# ผลการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ผนวกกลวิธีการทำนาย–สังเกต-อธิบาย ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ ของนักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนผดุงปัญญา จังหวัดตาก

**นางสาวเนตรทราย ประเสริฐผล**

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต วิชาเอก
วิทยาศาสตร์ศึกษา
สาขาวิชาศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช
พ.ศ. 2566

# The Effects of Inquiry Learning Instruction Together with Predict-Observe-Explain Strategy on Learning Achievement and Scientific Explanation Ability of Grade 11 Students at Phadungpanya School in Tak Province

Miss. NEDSARY PRASERDPOL

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for
the Degree of Master of Education in Science Education
School of Educational Studies
Sukhothai Thammathirat Open University
2023

| | |
|---|---|
| **หัวข้อวิทยานิพนธ์** | ผลการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ผนวกกลวิธีการทำนาย–สังเกต-อธิบาย ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนผดุงปัญญา จังหวัดตาก |
| **ชื่อและนามสกุล** | นางสาวเนตรทราย ประเสริฐผล |
| **แขนงวิชา / วิชาเอก** | วิทยาศาสตร์ศึกษา |
| **สาขาวิชา** | ศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช |
| **อาจารย์ที่ปรึกษา** | 1. รองศาสตราจารย์ ดร.นวลจิตต์ เชาวกีรติพงศ์ |
| **อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม** | 2. รองศาสตราจารย์ ดร.ดวงเดือน สุวรรณจินดา |

วิทยานิพนธ์นี้ได้รับความเห็นชอบให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรระดับปริญญาโท เมื่อวันที่ 20 สิงหาคม พ.ศ. 2567

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.ไสว ฟักขาว)

..... กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.นวลจิตต์ เชาวกีรติพงศ์)

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

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

ชื่อวิทยานิพนธ์ ผลการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ผนวกกลวิธีการทำนาย–สังเกต-อธิบาย ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ ของนักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนผดุงปัญญา จังหวัดตาก
ผู้วิจัย นางสาวเนตรทราย ประเสริฐผล รหัสนักศึกษา 2632000622
ปริญญา: ศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต (วิทยาศาสตร์ศึกษา)
อาจารย์ที่ปรึกษา (1) รองศาสตราจารย์ ดร.นวลจิตต์ เชาวกีรติพงศ์ (2) รองศาสตราจารย์ ดร.ดวงเดือน สุวรรณจินดา ปีการศึกษา 2566

## บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หลังเรียนของนักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ผนวกกับกลวิธีการทำนาย –สังเกต – อธิบาย กับนักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบปกติ 2) เปรียบเทียบการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ผนวกกลวิธีการทำนาย – สังเกต - อธิบาย กับนักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบปกติ และ 3) เปรียบเทียบความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียน ที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ผนวกกลวิธีการทำนาย – สังเกต - อธิบาย ระหว่างก่อนเรียนกับหลังเรียน

กลุ่มตัวอย่างในการวิจัย ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนผดุงปัญญา ปีการศึกษา 2566 จำนวน 60 คน 2ห้องเรียน ได้มาโดยการสุ่มแบบกลุ่ม แบ่งเป็นกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ 1) แผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ผนวกกลวิธีการทำนาย – สังเกต - อธิบาย จำนวน 4 แผน 20 ชั่วโมง และแผนการจัดการเรียนรู้แบบปกติ 2) แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และ 3) แบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และการทดสอบค่าที

ผลการวิจัยพบว่า 1) นักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ผนวกกลวิธี การทำนาย – สังเกต -อธิบาย มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่านักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 2) นักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ผนวกกลวิธี การทำนาย – สังเกต - อธิบาย มีความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์สูงกว่านักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และ 3) นักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ผนวกกลวิธีการทำนาย – สังเกต - อธิบาย มีความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

**คำสำคัญ** การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ กลวิธีการทำนาย-สังเกต-อธิบาย ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน การสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์

Thesis title: The Effects of Inquiry Learning Instruction Together with Predict-Observe-Explain Strategy on Learning Achievement and Scientific Explanation Ability of Grade 11 Students at Phadungpanya School in Tak Province

Researcher: Miss. NEDSARY PRASERDPOL; ID: 2632000622;

Degree: Master of Education (Science Education);

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

## Abstract

The purposes of this research were to 1) compare learning achievement of the students who learned through inquiry learning instruction together with predict-observe-explain strategy and the students who learned through traditional instruction, 2) compare the scientific explanation ability of the students who learned through inquiry learning instruction together with predict-observe-explain strategy and the students who learned through traditional instruction, and 3) compare the scientific explanation ability of the students before and after learning through inquiry learning instruction together with predict-observe-explain strategy.

The research sample consisted of 60 grade 11 students from 2 classrooms of Phadungpanya School who studied in the academic year 2023, obtained by cluster random sampling. One classroom was randomly assigned as an experiment group and another classroom was assigned as a control group. The research instruments were 1) 4 lesson plans based on inquiry learning instruction together with predict-observe-explain strategy for 20 hours and lesson plans based on traditional instruction, 2) a learning achievement test, and 3) a scientific explanation ability test. The statistics used for data analysis were the mean, standard deviation and t-test.

The research findings showed that 1) learning achievement of students who learned through inquiry learning instruction together with predict-observe-explain strategy was higher than those of the students who learned through traditional instruction at the .05 level of statistical significance, 2) the scientific explanation ability of students who learned through inquiry learning instruction together with predict-observe-explain strategy was higher than those of the students who learned through traditional instruction at the .05 level of statistical significance, and 3) the scientific explanation ability of students who learned through inquiry learning instruction together with predict-observe-explain strategy was higher than their pre-learning counterpart ability at the .05 level of statistical significance.

**Keywords :** Inquiry Learning Instruction, Predict-Observe-Explain Strategy, Learning Achievement, Scientific Explanation Ability

# กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความกรุณา และอนุเคราะห์อย่างดียิ่ง จาก รองศาสตราจารย์ ดร.นวลจิตต์ เชาวกีรติพงศ์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก และรองศาสตราจารย์ ดร. ดวงเดือน สุวรรณจินดา อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม นับตั้งแต่เริ่มต้นจนสำเร็จสมบูรณ์ที่ให้ความช่วยเหลือ ให้คำปรึกษา ข้อความคิดและความเห็นทางวิชาการอันเป็นประโยชน์อย่างยิ่ง ตลอดจนตรวจสอบแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ ติดตามการทำวิทยานิพนธ์อย่างดีเสมอมา ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งในความกรุณาของท่านเป็นอย่างยิ่ง และขอขอบพระคุณรองศาสตราจารย์ ดร.ไสว ฟักขาวประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ที่กรุณาให้คำแนะนำและตรวจพิจารณาแก้ไขอันเป็นประโยชน์ต่อความถูกต้องและความสมบูรณ์ในวิทยานิพนธ์ยิ่งขึ้น ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

ขอขอบพระคุณ นางศศิธร เต็มศิริโชติ นายวสุรัตน์ รอดโรคา และนายพลวิชญ์ อังสวัสดิ์ที่ให้ความอนุเคราะห์เป็นผู้เชี่ยวชาญในการพิจารณาคุณภาพเครื่องมือวิจัยและให้คำแนะนำอื่นๆ ต่อการทำวิจัย ขอขอบคุณนักเรียนที่มีส่วนเกี่ยวข้องที่ให้ความร่วมมือ อำนวยความสะดวกในการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูลเป็นอย่างดี

คุณค่าและประโยชน์อันพึงมีจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้วิจัยมอบให้ผู้สนใจในการศึกษาและผู้มีส่วนสำคัญต่อความสำเร็จในการวิจัยครั้งนี้

นางสาวเนตรทราย ประเสริฐผล

มหาวิทยาลัย
สุโขทัยธรรมาธิราช

# สารบัญ


หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ

กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ

สารบัญตาราง ..... ฌ

สารบัญภาพ ..... ฎ

บทที่ 1 บทนำ ..... 1

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา ..... 1

วัตถุประสงค์การวิจัย ..... 5

กรอบแนวคิดการวิจัย ..... 5

สมมติฐานการวิจัย ..... 6

ขอบเขตการวิจัย ..... 7

นิยามศัพท์เฉพาะ ..... 7

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ ..... 10

บทที่ 2 วรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง ..... 11

หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551
(ปรับปรุง พุทธศักราช 2560) ..... 12

การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ ..... 19

กลวิธีการทำนาย – สังเกต - อธิบาย ..... 34

ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ..... 43

การสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ ..... 50

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ..... 55

บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย ..... 59

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง ..... 59

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ..... 59

การสร้างและหาคุณภาพเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ..... 60

