่าหากนายบอยจัดห้องโดยเข็นตู้เก็บของด้วยแรง 50 นิวตัน จากมุมห้องด้านหนึ่งไปยังมุมห้องด้านตรงข้ามได้ ระยะทาง 6 เมตร จากนั้นนายบอยเปลี่ยนใจเข็นตู้เก็บของกลับมาไว้ที่มุมเดิมด้วยแรงเท่าเดิม จะเกิดงานหรือไม่ หากเกิดงานงานเนื่องจากแรงที่กระทำต่อตู้เก็บของเป็นเท่าใด เพราะเหตุใด

1.1 จากคำถามข้างต้นต้องใช้ความรู้เรื่องใดในการหาคำตอบ

.....

.....

1.2 ให้แสดงวิธีการในการหาคำตอบ

.....

.....

.....

.....

1.3 คำตอบคือ

.....

คำถามที่ 2 ในแค้มป์คนงานก่อสร้างแห่งหนึ่ง คนงานก่อสร้างใช้พื้นเอียงยาว 8 เมตร วางพาดกำแพงสูง 2 เมตร โดยให้ปลายพื้นเอียงอยู่บนกำแพงพอดี แล้วลากวัตถุหนัก 500 นิวตัน ขึ้นไปไว้บนกำแพง จงอธิบายว่าคนงานก่อสร้างต้องออกแรงกี่นิวตัน

2.1 จากคำถามข้างต้นต้องใช้ความรู้เรื่องใดในการหาคำตอบ

.....

.....

2.2 ให้แสดงวิธีการในการหาคำตอบ

.....

.....

.....

2.3 คำตอบคือ

.....

คำถามข้อที่ 3 บริษัททันใจ เป็นบริษัทส่งพัสดุ ที่มีสโลแกนว่าครบถ้วนปลอดภัย ทั่วไทยทันเวลา วันหนึ่งขณะรถขนส่งพัสดุเต็มคันรถ ขับผ่านเส้นทางบางช่วงที่เป็นหุบเขาคดเคี้ยว รถที่ขับมาจึงเสียหลัก ทำให้กล่องพัสดุที่ขนมาตกลงไปในหุบเหวลึก จงอธิบายว่า ถ้ามีแรง 150 N ในการลากกล่องพัสดุมวล 200 kg จากพื้นถนนขึ้นรถบรรทุก ซึ่งสูง 1.5 m ต้องใช้ไม้กระดานยาวกี่เมตร พาดจากพื้นถนนไปยังท้ายรถ

3.1 จากคำถามข้างต้นต้องใช้ความรู้เรื่องใดในการหาคำตอบ

.....

.....

3.2 ให้แสดงวิธีการในการหาคำตอบ

.....

.....

.....

.....

.....

3.3 คำตอบคือ

.....

คำถามข้อที่ 4 นายเด่นกำลังเล่นฟุตบอลกับเพื่อนๆ แต่เตะแรงเกินไปจนลูกบอลที่มีมวล 2 กิโลกรัม ไปค้างบนต้นไม้อยู่สูงจากพื้น 5 เมตร จากนั้นนายเด่นกับเพื่อนจึงได้นำไม้ไปสอยเพื่อทำให้ลูกบอลตกลงมา แต่ลูกบอลตกลงมาติดกับกิ่งไม้ถัดลงมาซึ่งอยู่สูงจากพื้น 2 เมตร จงอธิบายว่าพลังงานศักย์โน้มถ่วงวัตถุมีการเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นหรือลดลงอย่างไร (กำหนดให้ g = 10 m/s^2)

4.1 จากคำถามข้างต้นต้องใช้ความรู้เรื่องใดในการหาคำตอบ

.....

.....

4.2 ให้แสดงวิธีการในการหาคำตอบ

.....

.....

.....

4.3 คำตอบคือ

.....

คำถามข้อที่ 5 จากภาพรถยนต์ 2 คันซึ่งมีมวลเท่ากันคือ 1 ตัน รถทั้ง 2 คันเกิดอุบัติเหตุพุ่งชนต้นไม้ ซึ่ง รถคันที่ 1 ขับด้วยความเร็ว 90 กม./ชม. ดังภาพที่ 1 และรถยนต์คันที่ 2 ขับด้วยความเร็ว 20 กม./ชม. ดังภาพที่ 2 จงอธิบายว่า รถยนต์คันใดจะเกิดความเสียหายมากกว่ากัน

ภาพที่ 1

ภาพที่ 2

5.1 จากคำถามข้างต้นต้องใช้ความรู้เรื่องใดในการหาคำตอบ

.....

.....

5.2 ให้แสดงวิธีการในการหาคำตอบ

.....

.....

.....

.....

5.3 คำตอบคือ

.....

คำถามข้อที่ 6 จงอธิบายว่ารถยนต์มีมวล 1,200 kg แล่นด้วยความเร็ว 20 m/s รถยนต์จะมีพลังงานจลน์เท่าไร

6.1 จากคำถามข้างต้นต้องใช้ความรู้เรื่องใดในการหาคำตอบ

.....

.....

6.2 ให้แสดงวิธีการในการหาคำตอบ

.....

.....

.....

.....

6.3 คำตอบคือ

.....

แบบทดสอบวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์

<u>คำชี้แจงในการทำแบบทดสอบ</u>

1. แบบทดสอบความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ เรื่อง งานและพลังงาน แบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ

ส่วน 1 เป็นแบบปรนัย 4 ตัวเลือก ซึ่งให้นักเรียนพิจารณา คำถาม และเลือกตัวเลือกที่ถูกที่สุด

ส่วน 2 เป็นแบบอัตนัย ให้นักเรียนเขียนข้อสรุป หลักการที่ใช้ในการตอบ และการนำไปใช้ในชีวิตประจำวันของข้อคำถามนั้น

2. แบบทดสอบทั้งหมด จำนวน 6 ข้อ คะแนนเต็ม 18 คะแนน

3. นักเรียนจะต้องตอบถูกทั้งสองส่วนจึงจะได้คะแนนเต็ม เวลาที่ใช้ในการสอบ 1.5 ชั่วโมง

คำถามที่ 1

นายบอยได้ทำงานโดยการขนย้ายสิ่งของตามสถาณการณ์ที่ 1 และสถานการณ์ที่ 2 ดังภาพ สถานการณ์ใดที่ทำให้เกิดงาน เพราะเหตุใด

สถานการณ์ที่1 นายบอยดันลังไม้ให้เคลื่อนที่

สถานการณ์ที่2 นายบอยแบกกล่องไม้แล้วเดินในแนวระดับด้วยอัตราเร็วคงที่

สถาณการณ์ใดบ้างเกิดงานในทางวิทยาศาสตร์

1. สถานการณ์ที่ 1 เท่านั้น
2. สถานการณ์ที่ 2 เท่านั้น
3. สถานการณ์ที่1 และ 2
4. ไม่มีสถานการณ์ใดเกิดงาน

1.1 ข้อสรุป

.....