การเก็บรวบรวมข้อมูล ..... 69

การวิเคราะห์ข้อมูล ..... 70

# สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล ..... 74
ตอนที่ 1 ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน วิชาเคมี เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ระหว่างนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ผนวกกลวิธี การทำนาย – สังเกต - อธิบาย กับนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ ..... 75
ตอนที่ 2 ผลการเปรียบเทียบคะแนนจากแบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ ระหว่างนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ผนวกกลวิธี การทำนาย – สังเกต - อธิบาย กับนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ ..... 77
ตอนที่ 3 เปรียบเทียบคะแนนจากแบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ผนวกกลวิธีการทำนาย – สังเกต - อธิบาย ระหว่างก่อนและหลังเรียน ..... 79
บทที่ 5 สรุปการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ ..... 81
สรุปการวิจัย ..... 81
อภิปรายผล ..... 84
ข้อเสนอแนะ ..... 89
บรรณานุกรม ..... 91
ภาคผนวก ..... 97
ก รายนามผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือวิจัย ..... 98
ข ตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ผนวกกลวิธีการทำนาย – สังเกต – อธิบายและแผนการจัดการเรียนรู้แบบปกติ ..... 100
ประวัติผู้วิจัย ..... 164

# สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 2.1 ผลการเรียนรู้และสาระการเรียนรู้ เคมี เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี มัธยมศึกษาปีที่ 5 ..... 14
ตารางที่ 2.2 บทบาทของครูและนักเรียนในขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ แบบสืบเสาะ 5 ขั้นตอน ..... 33
ตารางที่ 2.3 เกณฑ์การประเมินความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ ..... 54
ตารางที่ 3.1 กรอบโครงสร้างของกิจกรรมที่แสดงขั้นตอนของการสืบเสาะหาความรู้ ผนวกกลวิธี การทำนาย – สังเกต - อธิบาย ..... 61
ตารางที่ 3.2 หัวข้อเรื่องและจำนวนคาบที่ใช้ในการเขียนแผนการจัดการเรียนรู้ จัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ผนวกกลวิธี การทำนาย – สังเกต – อธิบาย ..... 62
ตารางที่ 3.3 ตารางวิเคราะห์เนื้อหาของข้อสอบที่แสดงจำนวนข้อสอบที่วัดในแต่ละด้าน ของระดับพฤติกรรม ..... 64
ตารางที่ 4.1 ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ระหว่างนักเรียนที่ได้รับ การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ผนวกกลวิธี การทำนาย-สังเกต-อธิบาย กับนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ ..... 75
ตารางที่ 4.2 ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หลังนักเรียนที่ได้รับการจัดการ เรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ผนวกกลวิธี การทำนาย – สังเกต - อธิบาย กับนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติแยกตามหัวข้อ ..... 76
ตารางที่ 4.3 ผลการเปรียบเทียบคะแนนความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ผนวกกลวิธี การทำนาย – สังเกต - อธิบาย กับนักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบปกติ ..... 77
ตารางที่ 4.4 ผลการเปรียบเทียบคะแนนความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ หลังเรียนของนักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ ผนวกกลวิธี การทำนาย – สังเกต - อธิบาย กับนักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการ เรียนรู้แบบปกติ แยกตามองค์ประกอบ ..... 78

# สารบัญตาราง (ต่อ)

หน้า

ตารางที่ 4.5 ผลการเปรียบเทียบคะแนนจากแบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ผนวกกลวิธีการทำนาย – สังเกต - อธิบาย ระหว่างก่อนและหลังเรียน ..... 79

ตารางที่ 4.6 ผลการเปรียบเทียบคะแนนความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ผนวกกลวิธี การทำนาย – สังเกต - อธิบาย ระหว่างก่อนเรียนกับหลังเรียนแยกตามองค์ประกอบ ..... 80

มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช

# สารบัญรูปภาพ

หน้า

ภาพที่ 1.1 กรอบแนวคิดในงานวิจัย ..... 6

# บทที่ 1
# บทนำ

## 1. ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเป็นศาสตร์ที่มีความสำคัญต่อการดำรงชีวิตในปัจจุบัน การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์จึงมุ่งเน้นให้นักเรียนได้ค้นพบความรู้ด้วยตนเองมากที่สุด โดยการจัดการศึกษาให้สอดคล้องกับสภาพความเปลี่ยนแปลงทางเศรษฐกิจสังคมและความก้าวหน้าของวิทยาการ เพื่อให้ได้ทั้งกระบวนการและความรู้ จากกระบวนการสังเกต สำรวจตรวจสอบ ทดลอง แล้วนำผลที่ได้มาจัดระบบเป็นหลักการ แนวคิด และองค์ความรู้ มุ่งหวังให้นักเรียนได้เรียนรู้วิทยาศาสตร์ ที่ได้เชื่อมโยงความรู้กับกระบวนการ มีทักษะสำคัญในการค้นคว้าและสร้างองค์ความรู้ โดยใช้กระบวนการในการสืบเสาะหาความรู้และการแก้ปัญหา ทำให้นักเรียนมีส่วนร่วมในการเรียนรู้ ทำกิจกรรมด้วยการลงมือปฏิบัติจริง (สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน, 2560) การพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ของนักเรียนจึงมีความสำคัญอย่างยิ่ง ที่ต้องมีการพัฒนาการสอนทำให้นักเรียนสามารถเข้าใจประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ สามารถใช้คำถามและหาคำตอบที่มาจากความสงสัยเกี่ยวกับประสบการณ์ในชีวิตประจำวัน ตัดสินใจ อธิบาย บรรยาย และทำนายปรากฏการณ์ตามธรรมชาติได้ ตระหนักถึงความสำคัญของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีในฐานะที่เป็นส่วนหนึ่งของพลเมืองโลก (OECD, 2009)

การเรียนรู้วิทยาศาสตร์จึงมุ่งเน้นให้นักเรียนเกิดความรู้ ทักษะและเจตคติด้านวิทยาศาสตร์ มีทั้งความรู้และประสบการณ์ การจัดการเรียนรู้ให้นักเรียนได้บรรลุเป้าหมายจึงเป็นเป้าหมายหลักที่ท้าทายของครู ในการพัฒนานักเรียน เนื่องจากปัจจุบันพบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนมีแนวโน้มต่ำลง แสดงให้เห็นจากผลการทดสอบที่สะท้อนถึงผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่ยังไม่สัมฤทธิ์ผล และมีประสิทธิภาพที่ไม่เป็นไปตามเป้าหมาย จากผลการประเมินทางการศึกษาระดับชาติ (O - NET) รายวิชาวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 เฉลี่ยปีการศึกษา 2561 - 2564 ระดับประเทศเฉลี่ยอยู่ที่ 29.47 ซึ่งต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐาน (สถาบันทดสอบการศึกษาแห่งชาติ, 2565)

การประเมินผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ในระดับนานาชาติ หนึ่งในตัวชี้วัดที่สะท้อนการมีสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ จากทาง PISA 2025 ก็คือ ความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ โดยเกณฑ์การพิจารณาความสามารถในการอธิบายปรากฏการณ์ในทางวิทยาศาสตร์ คือนักเรียนจะต้องสามารถนำความรู้ที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์ที่กำหนดให้มาใช้สร้างคำอธิบายของปรากฏการณ์ต่าง ๆ ได้

สามารถทำนายผลได้ สามารถวางแผนแก้ไขปัญหาที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ได้ สามารถใช้แบบจำลองวิทยาศาสตร์ในการอธิบายปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวันได้ รวมถึงสามารถรับรู้หรือสร้างสมมติฐานเชิงอธิบายเบื้องต้นในบริบทที่ยังไม่มีข้อมูลหรือความรู้ในเรื่องนั้น ๆ ได้ นอกจากนี้นักเรียนยังต้องสามารถอธิบายถึงศักยภาพของการนำความรู้ทางวิทยาศาสตร์ไปใช้เพื่อประโยชน์ของสังคมได้ด้วย จากผลการประเมินการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ระดับนานาชาติตามโครงการ PISA ล่าสุดปี 2018 คะแนนเฉลี่ยประเทศไทยอยู่ที่ 426 เป็นอันดับที่ 54 จาก 79 ประเทศที่ทำการสอบทั่วโลก โดยผลการประเมินความสามารถด้านวิทยาศาสตร์ พบว่านักเรียนไทยประมาณร้อยละ 56 มีความสามารถด้านวิทยาศาสตร์ตั้งแต่ระดับ 2 ขึ้นไป ซึ่งค่าเฉลี่ยของประเทศสมาชิก OECD มีนักเรียนร้อยละ 78 ที่มีความสามารถในระดับดังกล่าว โดยที่ระดับ 2 นี้ นักเรียนสามารถรู้คำอธิบายที่ถูกต้องของปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์ที่คุ้นเคยและไม่ซับซ้อนเกินไป สามารถใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์เพื่อบอกว่าการลงข้อสรุปถูกต้องสอดคล้องกับข้อมูลที่มีหรือไม่ (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2564) ดังนั้นจึงกล่าวได้ว่ามีนักเรียนไทยถึงร้อยละ 44 ที่มีการประเมินต่ำกว่าระดับ 2 หมายถึง มีสมรรถนะด้านความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ไม่ผ่านเกณฑ์ เมื่อวิเคราะห์แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของคะแนนตั้งแต่การประเมินรอบแรกจนถึงปัจจุบัน พบว่า ผลการประเมินด้านวิทยาศาสตร์ของไทยไม่เปลี่ยนแปลง แสดงให้เห็นว่านักเรียนไทยยังประสบกับปัญหาในเรื่องผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและสมรรถนะการรู้วิทยาศาสตร์ด้านความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์เป็นอย่างมาก

ความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์เป็นหนึ่งในองค์ประกอบสำคัญที่ช่วยส่งเสริมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ของนักเรียน ซึ่งในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์นักเรียนต้องแสดงการประยุกต์ความรู้ไปใช้ในสถานการณ์ เพื่อการอธิบายปรากฏการณ์อย่างเป็นวิทยาศาสตร์ และทำนายการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้น รวมถึงการระบุคำบรรยาย เมื่อนักเรียนสร้างคำอธิบายวิทยาศาสตร์ผ่านกิจกรรมการเรียนรู้ จะสามารถประเมินความน่าเชื่อถือของความรู้ทางวิทยาศาสตร์ และประเมินความสามารถสื่อสารองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์สู่สาธารณชนในสังคมวิทยาศาสตร์ ที่จะนำไปสู่การรอบรู้วิทยาศาสตร์ของนักเรียนซึ่งเป็นเป้าหมายหลักของการศึกษาวิทยาศาสตร์ในปัจจุบัน (OECD, 2012)

การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ใน วิชาเคมี มุ่งเน้นศึกษาสมบัติและการเปลี่ยนแปลงของสสาร ซึ่งการเปลี่ยนแปลงสมบัติของสาร ต้องอาศัยความเข้าใจและการวิเคราะห์ ในระดับมหภาค ระดับจุลภาค และระดับสัญลักษณ์ เชื่อมโยงกันในทุก ๆ เนื้อหา มีความซับซ้อนต้องใช้ความเข้าใจเนื้อหาวิชาอย่างลึกซึ้งในการเรียน ในชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จะเป็นเนื้อหาที่ต่อยอดมากจาก ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 นักเรียนต้องใช้ทั้งทักษะการคำนวณ การทดลอง การเชื่อมโยง และสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์เพื่อให้เกิดการเรียนรู้ในบทเรียน และพบว่านักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนต่ำ จากการเก็บข้อมูลพบว่า เรื่องที่นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนต่ำที่สุด ในวิชาเคมี ภาคเรียนที่ 1 คือ เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ที่ต้องใช้ทักษะการคำนวณและการทดลอง จึงทำให้นักเรียนที่ไม่สามารถเชื่อมโยงความรู้เดิมและสร้างคำอธิบาย

เชิงวิทยาศาสตร์ด้วยตนเองได้ เกิดการเรียนรู้ไม่มีความหมายและไม่คงทน เห็นได้จากปัญหาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนที่ต่ำกว่าเกณฑ์

ความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์เป็นการสร้างคำตอบจากคำถามหรือสถานการณ์ปัญหาโดยใช้ข้อมูลหลักฐานและหลักการทางวิทยาศาสตร์ผ่านกระบวนการสำรวจตรวจสอบ สอดคล้องกับทฤษฎีการสร้างความรู้ ที่เชื่อว่า การเรียนรู้ไม่ใช่การได้มาซึ่งความรู้ใหม่ แต่เกิดจากการเชื่อมโยงหรือพัฒนาความรู้เดิมที่มีอยู่แล้ว การเรียนรู้เป็นการเปลี่ยนแปลงมโนมติ ยอมรับและเชื่อมโยงความรู้ใหม่ (Cobb, 1992 อ้างถึงใน ศรินภา ภาคภูมิ, 2554) ดังนั้นเมื่อพบว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนไม่เป็นไปตามเป้าหมายก็ย่อมทำให้พบได้ว่านักเรียนมีความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ไม่เป็นไปตามเป้าหมายด้วย

การจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ เป็นการจัดการเรียนรู้ โดยครูกระตุ้นให้นักเรียนเกิดคำถาม ความคิดและลงมือเสาะแสวงหาความรู้ เพื่อนำมาวิเคราะห์หาคำตอบหรือข้อสรุปด้วยตนเอง โดยที่ครูช่วยชี้แนะในการเรียนรู้ในด้านต่าง ๆ ให้แก่นักเรียนในการสืบค้นหาแหล่งความรู้ การศึกษาข้อมูล การวิเคราะห์ การสรุปข้อมูล การอภิปรายโต้แย้งทางวิชาการ เป็นกระบวนการที่นักเรียนได้มีใช้ทักษะการทำงานร่วมกับผู้อื่น การคิดสืบสวนสอบสวน และกระบวนการแก้ปัญหา ทำให้นักเรียนเกิดความเข้าใจในธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ การสืบเสาะหาความรู้เปิดโอกาสทำให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติสืบค้น สำรวจ หาข้อมูลด้วยวิธีการต่าง ๆ จนเกิดเป็นความรู้ใหม่ด้วยตนเอง เป็นกระบวนการที่ทำให้นักเรียนเข้าใจการทำงานของนักวิทยาศาสตร์ ซึ่งเป็นกระบวนการในการหาคำตอบ สร้างแนวคิด คำอธิบายหรือทำนายการเกิดปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์ได้ (ทิศนา แขมมณี, 2551) ซึ่งคาดว่าจะมีผลให้นักเรียนเกิดความเข้าใจในบทเรียนมากขึ้น ส่งผลทำให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนสูงขึ้นได้

ปัจจุบัน พบว่า ครูวิทยาศาสตร์จำนวนมากมีปัญหาในการจัดการเรียนรู้ตามขั้นตอนการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ ทำให้นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนต่ำและไม่สามารถสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ได้ อันเนื่องจากปัญหาที่ ครูไม่เข้าใจความหมายและบทบาทครูและนักเรียนในแต่ละขั้นตอนของการสืบเสาะหาความรู้ ครูขาดการวิเคราะห์และจัดลำดับสาระสำคัญ ครูขาดความสามารถในการออกแบบกิจกรรมให้ผู้เรียนแสดงการตรวจสอบให้มาซึ่งหลักฐานในการเชื่อมโยงความรู้วิทยาศาสตร์ในการตอบคำถามที่สงสัยในขั้นสร้างความสนใจ และครูขาดทักษะในการใช้คำถามเพื่อช่วยกระตุ้นให้นักเรียนนำหลักฐานจากกิจกรรมมาสร้างเป็นคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ตอบคำถามที่นักเรียนสงสัยได้ จากสภาพปัญหาข้างต้นทำให้ครูไม่ประสบความสำเร็จในการจัดการเรียนรู้ตามกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (นวลจิตต์ เชาวกีรติพงศ์, 2562)

ซึ่งกลวิธี การทำนาย – สังเกต - อธิบาย จะช่วยทำให้ครูสามารถจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ได้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น เนื่องจากกลวิธีนี้ประกอบด้วย 3 ขั้นตอน คือ การทำนาย การสังเกต และการอธิบาย ในขั้นการทำนาย นักเรียนจะได้ทำนายปรากฏการณ์ต่าง ๆ ซึ่งจะช่วยให้นักเรียนได้กระตุ้นความสนใจอย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น การทำนายเร้าความสนใจให้นักเรียนเกิดคำถามจากประสบการณ์เดิม ในขั้นตอนการสังเกต นักเรียนจะได้ทดลอง ค้นคว้าหาคำตอบเกี่ยวกับสิ่งที่ทำนายไว้ จะทำให้การสำรวจค้นคว้ามีความชัดเจนยิ่งขึ้นมีการจดบันทึกข้อมูลหลักฐานที่สังเกตได้อย่างละเอียด และขั้นการอธิบาย นักเรียนจะได้ อธิบายผลจากการสังเกตเพื่อเปรียบเทียบกับสิ่งที่ทำนาย จะส่งเสริมการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ ที่เน้นการเชื่อมโยงหลักฐานกับความรู้วิทยาศาสตร์เพื่อตอบคำถามที่สงสัย (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2553)