.....

1.2 เพราะเหตุใด จงอธิบายหลักการในการตอบ

.....

.....

.....

.....

.....

1.3 จงยกตัวอย่างเหตุการณ์การเกิดงานในทางวิทยาศาสตร์ในชีวิตประจำวัน

.....

.....

<u>คำถามที่ 2</u>

สถานการณ์ ในแค้มป์คนงานก่อสร้างแห่งหนึ่ง คนงานก่อสร้างต้องการออกแรงขนถังปูนขนาด 30 N ขึ้นไปบนอาคารชั้น 2 ที่สูงจากพื้น 3 เมตร คนงานก่อสร้างควรเลือกใช้ เครื่องกลชนิดใดในการขนย้ายครั้งนี้จึงจะเหมาะสมที่สุดและช่วยในการผ่อนแรงได้มากที่สุด

1. รอกเดี่ยวตายตัว,พื้นเอียง
2. คาน,พื้นเอียง
3. รอกเดี่ยวเคลื่อนที่,คาน
4. รอกเดี่ยวเคลื่อนที่

2.1 ข้อสรุป

.....

.....

2.2 เพราะเหตุใด จงอธิบายหลักการในการตอบ

.....

.....

.....

.....

.....

2.3 จงระบุหลักฐาน แนวคิว ทฤษฎี หรือยกตัวอย่างเหตุการณ์ในชีวิตประจำวัน

.....

.....

.....

<u>คำถามที่ 3</u>

บริษัททันใจ เป็นบริษัทส่งพัสดุ ที่มีสโลแกนว่าครบถ้วนปลอดภัย ทั่วไทยทันเวลา วันหนึ่ง ขณะรถขนส่งพัสดุเต็มคันรถ ขับผ่านเส้นทางบางช่วงที่เป็นหุบเขาคดเคี้ยว รถที่ขับมาจึงเสียหลัก ทำให้กล่องพัสดุที่ขนมาตกลงไปในหุบเหวลึก 2 เมตร จำนวน 3 กล่อง ซึ่งมีน้ำหนักกล่องละ 20 30 นิวตันและ 50 นิวตันตามลำดับ คนขับรถจึงต้องหาวิธีการที่จะเก็บพัสดุเหล่านั้นขึ้นมา จึงต้องนำเครื่องมือมายกของขึ้นจากหุบเหวข้างทาง คนขับรถควรเลือกใช้อุปกรณ์ชนิดใด จึงจะเหมาะสมและช่วยผ่อนแรงได้

1. พื้นเอียง,คาน
2. คาน, ล้อและเพลา
3. รอกเดี่ยวเคลื่อนที่,ล้อและเพลา, พื้นเอียง
4. สกรู, พื้นเอียง, รอกเดี่ยวตายตัว

3.1 ข้อสรุป

.....

.....

3.2 เพราะเหตุใด จงอธิบายหลักการในการตอบ

.....

.....

.....

.....

.....

3.3 จงระบุหลักฐาน แนวคิว ทฤษฎี หรือยกตัวอย่างเหตุการณ์ในชีวิตประจำวัน

.....

.....

.....

<u>คำถามที่ 4</u>

เด็กหญิงน้ำหวานปล่อยวัสดุมวล 1 กิโลกรัมให้ตกอิสระจากระดับความสูง 60 เมตรจากระดับอ้างอิง ถ้าไม่คิดแรงต้านอากาศถ้าพลังงานศักย์โน้มถ่วงอัตราเร็วและพลังงานจลน์จะเปลี่ยนแปลงไปตามระดับความสูงดังตาราง

เวลา (s)	ความสูงจากระดับอ้างอิง (m)	อัตราเร็ว (m/s)	พลังงานศักย์โน้มถ่วง (J)	พลังงานจลน์ (J)
0	60	0	588.0	0
0.5	58.8	4.9	576.0	12.0
1	55.1	9.8	540.0	48.0
1.5	49.0	14.7	480.0	108.0
2	40.4	19.6	395.9	192.1
2.5	29.4	24.5	288.0	300.0
3	15.9	29.4	155.8	432.2
3.5	0	34.3	0.0	588.0

คำถามส่วนที่ 1 จากข้อมูลมีปัจจัยใดบ้างที่ทำให้ค่าพลังงานศักย์โน้มถ่วงมีการเปลี่ยนแปลง

1. ความสูงและมวล
2. ความสูงและเวลา
3. อัตราเร็วและเวลา
4. อัตราเร็ว,ความสูงและเวลา

4.1 ข้อสรุป

.....

.....

4.2 เพราะเหตุใด จงอธิบายหลักการในการตอบ

.....

.....

.....

4.3 จงระบุหลักฐาน แนวคิว ทฤษฎี หรือยกตัวอย่างเหตุการณ์ในชีวิตประจำวัน

.....

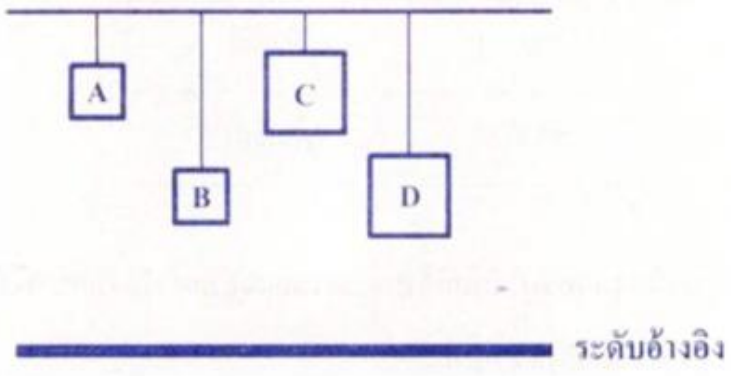
.....