เมื่อนำการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้มาผนวกกับกลวิธีการทำนาย – สังเกต - อธิบาย **โดยมีการออกแบบการจัดการเรียนรู้เป็นขั้นตอนดังนี้** ขั้นที่ 1 การสร้างความสนใจผนวกกับการทำนาย ขั้นที่ 2 การสำรวจและค้นหาผนวกกับการสังเกต ขั้นที่ 3 การอธิบายและลงข้อสรุปผนวกกับการอธิบาย ขั้นที่ 4 การขยายความรู้ และขั้นที่ 5 การประเมินผล **จะช่วยกำกับให้นักเรียนต้องแสดงพฤติกรรมของการสืบเสาะอย่างชัดเจนมากขึ้น เป็นการส่งเสริมกระบวนการสืบเสาะหาความรู้** โดยช่วยทำให้กระบวนการสืบเสาะหาความรู้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น สามารถพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และความสามารถในการสร้างคำอธิบายของนักเรียนได้

อีกทั้งการออกแบบกิจกรรมการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ผนวกกลวิธี การทำนาย – สังเกต - อธิบาย สามารถพัฒนาการสร้างอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนได้ กล่าวคือ ความสามารถของนักเรียนในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ วัดจาก 3 องค์ประกอบ ได้แก่ ด้านข้อกล่าวอ้าง ด้านข้อมูล และด้านการใช้เหตุผล โดยในขั้นการสร้างความสนใจผนวกกับการทำนาย จะสนับสนุนในการสร้างข้อกล่าวอ้าง เป็นการตอบข้อคำถามจากคำถามหรือปรากฏการณ์ที่ได้พบ ขั้นการสำรวจและค้นหาผนวกกับการสังเกต สนับสนุนใช้ในการสร้างและบันทึกข้อมูลเก็บที่เป็นหลักฐาน เพื่อสนับสนุนข้อกล่าวอ้างโดยใช้ข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ที่ได้จากการสำรวจตรวจสอบ และขั้นการอธิบายและลงข้อสรุปผนวกกับการอธิบาย สนับสนุนใช้ในให้เหตุผล การเชื่อมโยงระหว่างข้อกล่าวอ้างและข้อมูลหลักฐานโดยใช้หลักการทางวิทยาศาสตร์ โดยนักเรียนมีโอกาสที่จะสร้างคำอธิบายของตนเอง มีการแลกเปลี่ยนคำอธิบายที่นักเรียนในชั้นเรียน นักเรียนต้องระบุหลักฐานและการให้เหตุผลเพื่อประกอบคำอธิบาย รวมไปถึงการนำคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ที่นักเรียนสร้างไปเปรียบเทียบกับเหตุผลทางวิทยาศาสตร์ เพื่อวิเคราะห์ความถูกต้องและชัดเจน ซึ่งจะช่วยส่งเสริมความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนได้ โดยการใช้กลวิธี การทำนายสังเกต อธิบาย จะกระตุ้นให้นักเรียนฝึกที่จะหาคำตอบมาอธิบายความคิดของตนเอง ปรับโครงสร้างความรู้ใหม่ ส่งผลให้เกิดความรู้ที่คงทน และสร้างทักษะเรียนรู้ด้วยตนเอง เป็นทักษะสำคัญในการเรียนรู้ตลอดชีวิต กระตุ้นความเข้าใจในวิทยาศาสตร์

จากการศึกษางานวิจัยการใช้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ผนวกกลวิธี ทำนาย – สังเกต - อธิบาย ในวิชาวิทยาศาสตร์ พบว่า นักเรียนมีความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์สูงขึ้น (กฤตกร สภาสันติกุล และคณะ, 2559) และในวิชาฟิสิกส์ เรื่องไฟฟ้ากระแสตรง นักเรียนมีความเข้าใจแนวคิดวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน (ภูสิทธิ์ จันทนา และสุระ วุฒิพรหมม, 2558) ในวิชาเคมี เรื่องอะตอมและตารางธาตุ (ชุลีพร จันทร์ไตรรัตน์ และสิทธิพล อาจอินทร์, 2557) นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้น และยังพบว่า การจัดการเรียนรู้ด้วยกลวิธี การทำนาย-สังเกต-อธิบาย ในวิชาเคมี ช่วยพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะการทดลองกับนักเรียน (ณัฐนันท์ เฉลียวพงษ์ และศักดิ์ศรี สุภาษร, 2563) และช่วยพัฒนามโนมติทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนให้สูงขึ้น (ลำพูน สิงห์ขา, 2555)

จากข้อมูลข้างต้น ผู้วิจัยจึงมีความสนใจทำการวิจัยเพื่อศึกษาผลการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ผนวกกลวิธี การทำนาย – สังเกต - อธิบาย ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ในวิชาเคมี เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี และความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนผดุงปัญญา จังหวัดตาก

## 2. วัตถุประสงค์การวิจัย

2.1 เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หลังเรียนของนักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ผนวกกลวิธี การทำนาย – สังเกต - อธิบาย กับนักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบปกติ

2.2 เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ผนวกกลวิธี การทำนาย – สังเกต - อธิบาย กับนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ

2.3 เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ผนวกกลวิธี การทำนาย – สังเกต - อธิบาย ระหว่างก่อนเรียนกับหลังเรียน

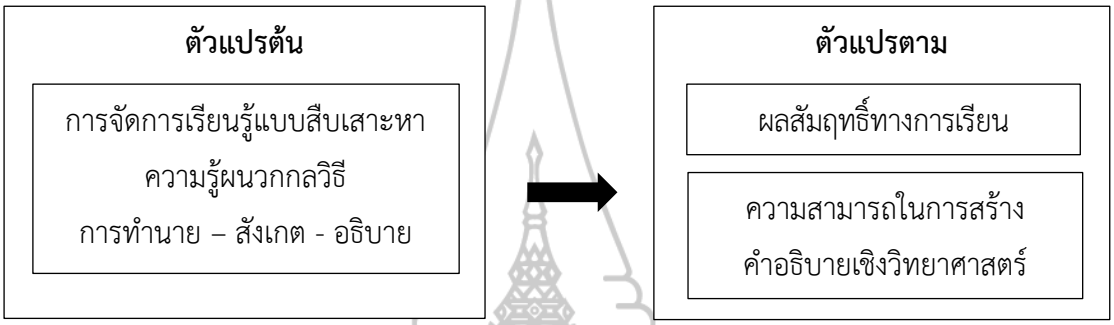
## 3. กรอบแนวคิดการวิจัย

ผลการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ผนวกกลวิธี การทำนาย – สังเกต - อธิบาย ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนผดุงปัญญา จังหวัดตาก ผู้วิจัยมีกรอบแนวคิด ที่ประกอบด้วย

**3.1 ตัวแปรต้น** ได้แก่ การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ผนวกกับกลวิธี การทำนาย – สังเกต - อธิบาย

**3.2 ตัวแปรตาม** ได้แก่ 1) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และ 2) ความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์

ซึ่งสามารถนำมาเขียนเป็นกรอบแนวคิดของการวิจัยได้ ดังนี้




ภาพที่ 1.1 กรอบแนวคิดในงานวิจัย

## 4. สมมติฐานการวิจัย

4.1 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หลังเรียนของนักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ผนวกกลวิธี การทำนาย – สังเกต - อธิบาย สูงกว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ

4.2 ความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ผนวกกลวิธี การทำนาย – สังเกต - อธิบาย สูงกว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ

4.3 ความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ผนวกกลวิธี การทำนาย – สังเกต - อธิบาย ก่อนเรียนสูงกว่าหลังเรียน

## 5. ขอบเขตการวิจัย

**5.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง**

***5.1.1 ประชากร*** ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์ - คณิตศาสตร์ โรงเรียนผดุงปัญญา จังหวัดตาก ปีการศึกษา 2566 จำนวน 93 คน จัดเป็น 3 ห้องเรียน โดยคละความสามารถ

***5.1.2 กลุ่มตัวอย่าง*** ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ดังกล่าวจำนวน 2 ห้องเรียน มีนักเรียน 60 คน ซึ่งได้มาจากการสุ่มแบบกลุ่ม (Cluster Random Sampling) และจับฉลากเป็นกลุ่มทดลอง และกลุ่มควบคุม

**5.2 ตัวแปรที่ใช้ในการศึกษา**

***5.2.1 ตัวแปรต้น*** ได้แก่ การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ผนวกกับกลวิธีการทำนาย – สังเกต - อธิบาย

***5.2.2 ตัวแปรตาม*** ได้แก่ 1) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน 2) ความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์

**5.3 ขอบเขตเนื้อหา**

วิชาเคมี เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ครอบคลุม 4 หัวข้อ ดังนี้ การคำนวณอัตราเกิดปฏิกิริยาเคมี, แนวคิดเกี่ยวกับการเกิดปฏิกิริยาเคมี, พลังงานงานกับปฏิกิริยาเคมี และปัจจัยที่มีผลต่อปฏิกิริยาเคมี

**5.4 ขอบเขตระยะเวลา**

ใช้ระยะเวลาทำการศึกษาใน ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2565

## 6. นิยามศัพท์เฉพาะ

**6.1 การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้** หมายถึง กระบวนการจัดการเรียนรู้ที่มุ่งเน้นให้นักเรียนลงมือปฏิบัติด้วยตนเอง เพื่อสร้างองค์ความรู้จากกระบวนการสังเกต ตั้งคำถาม วางแผนลงมือทำอย่างเป็นระบบ โดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์และให้ความสำคัญกับหลักฐานเชิงประจักษ์ และสามารถเผยแพร่ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ทำให้นักเรียนเข้าใจทางการทำงานของนักวิทยาศาสตร์โดยมีครูเป็นผู้กระตุ้นและอำนวยความสะดวก เพื่อให้นักเรียนสามารถสร้างองค์ความรู้และทักษะด้วยตนเอง มี 5 ขั้นตอน ดังนี้

**ขั้นที่ 1** การสร้างความสนใจ (Engagement) ขั้นนี้เป็นของการนำเข้าสู่บทเรียน หรือนำเข้าสู่เรื่องที่อยู่ในความสนใจที่เกิดจากข้อสงสัย โดยครูผู้สอนจะต้องกระตุ้นให้นักเรียนเกิดความสนใจใคร่รู้ เพื่อนำเข้าสู่บทเรียนหรือเนื้อหาใหม่ ๆ

**ขั้นที่ 2** การสำรวจและค้นหา (Exploration) นักเรียนดำเนินการศึกษาค้นคว้าหาคำตอบที่สงสัย โดยการรวบรวมข้อมูลด้วยวิธีการต่าง ๆ

**ขั้นที่ 3** การอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation) นักเรียนนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์และแปลผล เพื่อสรุปผลและนำเสนอผลที่ได้ในรูปต่าง ๆ เพื่ออธิบายสิ่งที่สงสัย

**ขั้นที่ 4** การขยายความรู้ (Elaboration) นำความรู้ที่ได้จากขั้นก่อนหน้านี้ มาเชื่อมโยงกับความรู้เดิมหรือใช้อธิบายถึงสถานการณ์หรือเหตุการณ์เกี่ยวข้อง นักเรียนร่วมกันอภิปรายและแสดงความคิดเห็นเพิ่มเติม ซึ่งจะทำให้นักเรียนสามารถเชื่อมโยงความรู้เข้ากับประสบการณ์หรือสถานการณ์

**ขั้นที่ 5** การประเมินผล (Evaluation) เป็นขั้นของการประเมินการเรียนรู้และทักษะของนักเรียนด้วยรูปแบบที่เหมาะสม โดยมีครูผู้สอนช่วยตรวจสอบและปรับปรุงความรู้ที่นักเรียนได้รับนั้นให้ถูกต้องเหมาะสมและสอดคล้องกับความรู้เดิมของนักเรียน

**6.2 กลวิธี การทำนาย – สังเกต – อธิบาย** หมายถึง กลวิธีการสอนที่การท้าทายให้นักเรียนเกิดการมีส่วนร่วมในกระบวนการเรียน นักเรียนได้คิด ตัดสินใจ แสดงความคิดเห็น ทำนายเหตุการณ์ที่จะเกิดขึ้นจากสถานการณ์ที่กำหนด โดยใช้เหตุผล และการสังเกต สร้างเป็นคำอธิบายอย่างเป็นขั้นตอนโดยใช้ทักษะการสื่อสารในการอธิบายสิ่งที่เกิดขึ้น เปิดโอกาสมีการแสดงความคิดของตนเอง โต้แย้ง และยอมรับความคิดเห็นของผู้อื่นอย่างเป็นเหตุเป็นผล เกิดเป็นความรู้ใหม่ด้วยตนเองจากการปฏิบัติกิจกรรมที่นักเรียนเป็นผู้ลงมือปฏิบัติเอง โดยมีขั้นตอนดังนี้

**ขั้นที่ 1 ทำนาย (Predict)** เป็นขั้นที่ให้นักเรียนทำนายเกี่ยวกับปรากฏการณ์ต่าง ๆ หรือผลการทดลองที่คาดว่าจะเกิดขึ้น โดยที่นักเรียนต้องให้เหตุผลเกี่ยวกับคำทำนายของนักเรียนด้วย

**ขั้นที่ 2 สังเกต (Observe)** เป็นขั้นที่นักเรียนต้องลงมือ หาข้อมูลหรือทำการทดลองเพื่อหาเก็บข้อมูลหลักฐาน โดยการทดลอง หรือพิสูจน์คำทำนาย นักเรียนเป็นผู้ออกแบบการทดลองหรือวางแนวทางการพิสูจน์ตามความต้องการของนักเรียน

**ขั้นที่ 3 อธิบาย (Explain)** เป็นขั้นที่นักเรียนต้องหาเหตุผลทฤษฎี มาเชื่อมโยงคำทำนายและที่สังเกตได้ อาจจะมีการแลกเปลี่ยนความรู้กับกลุ่มอื่นแล้วค้นคว้าหาข้อมูล จนสามารถอธิบายปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นได้และมีความน่าเชื่อถือมากที่สุด

**6.3 การจัดการเรียนรู้แบบแบบสืบเสาะหาความรู้ผนวกกับกลวิธี การทำนาย – สังเกต - อธิบาย**

มีขั้นตอน การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้มุ่มเน้นให้มีกิจกรรมการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน ในการสืบเสาะหาความรู้ โดยใช้การจัดการเรียนการสอนแบบ 5E ผนวกกับเทคนิคการ ทำนาย –

สังเกต - อธิบาย เพื่อเน้นการพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียน ดังนี้

**ขั้นที่ 1 การสร้างความสนใจ ผนวกกับการทำนาย** ครูนำเข้าสู่บทเรียนด้วยการกระตุ้นให้นักเรียนเกิดความสนใจใคร่รู้ จากการแสดงความคิดเห็นทำนายเหตุการณ์ที่จะเกิดขึ้นในอนาคตจากความรู้หรือความเข้าใจเดิมของนักเรียน

**ขั้นที่ 2 การสำรวจและค้นหา ผนวกกับการสังเกต** นักเรียนตรวจสอบคำทำนายของตนเองโดยการวางแผนการหาหลักฐานเพื่อมาตรวจสอบและยืนยันคำทำนายของตนเอง ด้วยกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ได้แก่ การสืบค้น การทดลอง เพื่อหาหลักฐานมาพิสูจน์คำทำนาย และสังเกตข้อมูลที่ได้ว่าตรงกับสิ่งที่นักเรียนได้ทำนายไว้หรือไม่ อย่างไร

**ขั้นที่ 3 การอธิบายและลงข้อสรุป ผนวกกับการอธิบาย** นักเรียนสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์โดยเชื่อมโยงข้อมูลที่นักเรียนได้รับจากหลักฐาน พร้อมกับอธิบายความเชื่อมโยงระหว่างคำทำนาย หลักฐาน และทฤษฎี ขั้นนี้นักเรียนสรุปผล สิ่งที่ทำนายมีความถูกต้องหรือไม่ และจะได้แลกเปลี่ยนคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์กับเพื่อนกลุ่มอื่น และได้เรียนรู้กับแลกเปลี่ยนและรับฟังหลักฐานและที่เกิดขึ้น จนได้เป็นคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ที่สมบูรณ์

**ขั้นที่ 4 การขยายความรู้** นักเรียนเชื่อมโยงความรู้ของตนกับคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ที่สร้างขึ้น ใช้อธิบายเหตุการณ์อื่นๆที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวัน เพื่อให้มีความรู้ที่กว้างขึ้น

**ขั้นที่ 5 การประเมินผล** ครูประเมินการเรียนรู้ด้วยกระบวนการต่าง ๆ ระหว่างและท้ายการทำกิจกรรม โดยนักเรียนประเมินตนเอง และประเมินโดยเพื่อนร่วมชั้น ควบคู่ด้วย