.....

<u>คำถามข้อที่ 5</u>

แขวนวัตถุ 4 ชิ้นไว้ที่ความสูงต่าง ๆ วัตถุ A และ B มีมวล 1 กิโลกรัม ส่วนวัตถุ Cและ D มีมวล 2 กิโลกรัมจากนั้นตัดเชือกให้วัตถุทั้ง 4 ชิ้นตกสู่ระดับอ้างอิง

กำหนดให้ระยะห่างจากระดับอ้างอิงถึงจุดศูนย์กลางของวัตถุ A กับวัตถุ C มีค่าเท่ากัน และวัตถุ B กับวัตถุ D มีค่าเท่ากัน ดังรูป



ข้อความใดกล่าวได้ถูกต้อง

1. ก่อนตัดเชือกพลังงานศักย์โน้มถ่วงของวัตถุAน้อยกว่าวัตถุ B
2. ก่อนตัดเชือกพลังงานศักย์โน้มถ่วงของวัตถุ B เท่ากับวัตถุ D
3. ขณะวัตถุ C และ D ตกถึงระดับอ้างอิง พลังงานจลน์ของวัตถุ C มากกว่าวัตถุ D
4. ขนาดวัตถุ A และ C ตกถึงระดับอ้างอิงพลังงานจลน์ของวัตถุ A เท่ากับวัตถุ C

5.1 ข้อสรุป

.....

.....

5.2 เพราะเหตุใด จงอธิบายหลักการในการตอบ

.....

.....

.....

5.3 จงระบุหลักฐาน แนวคิว ทฤษฎี หรือยกตัวอย่างเหตุการณ์ในชีวิตประจำวัน

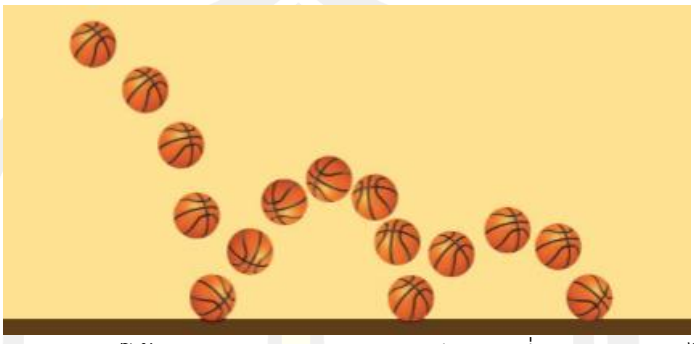
.....

.....

.....

<u>คำถามที่ 6</u>

นายแบงค์กำลังเล่นกีฬาบาสเกตบอลกับเพื่อนเมื่อนายแบงค์ปล่อยลูกบาสเกตบอลที่อยู่สูงจากพื้นตกกระทบพื้นลูกบาสเกตบอลจะกระดอนบนพื้นหลายครั้งจนกระทั่งลูกบาสเกตบอลหยุดเคลื่อนที่ดังรูป



พลังงานจลน์และพลังงานศักย์โน้มถ่วงของลูกบาสเกตบอลมีการเปลี่ยนแปลงอย่างไร

1. พลังงานศักย์โน้มถ่วงของลูกบาสเกตบอลจะ ลดลงตามระดับความสูงที่ลดลง โดยพลังงานศักย์โน้มถ่วงที่ลดลงจะเปลี่ยนไปเป็นพลังงานจลน์ของลูก บาสเกตบอลที่เพิ่มขึ้น

2. พลังงานศักย์โน้มถ่วงของลูกบาสเกตบอลจะเพิ่มขึ้น ส่วนพลังงานจลน์ของลูกบาสเกตบอลเท่าเดิม

3. พลังงานศักย์โน้มถ่วงของลูกบาสเกตบอลจะลดลงหากระดับความสูงเพิ่มขึ้น ส่วนพลังงานจลน์ของลูกบาสเกตบอลจะเพิ่มขึ้น

4. พลังงานศักย์โน้มถ่วงของลูกบาสเกตบอลจะเท่าเดิม ส่วนพลังงานจลน์ของลูกบาสเกตบอลจะเท่าเดิมเช่นกัน

6.1 ข้อสรุป

.....

.....

6.2 เพราะเหตุใด จงอธิบายหลักการในการตอบ

.....

.....

.....

6.3 จงระบุหลักฐาน แนวคิว ทฤษฎี หรือยกตัวอย่างเหตุการณ์ในชีวิตประจำวัน

.....

.....

.....

ภาคผนวก ข
การตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

ตาราง 13 ค่าเฉลี่ยของแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานที่ประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญ

รายการ	ความคิดเห็นผู้เชี่ยวชาญ					ΣR	ค่าเฉลี่ย
	1	2	3	4	5		
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1							
1. สาระการเรียนรู้							
1.1 สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	5	5	5	5	5	25	5
1.2 เหมาะสมกับวัย ความต้องการและความสนใจของนักเรียน	5	4	4	5	5	23	4.6
2. จุดประสงค์การเรียนรู้							
2.1 สอดคล้องกับเนื้อหา	5	5	5	4	4	23	4.6
2.2 เหมาะสมกับวัย ความต้องการของนักเรียน	5	5	4	5	4	23	4.6
2.3 สอดคล้องกับแนวคิดการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน	5	4	5	4	5	23	4.6
3. เนื้อหา							
3.1 สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	5	5	5	5	4	24	4.8
3.2 เหมาะสมกับวัยและพัฒนาการของนักเรียน	4	5	5	5	4	23	4.6
3.3 เหมาะสมกับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน	5	5	5	4	5	24	4.8
4. ด้านการจัดกิจกรรมการเรียนรู้							
4.1 ผู้เรียนมีส่วนร่วมในกิจกรรม	4	5	5	4	5	23	4.6
4.2 สอดคล้องกับขั้นสร้างแบบจำลองทางความคิด	5	5	4	5	5	24	4.8
4.3 สอดคล้องกับขั้นแสดงออกแบบจำลอง	4	4	4	4	4	20	4
4.4 สอดคล้องกับขั้นทดสอบแบบจำลอง	4	5	4	5	5	23	4.6
4.5 สอดคล้องกับขั้นประเมินแบบจำลอง	4	4	5	5	5	23	4.6
4.6 สอดคล้องกับขั้นขยายแบบจำลอง	4	5	5	5	5	24	4.8