**6.4 การเรียนรู้แบบปกติ** หมายถึง การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้นตอน ไม่มีการผนวกกลวิธี การทำนาย – สังเกต - อธิบาย ได้แก่ ขั้นการสร้างความสนใจ ขั้นการสำรวจและค้นหา ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป ขั้นการขยายความรู้ ขั้นการประเมินผล

**6.5 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน** หมายถึง ผลลัพธ์หรือความสำเร็จของกระบวนการจัดการเรียนรู้ด้านพุทธิพิสัย สามารถวัดได้จากพฤติกรรมด้านความรู้ของนักเรียน จากการสอบหรือกิจกรรมในกระบวนการจัดการเรียนรู้วิชาเคมี เรื่องอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี วัดจากแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์วิชาเคมี เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เป็นแบบปรนัย 4 ตัวเลือก จำนวน 30 ข้อ วัดด้านความจำ ความเข้าใจ และการนำไปใช้ ครอบคลุมเนื้อหา ดังนี้ 1) ความหมายและการคำนวณอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี 2) แนวคิดการเกิดปฏิกิริยาเคมี 3) พลังงานของปฏิกิริยาเคมี 4) ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี

**6.6 ความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์** หมายถึง ความสามารถของนักเรียนในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ วัดจากแบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ ซึ่งเป็นข้อสอบแบบอัตนัย วัดความสามารถจาก 3 องค์ประกอบ ได้แก่ 1) ด้านข้อกล่าวอ้าง

2) ด้านหลักฐาน 3) ด้านการให้เหตุผล โดยแบบวัดมีทั้งหมด 3 สถาณการณ์ โดยแต่ละสถานการณ์ประกอบด้วย 4 คำถาม แบ่งเป็น ข้อกล่าวอ้าง หลักฐาน การให้เหตุผล และคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์

## 7. ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

7.1 นักเรียนมีทักษะในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์สูงขึ้น ส่งเสริมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ของนักเรียน นำไปสู่การรอบรู้วิทยาศาสตร์ของนักเรียนซึ่งเป็นเป้าหมายหลักของการศึกษาวิทยาศาสตร์ในปัจจุบัน

7.2 พัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ของนักเรียนให้สูงขึ้นในการประเมินระดับโรงเรียน

7.3 แนวทางให้แก่ครูผู้สอนในการพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ผนวกการกลวิธี การทำนาย-สังเกต-อธิบาย ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้สอนในหน่วยการเรียนรู้หรือรายวิชาอื่น ๆ ต่อไป

มหาวิทยาลัย
สุโขทัยธรรมาธิราช

# บทที่ 2
# วรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

การวิจัยเรื่อง เรื่อง ผลการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ผนวกกับ กลวิธี การทำนาย – สังเกต - อธิบาย ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนผดุงปัญญา จังหวัดตาก ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสาร ตำรา และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องดังนี้

1. หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ปรับปรุง พุทธศักราช 2560)
    1.1 สาระสำคัญของหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ปรับปรุง พุทธศักราช 2560)
    1.2 หลักสูตรสถานศึกษาโรงเรียนผดุงปัญญา จังหวัดตาก
2. การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้
    2.1 ความหมายของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้
    2.2 ความเป็นมาและความสำคัญของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้
    2.3 แนวคิด ทฤษฎีการเรียนรู้ที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้
    2.4 ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้
    2.5 บทบาทของครูและนักเรียนในการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้
3. กลวิธีการทำนาย – สังเกต - อธิบาย
    3.1 ความหมายของกลวิธี การทำนาย – สังเกต - อธิบาย
    3.2 แนวคิด ทฤษฎีการเรียนรู้ที่เกี่ยวข้องกับกลวิธี การทำนาย – สังเกต - อธิบาย
    3.3 ขั้นตอนของกลวิธี การทำนาย – สังเกต - อธิบาย
    3.4 การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ผนวกกลวิธีการทำนาย – สังเกต - อธิบาย
    3.5 ประโยชน์ของการใช้กลวิธี การทำนาย-สังเกต-อธิบาย ในการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์
4. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
    4.1 ความหมาย และขอบเขตของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
    4.2 ขอบเขตของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์
    4.3 แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
    4.4 การสร้างและการหาคุณภาพเครื่องมือวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

5. การสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์

5.1 ความหมายและความสำคัญของการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์

5.2 องค์ประกอบของคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์

5.3 ตัวบ่งชี้ความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ แต่ละองค์ประกอบ

5.4 การสร้าง และการหาคุณภาพเครื่องมือวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์

6. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

6.1 งานวิจัยในประเทศ

6.2 งานวิจัยต่างประเทศ

## 1. หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ปรับปรุง พุทธศักราช 2560)

### 1.1 สาระสำคัญของหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ปรับปรุงพุทธศักราช 2560)

กระทรวงศึกษาธิการ (2560) ได้กำหนดว่าเป้าหมายของวิทยาศาสตร์ คือ การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์มุ่งเน้นให้นักเรียนได้สร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองมากที่สุด เพื่อให้ได้ทั้งกระบวนการและความรู้ จากการสังเกต ตรวจสอบ การทดลอง แล้วนำมาจัดระบบเป็น หลักการ แนวคิด และองค์ความรู้ มีเป้าหมายที่สำคัญ ได้แก่ เพื่อให้นักเรียนเข้าใจหลักการ ทฤษฎีและกฎที่เป็นพื้นฐานในวิชาวิทยาศาสตร์ เข้าใจขอบเขตของธรรมชาติของวิชาวิทยาศาสตร์และข้อจำกัดในการศึกษาวิชา วิทยาศาสตร์ มีทักษะที่สำคัญในการศึกษาค้นคว้าและคิดค้นทางเทคโนโลยี และตระหนักถึงความสัมพันธ์ระหว่างวิชาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีมวลมนุษย์และสภาพแวดล้อมในเชิงที่มีอิทธิพลและผลกระทบซึ่งกันและกัน สามารถนำความรู้ความเข้าใจ ในวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีไปใช้ให้เกิดประโยชน์ต่อสังคมและการดำรงชีวิต สามารถพัฒนากระบวนการคิดและจินตนาการ ความสามารถในการแก้ปัญหา และการจัดการทักษะในการสื่อสาร และความสามารถในการตัดสินใจ เป็นผู้ที่มีจิตวิทยาศาสตร์ มีคุณธรรมกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์มุ่งหวังให้นักเรียนได้เรียนรู้วิทยาศาสตร์ ที่เน้นการเชื่อมโยงความรู้กับกระบวนการ มีทักษะสำคัญในการค้นคว้าและสร้างองค์ความรู้ โดยใช้กระบวนการในการสืบเสาะหาความรู้และแก้ปัญหาที่หลากหลาย ให้นักเรียนมีส่วนร่วมในการเรียนรู้ทุกขั้นตอน มีการทำกิจกรรมด้วยการลงมือปฏิบัติจริงอย่างหลากหลายเหมาะสมกับระดับชั้น

การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์มุ่งหวังให้นักเรียน ได้เชื่อมโยงกระบวนการและความรู้ มีทักษะในการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง โดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในการสืบเสาะหาความรู้

และแก้ปัญหาที่หลากหลาย จากการปฏิบัติจริง และกิจกรรมที่หลากหลายและสอดคล้องกับสาะสำคัญและระดับชั้นของนักเรียน โดยกำหนด สาระสำคัญในการเรียนวิทยาศาสตร์ ดังนี้

***1.1.1 สาระการเรียนรู้แกนกลาง***

1) สาระที่ 1 วิทยาศาสตร์ชีวภาพ เรียนรู้เกี่ยวกับ สิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม

2) สาระที่ 2 วิทยาศาสตร์กายภาพ เรียนรู้เกี่ยวกับ ธรรมชาติสาร การเคลื่อนที่ พลังงาน

3) สาระที่ 3 วิทยาศาสตร์โลกและอวกาศ เรียนรู้เกี่ยวกับ เอกภพระบบสุริยะ เทคโนโลยีอวกาศ โลก

4) สาระที่ 4 วิทยาการคำนวณ เรียนรู้เกี่ยวกับ การคิดเชิงคำนวณ การประยุกต์ใช้ความรู้ด้านคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศมาแก้ปัญหาในชีวิตประจำวันอย่างเป็นระบบและขั้นตอน