ตาราง 13 (ต่อ)

รายการ	ความคิดเห็นผู้เชี่ยวชาญ					ΣR	ค่าเฉลี่ย
	1	2	3	4	5		
5. ด้านสื่อที่ใช้จัดกิจกรรมการเรียนรู้							
5.1 สอดคล้องกับกิจกรรมการเรียนรู้							
โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน	5	4	4	4	5	22	4.4
5.2 ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการใช้สื่อ	5	5	4	5	5	24	4.8
5.3 สื่อน่าสนใจและเอื้อต่อการเรียนรู้	4	5	5	5	5	24	4.8
6. ด้านการวัดและประเมินผล							
6.1 วัดประเมินผลได้สอดคล้องกับกิจกรรม							
การเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน	5	5	4	5	5	24	4.8
6.2 สามารถวัดและประเมินผลได้ครอบคลุม							
ตัวชี้วัด	5	5	4	5	5	24	4.8
6.3 มีความเป็นไปได้ในการปฏิบัติจริง	5	5	5	5	5	25	5.00
รวม							
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2							
1. สาระการเรียนรู้							
1.1 สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	5	5	5	5	5	25	5
1.2 เหมาะสมกับวัย ความต้องการและ							
ความสนใจของนักเรียน	5	4	4	5	5	23	4.6
2. จุดประสงค์การเรียนรู้							
2.1 สอดคล้องกับเนื้อหา	5	5	5	4	4	23	4.6
2.2 เหมาะสมกับวัย ความต้องการของนักเรียน	5	5	4	5	4	23	4.6
2.3 สอดคล้องกับแนวคิดการจัดกิจกรรม							
การเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน	5	4	5	4	5	23	4.6
3. เนื้อหา							
3.1 สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	5	5	5	5	4	24	4.8

ตาราง 13 (ต่อ)

รายการ	ความคิดเห็นผู้เชี่ยวชาญ					ΣR	ค่าเฉลี่ย
	1	2	3	4	5		
3.2 เหมาะสมกับวัยและพัฒนาการของนักเรียน	4	5	5	5	4	23	4.6
3.3 เหมาะสมกับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน	5	5	5	5	5	25	5
4. ด้านการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ 4.1 ผู้เรียนมีส่วนร่วมในกิจกรรม	4	5	5	4	5	23	4.6
4.2 สอดคล้องกับขั้นสร้างแบบจำลองทางความคิด	5	5	4	5	5	24	4.8
4.3 สอดคล้องกับขั้นแสดงออกแบบจำลอง	4	4	4	4	4	20	4
4.4 สอดคล้องกับขั้นทดสอบแบบจำลอง	4	5	4	5	5	23	4.6
4.5 สอดคล้องกับขั้นประเมินแบบจำลอง	4	4	5	5	5	23	4.6
4.6 สอดคล้องกับขั้นขยายแบบจำลอง	4	5	5	5	5	24	4.8
5. ด้านสื่อที่ใช้จัดกิจกรรมการเรียนรู้ 5.1 สอดคล้องกับกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน	5	4	4	5	5	23	4.6
5.2 ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการใช้สื่อ	4	5	4	5	5	23	4.6
5.3 สื่อน่าสนใจและเอื้อต่อการเรียนรู้	4	5	5	5	5	24	4.8
6. ด้านการวัดและประเมินผล 6.1 วัดประเมินผลได้สอดคล้องกับกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน	5	5	4	5	5	24	4.8
6.2 สามารถวัดและประเมินผลได้ครอบคลุมตัวชี้วัด	5	5	4	5	5	24	4.8
6.3 มีความเป็นไปได้ในการปฏิบัติจริง	5	5	5	5	4	24	4.8
รวม							

ตาราง 13 (ต่อ)

รายการ	ความคิดเห็นผู้เชี่ยวชาญ					∑R	ค่าเฉลี่ย
	1	2	3	4	5		
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3							
1. สาระการเรียนรู้							
1.1 สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	5	5	5	5	5	25	5
1.2 เหมาะสมกับวัย ความต้องการและความสนใจของนักเรียน	5	4	4	5	5	23	4.6
2. จุดประสงค์การเรียนรู้							
2.1 สอดคล้องกับเนื้อหา	5	5	5	4	4	23	4.6
2.2 เหมาะสมกับวัย ความต้องการของนักเรียน	5	5	5	5	4	24	4.8
2.3 สอดคล้องกับแนวคิดการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน	5	4	5	4	5	23	4.6
3. เนื้อหา							
3.1 สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	5	5	5	5	4	24	4.8
3.2 เหมาะสมกับวัยและพัฒนาการของนักเรียน	4	5	5	5	4	23	4.6
3.3 เหมาะสมกับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน	5	5	5	5	5	25	5
4. ด้านการจัดกิจกรรมการเรียนรู้							
4.1 ผู้เรียนมีส่วนร่วมในกิจกรรม	4	5	5	4	5	23	4.6
4.2 สอดคล้องกับขั้นสร้างแบบจำลองทางความคิด	5	5	4	5	5	24	4.8
4.3 สอดคล้องกับขั้นแสดงออกแบบจำลอง	4	5	4	5	5	23	4.6
4.4 สอดคล้องกับขั้นทดสอบแบบจำลอง	4	5	5	5	5	24	4.8
4.5 สอดคล้องกับขั้นประเมินแบบจำลอง	4	4	5	5	5	23	4.6
4.6 สอดคล้องกับขั้นขยายแบบจำลอง	4	5	5	5	5	24	4.8

ตาราง 13 (ต่อ)