***1.1.2 สาระวิทยาศาสตร์เพิ่มเติม***

1) สาระชีววิทยา เรียนรู้เกี่ยวกับ การศึกษาองค์ประกอบ เซลล์ พันธุกรรม ของสิ่งมีชีวิตวิวัฒนาการ ความหลากหลายทางชีวภาพ โครงสร้างและการทำงานของพืชดอก การทำงานของระบบ อวัยวะต่าง ๆ ของสัตว์และมนุษย์ สิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม

2) สาระเคมี เรียนรู้เกี่ยวกับปริมาณ องค์ประกอบ สมบัติ และการเปลี่ยนแปลงของสาร ทักษะทางเคมีและการแก้ปัญหาทางเคมี

3) สาระฟิสิกส์ เรียนรู้เกี่ยวกับ ธรรมชาติ การค้นพบทางฟิสิกส์ แรง พลังงาน การเคลื่อนที่

4) สาระโลก ดาราศาสตร์และอวกาศ เรียนรู้เกี่ยวกับ โลก ข้อมูลและกระบวนการเปลี่ยนแปลง ทางธรณีวิทยา การใช้ประโยชน์ การถ่ายโอนพลังงานความร้อนของโลก การเปลี่ยนแปลงลักษณะลม ฟ้าอากาศ เอกภพ และดาราศาสตร์

***1.1.3 ผลการเรียนรู้และสาระการเรียนรู้ เคมี เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี มัธยมศึกษาปีที่ 5*** ดังตาราง

ตารางที่ 2.1 ผลการเรียนรู้และสาระการเรียนรู้ เคมี เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี มัธยมศึกษาปีที่ 5

| ชั้น | ผลการเรียนรู้ | สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม |
|---|---|---|
| **ม.5** | 1) ทดลอง และเขียนกราฟการเพิ่มขึ้นหรือลดลง ของสารที่ทำการวัดในปฏิกิริยา<br>2) คำนวณอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีและเขียนกราฟ การลดลงหรือเพิ่มขึ้นของสารที่ไม่ได้วัดในปฏิกิริยา | • ปฏิกิริยาเคมีแต่ละปฏิกิริยามีอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีต่างกัน โดยอาจวัดจากการลดลงของสารตั้งต้นหรือการเพิ่มขึ้นของผลิตภัณฑ์ต่อหนึ่งหน่วยเวลา และหารด้วยเลขสัมประสิทธิ์ ของสารนั้น ๆ ในสมการเคมีเพื่อให้ได้อัตราการเกิด ปฏิกิริยาเคมีที่เท่ากันไม่ว่าจะเป็นการวัดจาก สารตั้งต้นหรือผลิตภัณฑ์ |
| | 3) เขียนแผนภาพ และอธิบายทิศทางการชนกัน ของอนุภาคและพลังงานที่ส่งผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี | • ปฏิกิริยาเคมีจะเกิดขึ้นได้ก็ต่อเมื่ออนุภาคของ สารตั้งต้นชนกันในทิศทางที่เหมาะสม และมี พลังงานอย่างน้อยเท่ากับพลังงานก่อกัมมันต์ ดังนั้นอัตราการเกิดปฏิกิริยาจึงขึ้นกับทิศทางการชน และพลังงานที่เกิดจากการชน |
| | 4) ทดลอง และอธิบายผลของความเข้มข้น พื้นที่ผิว ของสารตั้งต้น อุณหภูมิและตัวเร่งปฏิกิริยาที่มี ต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี<br>5) เปรียบเทียบอัตราการเกิดปฏิกิริยาเมื่อมีการ เปลี่ยนแปลงความเข้มข้น พื้นที่ผิวของสารตั้งต้น อุณหภูมิและตัวเร่งปฏิกิริยา | • อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีของสารหนึ่ง ๆ ขึ้นอยู่ กับความเข้มข้น พื้นที่ผิว อุณหภูมิ ตัวเร่งและ ตัวหน่วงปฏิกิริยา นอกจากนี้อัตราการเกิด ปฏิกิริยาเคมียังขึ้นอยู่กับชนิดของสารที่ทำ ปฏิกิริยาด้วย |
| | 6) ยกตัวอย่าง และอธิบายปัจจัยที่มีผลต่ออัตรา การเกิดปฏิกิริยาเคมีในชีวิตประจำวันหรืออุตสาหกรรม | • ความรู้เกี่ยวกับปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิด ปฏิกิริยาเคมีสามารถนำมาใช้อธิบายกระบวนการ ที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวันหรืออุตสาหกรรม |

**1.2 หลักสูตรสถานศึกษาโรงเรียนผดุงปัญญา จังหวัดตาก**

โรงเรียนผดุงปัญญา (2565) มีวิสัยทัศน์มุ่งมั่นจัดการศึกษาอย่างมีคุณภาพตามแนวทางมาตรฐานสากลบนพื้นฐานของความเป็นไทย ภายใต้การน้อมนำหลักปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียง มีพันธกิจส่งเสริมให้นักเรียนมีความรู้ความสามารถมีทักษะทางวิชาการสามารถใช้เทคโนโลยีเพื่อพัฒนาความรู้ความสามารถอย่างหลากหลายและต่อเนื่อง ส่งเสริมให้นักเรียนเป็นคนดีมีคุณธรรม จริยธรรม มีจิตอาสา สุขภาพกายและสุขภาพจิตดี ดำรงชีวิตแบบวิถีไทย ตามหลักปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียง ปรับตัวให้ทันต่อการเปลี่ยนแปลง มีทักษะชีวิตและอยู่ในสังคมโลกอย่างมีความสุข ส่งเสริมและพัฒนาครูบุคลากรทางการศึกษา ให้มีสมรรถนะในการปฏิบัติงานตามมาตรฐานวิชาชีพ พัฒนาสภาพแวดล้อมและแหล่งเรียนรู้ให้มีบรรยากาศเอื้อต่อการเรียนรู้ของนักเรียนและมีความปลอดภัย พัฒนาระบบบริหารจัดการให้มีความเข้มแข็ง ชุมชนมีส่วนร่วมในการพัฒนาและสร้างภาคีเครือข่ายกับองค์กรที่เกี่ยวข้อง ส่งเสริมและพัฒนาการใช้สื่อเทคโนโลยีและทรัพยากรทางการศึกษา

โดยมีเป้าประสงค์ให้นักเรียนมีความรู้ความสามารถและทักษะทางวิชาการสู่ความเป็นเลิศและใช้เทคโนโลยีในการพัฒนาความรู้ความสามารถอย่างหลากหลายและต่อเนื่อง นักเรียนมีคุณธรรม จริยธรรม ดำรงชีวิตแบบวิถีไทยตามหลักปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียงปรับตัวให้ทันต่อการเปลี่ยนแปลง มีทักษะชีวิตและอยู่ในสังคมโลกอย่างมีความสุข ครู บุคลากรทางการศึกษา มีสมรรถนะในการปฏิบัติงานอย่างมีประสิทธิภาพตามมาตรฐานวิชาชีพ โรงเรียนมีสภาพแวดล้อมและแหล่งเรียนรู้ ที่มีบรรยากาศเอื้อต่อการเรียนรู้ของนักเรียน เสริมสร้างความตระหนักในการอนุรักษ์ธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม สนองพระราชดำริการอนุรักษ์พันธุกรรมพืชโครงการสวนพฤกษศาสตร์โรงเรียน โรงเรียนมีระบบบริหารจัดการที่มีความเข้มแข็ง ชุมชนมีส่วนร่วมในการพัฒนาและสร้างภาคีเครือข่ายกับองค์กรทุกระดับ มีทรัพยากรทางการศึกษามีประสิทธิภาพ

หลักการของหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน มีหลักการที่สำคัญ คือ เป็นหลักสูตรการศึกษาเพื่อความเป็นเอกภาพของชาติมีจุดหมายและมาตรฐานการเรียนรู้เป็นเป้าหมายสำหรับพัฒนาเด็กและเยาวชนให้มีความรู้ ทักษะ เจตคติ และคุณธรรมบนพื้นฐานของความเป็นไทยควบคู่กับความเป็นสากล เป็นหลักสูตรการศึกษาเพื่อปวงชน ที่ประชาชนทุกคนมีโอกาสได้รับการศึกษาอย่างเสมอภาค และมีคุณภาพ ที่สนองการกระจายอำนาจให้สังคมมีส่วนร่วมในการจัดการศึกษา ให้สอดคล้องกับสภาพและความต้องการของท้องถิ่น มีโครงสร้างยืดหยุ่นทั้งด้านสาระการเรียนรู้ เวลาและการจัดการเรียนรู้ เน้นนักเรียนเป็นสำคัญ และเป็นหลักสูตรการศึกษาสำหรับการศึกษาในระบบ นอกระบบ และตามอัธยาศัย ครอบคลุมทุกกลุ่มเป้าหมาย สามารถเทียบโอนผลการเรียนรู้ และประสบการณ์