รายการ	ความคิดเห็นผู้เชี่ยวชาญ					∑R	ค่าเฉลี่ย
	1	2	3	4	5		
5. ด้านสื่อที่ใช้จัดกิจกรรมการเรียนรู้ 5.1 สอดคล้องกับกิจกรรมการเรียนรู้ โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน	5	4	4	5	5	23	4.6
5.2 ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการใช้สื่อ	4	5	4	5	5	23	4.6
5.3 สื่อน่าสนใจและเอื้อต่อการเรียนรู้	4	5	5	5	5	24	4.8
6. ด้านการวัดและประเมินผล 6.1 วัดประเมินผลได้สอดคล้องกับกิจกรรม การเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน	5	5	5	5	5	25	5
6.2 สามารถวัดและประเมินผลได้ครอบคลุม ตัวชี้วัด	5	5	4	5	5	24	4.8
6.3 มีความเป็นไปได้ในการปฏิบัติจริง	5	5	5	5	5	25	5
รวม							
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 1. สาระการเรียนรู้ 1.1 สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	5	5	5	5	5	25	5
1.2 เหมาะสมกับวัย ความต้องการและ ความสนใจของนักเรียน	5	4	5	5	5	24	4.8
2. จุดประสงค์การเรียนรู้ 2.1 สอดคล้องกับเนื้อหา	5	5	5	4	4	23	4.6
2.2 เหมาะสมกับวัย ความต้องการของนักเรียน	5	5	4	5	4	23	4.6
2.3 สอดคล้องกับแนวคิดการจัดกิจกรรม การเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน	5	4	5	4	5	23	4.6
3. เนื้อหา 3.1 สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	5	5	5	5	4	24	4.8
3.2 เหมาะสมกับวัยและพัฒนาการของนักเรียน	4	5	5	5	4	23	4.6

ตาราง 13 (ต่อ)

รายการ	ความคิดเห็นผู้เชี่ยวชาญ					∑R	ค่าเฉลี่ย
	1	2	3	4	5		
3.3 เหมาะสมกับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน	5	5	5	5	5	25	5
4. ด้านการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ 4.1 ผู้เรียนมีส่วนร่วมในกิจกรรม	4	5	5	4	5	23	4.6
4.2 สอดคล้องกับขั้นสร้างแบบจำลองทางความคิด	5	5	4	5	4	23	4.6
4.3 สอดคล้องกับขั้นแสดงออกแบบจำลอง	4	4	4	4	4	20	4
4.4 สอดคล้องกับขั้นทดสอบแบบจำลอง	4	5	5	5	5	24	4.8
4.5 สอดคล้องกับขั้นประเมินแบบจำลอง	4	4	5	5	5	23	4.6
4.6 สอดคล้องกับขั้นขยายแบบจำลอง	4	4	5	5	5	23	4.6
5. ด้านสื่อที่ใช้จัดกิจกรรมการเรียนรู้ 5.1 สอดคล้องกับกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน	5	4	4	5	5	23	4.6
5.2 ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการใช้สื่อ	4	5	4	5	5	23	4.6
5.3 สื่อน่าสนใจและเอื้อต่อการเรียนรู้	4	5	5	5	5	24	4.8
6. ด้านการวัดและประเมินผล 6.1 วัดประเมินผลได้สอดคล้องกับกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน	5	5	4	5	5	24	4.8
6.2 สามารถวัดและประเมินผลได้ครอบคลุมตัวชี้วัด	5	5	4	5	5	24	4.8
6.3 มีความเป็นไปได้ในการปฏิบัติจริง	5	5	5	5	4	24	4.8
รวม							

ตาราง 13 (ต่อ)

รายการ	ความคิดเห็นผู้เชี่ยวชาญ					∑R	ค่าเฉลี่ย
	1	2	3	4	5		
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5							
1. สาระการเรียนรู้							
1.1 สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	5	5	5	5	5	25	5
1.2 เหมาะสมกับวัย ความต้องการและความสนใจของนักเรียน	5	5	4	5	5	24	4.8
2. จุดประสงค์การเรียนรู้							
2.1 สอดคล้องกับเนื้อหา	5	5	5	4	4	23	4.6
2.2 เหมาะสมกับวัย ความต้องการของนักเรียน	5	5	4	5	4	23	4.6
2.3 สอดคล้องกับแนวคิดการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน	5	4	5	4	5	23	4.6
3. เนื้อหา							
3.1 สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	5	5	5	5	4	24	4.8
3.2 เหมาะสมกับวัยและพัฒนาการของนักเรียน	4	5	5	5	4	23	4.6
3.3 เหมาะสมกับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน	5	5	5	5	5	25	5
4. ด้านการจัดกิจกรรมการเรียนรู้							
4.1 ผู้เรียนมีส่วนร่วมในกิจกรรม	4	5	5	5	5	24	4.8
4.2 สอดคล้องกับขั้นสร้างแบบจำลองทางความคิด	5	5	4	5	5	24	4.8
4.3 สอดคล้องกับขั้นแสดงออกแบบจำลอง	4	4	4	5	4	21	4.2
4.4 สอดคล้องกับขั้นทดสอบแบบจำลอง	4	5	4	5	5	23	4.6
4.5 สอดคล้องกับขั้นประเมินแบบจำลอง	4	4	5	5	5	23	4.6
4.6 สอดคล้องกับขั้นขยายแบบจำลอง	4	5	5	5	5	24	4.8

ตาราง 13 (ต่อ)

รายการ	ความคิดเห็นผู้เชี่ยวชาญ					∑R	ค่าเฉลี่ย
	1	2	3	4	5		
5. ด้านสื่อที่ใช้จัดกิจกรรมการเรียนรู้ 5.1 สอดคล้องกับกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน	5	4	4	5	5	23	4.6
5.2 ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการใช้สื่อ	4	5	5	5	5	24	4.8
5.3 สื่อน่าสนใจและเอื้อต่อการเรียนรู้	4	5	5	5	5	24	4.8
6. ด้านการวัดและประเมินผล 6.1 วัดประเมินผลได้สอดคล้องกับกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน	5	5	5	5	5	25	5
6.2 สามารถวัดและประเมินผลได้ครอบคลุมตัวชี้วัด	5	5	5	5	5	25	5
6.3 มีความเป็นไปได้ในการปฏิบัติจริง	5	5	5	5	4	24	4.8
รวม							
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 6 1. สาระการเรียนรู้ 1.1 สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	5	5	5	5	5	25	5
1.2 เหมาะสมกับวัย ความต้องการและความสนใจของนักเรียน	5	4	4	5	5	23	4.6
2. จุดประสงค์การเรียนรู้ 2.1 สอดคล้องกับเนื้อหา	5	5	5	4	4	23	4.6
2.2 เหมาะสมกับวัย ความต้องการของนักเรียน	5	5	5	5	4	24	4.8
2.3 สอดคล้องกับแนวคิดการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน	5	4	5	4	5	23	4.6
3. เนื้อหา 3.1 สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	5	5	5	5	4	24	4.8
3.2 เหมาะสมกับวัยและพัฒนาการของนักเรียน	4	5	5	5	4	23	4.6

ตาราง 13 (ต่อ)

รายการ	ความคิดเห็นผู้เชี่ยวชาญ					∑R	ค่าเฉลี่ย
	1	2	3	4	5		
3.3 เหมาะสมกับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน	5	5	5	5	5	25	5
4. ด้านการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ 4.1 ผู้เรียนมีส่วนร่วมในกิจกรรม	4	5	5	4	5	23	4.6
4.2 สอดคล้องกับขั้นสร้างแบบจำลองทางความคิด	5	5	4	5	5	24	4.8
4.3 สอดคล้องกับขั้นแสดงออกแบบจำลอง	4	4	5	4	5	22	4.4
4.4 สอดคล้องกับขั้นทดสอบแบบจำลอง	4	5	4	5	5	23	4.6
4.5 สอดคล้องกับขั้นประเมินแบบจำลอง	4	4	5	5	5	23	4.6
4.6 สอดคล้องกับขั้นขยายแบบจำลอง	4	5	5	5	5	24	4.8
5. ด้านสื่อที่ใช้จัดกิจกรรมการเรียนรู้ 5.1 สอดคล้องกับกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน	5	4	4	5	5	23	4.6
5.2 ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการใช้สื่อ	4	5	5	5	5	24	4.8
5.3 สื่อน่าสนใจและเอื้อต่อการเรียนรู้	4	5	5	5	5	24	4.8
6. ด้านการวัดและประเมินผล 6.1 วัดประเมินผลได้สอดคล้องกับกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน	5	5	5	5	5	25	5
6.2 สามารถวัดและประเมินผลได้ครอบคลุมตัวชี้วัด	5	5	4	5	5	24	4.8
6.3 มีความเป็นไปได้ในการปฏิบัติจริง	5	5	5	5	4	24	4.8
รวม							

ตาราง 14 ผลการประเมินของแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

แผนการจัดการเรียนรู้	ผลการประเมิน	
	ค่าเฉลี่ย	ระดับความเหมาะสม
1	4.68	เหมาะสมมากที่สุด
2	4.43	เหมาะสมมากที่สุด
3	4.75	เหมาะสมมากที่สุด
4	4.68	เหมาะสมมากที่สุด
5	4.74	เหมาะสมมากที่สุด
6	4.73	เหมาะสมมากที่สุด
โดยภาพรวม	4.67	เหมาะสมมากที่สุด

ตาราง 15 การประเมินแบบทดสอบของผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน ในการหาค่า IOC ในด้านความเที่ยงตรงของเนื้อหาและความสอดคล้องของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ข้อที่	ผู้เชี่ยวชาญ					รวม	IOC	ผลพิจารณา
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5			
1	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	สอดคล้อง
2	+1	0	+1	0	+1	3	0.6	สอดคล้อง
3	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	สอดคล้อง
4.	+1	+1	0	+1	0	3	0.6	สอดคล้อง
5	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	สอดคล้อง
6.	+1	+1	0	+1	0	3	0.6	สอดคล้อง
7	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	สอดคล้อง
9	+1	0	+1	+1	+1	4	0.8	สอดคล้อง
10	+1	+1	+1	0	+1	4	0.8	สอดคล้อง
11	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	สอดคล้อง
12	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	สอดคล้อง
13	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	สอดคล้อง
14	0	+1	0	+1	+1	3	0.6	สอดคล้อง
15	0	+1	0	+1	+1	3	0.6	สอดคล้อง
16	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	สอดคล้อง
17	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	สอดคล้อง
18	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	สอดคล้อง
19	+1	+1	+1	0	+1	4	0.8	สอดคล้อง
20	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	สอดคล้อง
21	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	สอดคล้อง
22	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	สอดคล้อง
23	+1	+1	0	+1	+1	4	0.8	สอดคล้อง

ตาราง 15 (ต่อ)

ข้อที่	ผู้เชี่ยวชาญ					รวม	IOC	แปลผล
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5			
24	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	สอดคล้อง
25	+1	+1	0	+1	+1	4	0.8	สอดคล้อง
26	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	สอดคล้อง
27	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	สอดคล้อง
28	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	สอดคล้อง
29	+1	+1	0	+1	+1	4	0.8	สอดคล้อง
30	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	สอดคล้อง
31	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	สอดคล้อง
32	0	+1	+1	0	+1	3	0.6	สอดคล้อง
33	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	สอดคล้อง
24	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	สอดคล้อง
34	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	สอดคล้อง
35	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	สอดคล้อง
36	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	สอดคล้อง
37	0	+1	0	0	+1	2	0.4	ไม่สอดคล้อง
38	+1	+1	+1	+1	0	4	0.8	สอดคล้อง
39	+1	+1	+1	0	+1	4	0.8	สอดคล้อง
40	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	สอดคล้อง
41	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	สอดคล้อง
42	+1	0	+1	+1	+1	4	0.8	สอดคล้อง
43	+1	+1	0	+1	+1	4	0.8	สอดคล้อง
44	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	สอดคล้อง
45	+1	+1	0	+1	0	3	0.6	สอดคล้อง

ตาราง 16 ค่าความยากง่าย (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ค่าความเชื่อมั่น (Reliability) KR-20 = 0.7455			
ข้อที่	ค่า IOC	ค่าความยากง่าย (p)	ค่าอำนาจจำแนก (r)
1*	1.00	0.87	0.23
2	1.00	0.97	0.18
3*	0.67	0.73	0.36
4*	1.00	0.87	0.47
5*	1.00	0.87	0.55
6	0.32	0.80	0.13
7*	1.00	0.73	0.21
8	0.32	0.80	0.51
9*	1.00	0.21	0.21
10	1.00	0.97	0.26
11*	1.00	0.63	0.34
12*	1.00	0.20	0.26
13*	1.00	0.73	0.24
14*	1.00	0.20	0.26
15*	1.00	0.40	0.24
16*	1.00	0.40	0.34
17*	0.67	0.47	0.22
18	1.00	0.23	-0.14
19*	1.00	0.80	0.21
20*	1.00	0.77	0.41
21*	1.00	0.63	0.23
22	1.00	0.33	-0.08
23*	1.00	0.63	0.49
24*	1.00	0.87	0.28
25*	1.00	0.73	0.36

ตาราง 16 (ต่อ)

ค่าความเชื่อมั่น (Reliability) KR-20 = 0.7455			
ข้อที่	ค่า IOC	ค่าความยากง่าย (p)	ค่าอำนาจจำแนก (r)
26*	1.00	0.43	0.25
27*	1.00	0.70	0.27
28*	1.00	0.30	0.21
29	1.00	0.93	-0.13
30*	1.00	0.37	0.42
31*	0.67	0.43	0.29
32*	1.00	0.40	0.22
33*	1.00	0.80	0.46
34*	1.00	0.63	0.54
35	0.32	0.10	-0.14
36	1.00	0.33	-0.19
37	0.32	0.60	0.42
38*	1.00	0.70	0.24
39*	1.00	0.67	0.31
40*	0.67	0.73	0.22
41	0.32	0.60	0.42
42*	1.00	0.70	0.24
43*	1.00	0.67	0.31
44*	0.67	0.73	0.22
45*	0.67	0.73	0.22

หมายเหตุ * หมายถึงข้อสอบที่ทำการเลือกโดยมีค่าความชื่อมั่น (KR 20) เท่ากับ 0.74

ตาราง 17 การประเมินแบบทดสอบของผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน ในการหาค่า IOC ในด้านความเที่ยงตรงของเนื้อหาและแบบประเมินความสอดคล้องการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์

ข้อที่	ผู้เชี่ยวชาญ					รวม	IOC	ผลพิจารณา
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5			
1	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	สอดคล้อง
2	+1	0	+1	0	0	2	0.4	ไม่สอดคล้อง
3	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	สอดคล้อง
4.	+1	+1	0	0	0	2	0.4	ไม่สอดคล้อง
5	0	+1	0	+1	0	2	0.4	ไม่สอดคล้อง
6.	+1	+1	0	+1	0	4	0.8	สอดคล้อง
7	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	สอดคล้อง
8	0	0	+1	0	0	1	0.2	ไม่สอดคล้อง
9	+1	+1	+1	0	+1	2	0.4	ไม่สอดคล้อง
10	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	สอดคล้อง
11	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	สอดคล้อง
12	+1	0	0	+1	0	2	0.4	ไสอดคล้อง

ตาราง 18 การประเมินแบบทดสอบของผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน ในการหาค่า IOC ในด้านความเที่ยงตรงของเนื้อหาและความสอดคล้องของแบบประเมินความสอดคล้องความเข้าใจมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์

ข้อที่	ผู้เชี่ยวชาญ					รวม	IOC	ผลพิจารณา
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5			
1	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	สอดคล้อง
2	0	0	+1	0	+1	2	0.4	ไม่สอดคล้อง
3	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	สอดคล้อง
4.	+1	0	0	+1	0	2	0.4	ไม่สอดคล้อง
5	0	+1	0	+1	0	2	0.4	ไม่สอดคล้อง
6.	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	สอดคล้อง
7	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	สอดคล้อง
8	+1	0	+1	0	0	2	0.4	ไม่สอดคล้อง
9	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	สอดคล้อง
10	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	สอดคล้อง
11	+1	0	0	+1	0	2	0.4	ไม่สอดคล้อง
12	+1	0	+1	+1	0	3	0.6	สอดคล้อง

ตาราง 19 ค่าความยาก (P_E) ค่าอำนาจจำแนก (D) และค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์

ข้อที่	P_E	D
1	0.73	0.57
2	0.71	0.47
3	0.71	0.45
4	0.69	0.36
5	0.78	0.34
6	0.73	0.48

ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ทั้งฉบับด้วยวิธี สัมประสิทธิ์แอลฟา (Alpha coefficient) ตามวิธีของครอนบาค (Cronbach) มีค่าเท่ากับ 0.72

ตาราง 20 ค่าความยาก (P_E) ค่าอำนาจจำแนก (D) และค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์

ข้อที่	P_E	D
1	0.73	0.28
2	0.57	0.61
3	0.50	0.65
4	0.50	0.57
5	0.59	0.57
6	0.73	0.28

ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ทั้งฉบับด้วยวิธี สัมประสิทธิ์แอลฟา (Alpha coefficient) ตามวิธีของครอนบาค (Cronbach) มีค่าเท่ากับ 0.82

ภาคผนวก ค
ประสิทธิภาพของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

ตาราง 21 ประสิทธิภาพของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

คนที่	คะแนนสอบก่อนเรียน	คะแนนพฤติกรรมการเรียนรู้และใบงาน																			คะแนนสอบหลังเรียน
		แผนที่ 1			แผนที่ 2			แผนที่ 3			แผนที่ 4			แผนที่ 5			แผนที่ 6			รวม	
		ใบงาน	พฤติกรรม	ทดสอบย่อย	ใบงาน	พฤติกรรม	ทดสอบย่อย	ใบงาน	พฤติกรรม	ทดสอบย่อย	ใบงาน	พฤติกรรม	ทดสอบย่อย	ใบงาน	พฤติกรรม	ทดสอบย่อย	ใบงาน	พฤติกรรม	ทดสอบย่อย		
	30	**10**	**5**	**10**	**10**	**5**	**10**	**10**	**5**	**10**	**10**	**5**	**10**	**10**	**5**	**10**	**10**	**5**	**10**	**150**	**30**
1	19	8	4	8	8	4	7	7	5	6	7	5	6	7	4	5	8	5	7	112	24
2	13	8	4	7	7	4	8	7	5	7	7	5	6	8	4	5	8	5	7	112	19
3	16	9	4	8	8	4	8	8	5	6	8	5	7	7	4	6	8	5	7	118	23
4	21	8	4	10	9	4	7	8	5	7	8	5	8	7	4	9	7	5	7	124	20
5	18	7	4	7	7	4	8	8	5	8	8	5	5	8	4	6	8	5	8	114	25
6	7	9	4	9	8	4	7	7	5	6	7	5	6	8	4	8	7	5	6	118	18
7	13	8	4	9	7	4	8	8	5	5	8	5	5	8	5	6	7	5	7	116	24
8	17	8	4	7	7	4	6	8	5	5	7	5	8	8	5	8	8	5	6	116	25
9	14	8	4	6	8	4	8	8	5	6	8	5	6	7	5	6	8	5	7	112	19
10	19	8	4	8	8	4	7	7	5	6	7	5	8	7	5	5	8	5	6	114	21
11	13	7	4	8	7	4	7	8	5	6	7	5	9	8	5	5	8	5	5	114	23
12	16	8	4	8	8	4	8	9	5	5	8	5	8	7	5	5	8	5	6	116	24
13	21	8	4	9	8	4	7	9	5	7	8	5	8	7	5	6	7	5	6	120	27
14	18	8	4	9	7	4	8	8	5	6	8	5	7	8	5	5	8	5	6	114	24
15	6	7	4	9	8	4	7	8	5	7	7	5	6	8	5	7	7	5	7	117	21
16	13	7	4	9	8	4	9	7	5	6	8	5	7	8	5	6	7	5	7	116	25
17	17	8	5	7	8	5	5	8	5	8	7	4	9	8	5	8	8	5	7	122	20
18	14	7	5	8	7	5	8	8	5	6	8	4	7	7	5	6	8	5	6	115	23
19	13	8	5	9	7	5	7	8	5	7	8	4	8	8	5	7	8	5	7	124	22
20	10	7	5	9	8	5	6	7	5	6	8	4	6	8	5	6	8	5	6	116	25
21	12	7	5	9	7	4	5	8	5	6	7	5	8	7	4	5	8	5	7	117	24
22	13	7	5	8	8	4	5	8	5	5	7	5	8	8	4	5	8	5	6	114	19
23	14	8	5	7	7	4	6	8	5	6	8	5	7	7	4	6	8	5	7	116	23
24	20	8	5	8	7	4	9	7	5	5	8	5	8	7	4	9	7	5	7	119	20
25	18	8	5	7	8	4	6	8	5	7	8	5	5	8	4	6	8	5	6	115	25

ตาราง 21 (ต่อ)

คนที่	คะแนนสอบก่อนเรียน	คะแนนพฤติกรรมการเรียนรู้และใบงาน																			คะแนนสอบหลังเรียน
		แผนที่ 1			แผนที่ 2			แผนที่ 3			แผนที่ 4			แผนที่ 5			แผนที่ 6			รวม	
		ใบงาน	พฤติกรรม	ทดสอบย่อย	ใบงาน	พฤติกรรม	ทดสอบย่อย	ใบงาน	พฤติกรรม	ทดสอบย่อย	ใบงาน	พฤติกรรม	ทดสอบย่อย	ใบงาน	พฤติกรรม	ทดสอบย่อย	ใบงาน	พฤติกรรม	ทดสอบย่อย		
	30	**10**	**5**	**10**	**10**	**5**	**10**	**10**	**5**	**10**	**10**	**5**	**10**	**10**	**5**	**10**	**10**	**5**	**10**	**150**	**30**
26	18	7	5	6	8	4	8	7	5	6	7	5	6	8	4	8	7	5	8	112	18
27	13	8	5	5	8	5	6	7	5	5	8	5	5	8	5	6	7	5	6	108	24
28	17	7	5	8	8	5	8	8	5	5	7	5	8	8	5	8	8	5	8	120	25
29	12	8	5	6	7	5	6	8	5	8	8	5	6	7	5	6	8	5	7	116	19
30	15	8	5	8	8	5	7	8	5	6	8	5	7	8	5	7	8	5	7	119	21
31	13	8	5	5	8	5	6	8	5	10	8	5	5	8	5	6	8	5	7	116	23
32	15	8	5	7	8	5	5	8	5	6	8	5	5	8	5	6	8	5	7	116	24
33	19	7	4	10	8	5	6	7	5	6	8	5	6	8	5	7	9	5	7	120	27
34	21	8	4	6	9	5	4	8	5	7	7	5	5	8	5	6	8	5	7	112	24
35	20	7	4	8	8	5	8	8	5	7	7	5	7	8	5	7	8	5	6	116	21
36	15	8	4	6	8	5	5	8	5	6	8	5	6	7	5	6	8	5	7	112	25
37	13	8	4	9	7	5	6	8	5	8	8	5	7	8	4	7	8	5	7	122	20
38	9	8	4	6	8	5	6	9	5	6	8	5	7	7	4	7	8	5	6	113	23
39	18	7	4	9	7	5	8	8	5	7	8	5	8	8	4	8	9	5	8	123	22
40	15	8	4	8	8	5	6	8	5	7	7	5	6	8	4	8	8	5	6	117	25
∑X	608	309	176	310	308	178	272	313	200	255	305	196	270	305	184	258	313	200	268	4,619	904
$\overline{X}$	15.20	7.73	4.40	7.75	7.70	4.45	6.80	7.83	5.00	6.38	6.38	4.90	6.75	7.65	4.60	6.48	7.83	5	6.70	115.48	22.60
S.D.	3.67	0.05	0.50	1.30	0.56	0.50	1.24	0.55	0	1.05	0.49	0.30	1.19	0.48	0.50	1.15	0.55	5	0.69	3.25	2.06
เฉลี่ยร้อยละ	50.67	77.25	88.00	77.50	77.00	89.00	68.00	78.25	100	63.75	76.25	98.00	67.50	76.50	92	64.75	78.25	100	67.00	**76.98**	**75.33**

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ	นางสาวปัทมนันท์ แสนตรี
วันเกิด	วันที่ 31 มกราคม พ.ศ. 2537
สถานที่เกิด	อำเภอเมืองมหาสารคาม จังหวัดมหาสารคาม
สถานที่อยู่ปัจจุบัน	บ้านเลขที่ 55 หมู่ที่ 11 ตำบลแก่งเลิงจาน อำเภอเมืองมหาสารคาม จังหวัดมหาสารคาม รหัสไปรษณีย์ 44000
ตำแหน่งหน้าที่การงาน	ครู
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	โรงเรียนสารคามพิทยาคม เลขที่ 462 ถนนนครสวรรค์ ตำบลตลาด อำเภอเมือง จังหวัดมหาสารคาม รหัสไปรษณีย์ 44000
ประวัติการศึกษา	พ.ศ. 2554 มัธยมศึกษาตอนปลาย โรงเรียนสารคามพิทยาคม จังหวัดมหาสารคาม
	พ.ศ. 2560 ปริญญาครุศาสตรบัณฑิต (ค.บ.) สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
	พ.ศ. 2566 ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต (กศ.ม.) สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน มหาวิทยาลัยมหาสารคาม