จุดมุ่งหมายของหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน มุ่งพัฒนานักเรียนให้เป็นคนดี มีปัญญา มีความสุข มีศักยภาพในการศึกษาต่อและประกอบอาชีพ จึงกำหนดเป็นจุดหมายเพื่อให้เกิดกับนักเรียน เมื่อจบการศึกษาขั้นพื้นฐาน นักเรียนมีคุณธรรม จริยธรรม และค่านิยมที่พึงประสงค์ เห็นคุณค่า

ของตนเอง มีวินัยและปฏิบัติตนตามหลักธรรมของพระพุทธศาสนา หรือศาสนาที่ตนนับถือ ยึดหลักปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียง มีความรู้ ความสามารถในการสื่อสาร การคิด การแก้ปัญหา การใช้เทคโนโลยี และมีทักษะชีวิต มีสุขภาพกายและสุขภาพจิตที่ดี มีสุขนิสัย และรักการออกกำลังกาย มีความรักชาติ มีจิตสำนึกในความเป็นพลเมืองไทยและพลโลก ยึดมั่นในวิถีชีวิตและ การปกครอง ตามระบอบประชาธิปไตย อันมีพระมหากษัตริย์ทรงเป็นประมุข มีจิตสำนึกในการอนุรักษ์วัฒนธรรมและภูมิปัญญาไทย การอนุรักษ์และพัฒนาสิ่งแวดล้อม มีจิตสาธารณะที่มุ่งทำประโยชน์และสร้างสิ่งที่ดีงามในสังคม และอยู่ร่วมกันในสังคมอย่างมีความสุข

***1.2.1 หลักสูตรสถานศึกษาโรงเรียนผดุงปัญญา มุ่งให้นักเรียนเกิดสมรรถนะสำคัญ 5 ประการ*** ดังนี้

*1) ความสามารถในการสื่อสาร* เป็นความสามารถในการรับและส่งสาร มีวัฒนธรรมในการใช้ภาษาถ่ายทอดความคิด ความรู้ความเข้าใจ ความรู้สึก และทัศนะของตนเองเพื่อแลกเปลี่ยนข้อมูลข่าวสารและประสบการณ์อันจะเป็นประโยชน์ต่อการพัฒนาตนเองและสังคมรวมทั้งการเจรจาต่อรองเพื่อขจัดและลดปัญหาความขัดแย้งต่าง ๆ การเลือกรับหรือไม่รับข้อมูลข่าวสาร ด้วยหลักเหตุผลและความถูกต้อง ตลอดจนการเลือกใช้วิธีการสื่อสาร ที่มีประสิทธิภาพโดยคำนึงถึงผลกระทบที่มีต่อตนเองและสังคม

*2) ความสามารถในการคิด* เป็นความสามารถในการคิดวิเคราะห์ การคิดสังเคราะห์ การคิดอย่างสร้างสรรค์ การคิดอย่างมีวิจารณญาณและการคิดเป็นระบบ เพื่อนำไปสู่การสร้างองค์ความรู้หรือสารสนเทศเพื่อการตัดสินใจเกี่ยวกับตนเองและสังคมได้อย่างเหมาะสม

*3) ความสามารถในการแก้ปัญหา* เป็นความสามารถในการแก้ปัญหาและอุปสรรคต่าง ๆ ที่เผชิญได้อย่างถูกต้องเหมาะสมบนพื้นฐานของหลักเหตุผล คุณธรรมและข้อมูลสารสนเทศ เข้าใจความสัมพันธ์และการเปลี่ยนแปลงของเหตุการณ์ต่าง ๆ ในสังคม แสวงหาความรู้ ประยุกต์ความรู้มาใช้ในการป้องกันและแก้ไขปัญหาและมีการตัดสินใจที่มีประสิทธิภาพโดยคำนึงถึงผลกระทบที่เกิดขึ้นต่อตนเอง สังคมและสิ่งแวดล้อม

*4) ความสามารถในการใช้ทักษะชีวิต* เป็นความสามารถในการนำกระบวนการต่างๆ ไปใช้ในการดำเนินชีวิตประจำวัน การเรียนรู้ด้วยตนเอง การเรียนรู้อย่างต่อเนื่อง การทำงาน และการอยู่ร่วมกันในสังคมด้วยการสร้างเสริมความสัมพันธ์อันดีระหว่างบุคคล การจัดการปัญหาและความขัดแย้งต่างๆ อย่างเหมาะสม การปรับตัวให้ทันกับการเปลี่ยนแปลงของสังคมและสภาพแวดล้อม และการรู้จักหลีกเลี่ยงพฤติกรรมไม่พึงประสงค์ที่ส่งผลกระทบต่อตนเองและผู้อื่น

*5) ความสามารถในการใช้เทคโนโลยี* เป็นความสามารถในการเลือก และใช้เทคโนโลยีและมีทักษะกระบวนการทางเทคโนโลยี เพื่อการพัฒนาตนเองและสังคม ในด้านการเรียนรู้ การสื่อสาร การทำงาน การแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ ถูกต้อง เหมาะสม และมีคุณธรรม

### *1.2.2 คำอธิบายรายวิชาหลักสูตรกลุ่มสาระวิทยาศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5*

คำอธิบายรายวิชาเพิ่มเติม รายวิชา เคมี 3 รหัสวิชา ว30223 กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ภาคเรียนที่1 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เวลา 60 ชั่วโมงจำนวน 1.5 หน่วยกิต ได้ให้คำอธิบายไว้ว่า

ศึกษาความสัมพันธ์และคำนวณปริมาตร ความดัน อุณหภูมิ จำนวนโมล หรือมวลของแก๊ส โดยใช้กฎของบอยล์ กฎของชาร์ล กฎของเกย์ - ลูสแซก กฎรวมแก๊ส กฎของอาโวกาโดร และกฎแก๊สอุดมคติ คำนวณความดันย่อยหรือจำนวนโมลของแก๊สในแก๊สผสมโดยใช้กฎความดันย่อยของดอลตัน ศึกษาทฤษฎีจลน์ของแก๊ส การแพร่และคำนวณอัตราการแพร่ของแก๊ส โดยใช้กฎการแพร่ผ่านของเกรแฮม ศึกษาปรากฏการณ์หรือการแก้ปัญหา ในชีวิตประจำวันและในอุตสาหกรรมโดยใช้สมบัติและกฎต่าง ๆ ของแก๊ส

ศึกษาการเปลี่ยนแปลงของสารในปฏิกิริยาเคมี คำนวณอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ศึกษาทิศทางการชนกันของอนุภาคและพลังงานที่ส่งผล ต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ผลของความเข้มข้น พื้นที่ผิวของสารต้นต้น อุณหภูมิ และตัวเร่งปฏิกิริยาที่มีต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี และการ นำไปใช้ในชีวิตประจำวันหรืออุตสาหกรรม

ศึกษาความหมายของปฏิกิริยาผันกลับได้และสภาวะสมดุล คำนวณค่าคงที่สมดุลและความเข้มข้นของสารที่สมดุลของปฏิกิริยาที่มี ขั้นตอนเดียวและหลายขั้นตอน ศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อสมดุลและค่าคงที่สมดุลตามหลักของเลอชาเตอลิเอ สมดุลเคมีของกระบวนการที่เกิดขึ้น ในสิ่งมีชีวิต ปรากฏการณ์ในธรรมชาติและกระบวนการในอุตสาหกรรม

โดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ การสืบเสาะหาความรู้ การสืบค้นข้อมูล การสังเกต วิเคราะห์ เปรียบเทียบ อธิบาย อภิปราย และสรุป เพื่อให้เกิดความรู้ ความเข้าใจ มีความสามารถในการตัดสินใจ มีทักษะปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ รวมทั้งทักษะแห่งศตวรรษที่ 21 ในด้านการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ ด้านการคิดและการแก้ปัญหา ด้านการสื่อสารสามารถสื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ในชีวิตของตนเอง มีจิตวิทยาศาสตร์ จริยธรรม คุณธรรม และค่านิยมที่เหมาะสม

**ผลการเรียนรู้ ได้แก่**

1. อธิบายความสัมพันธ์และคำนวณปริมาตร ความดัน หรืออุณหภูมิของแก๊สที่ภาวะต่าง ๆ ตามกฎของบอยล์ กฎของชาร์ล กฎของเกย์ - ลูสแซก

2. คำนวณปริมาตร ความดัน หรืออุณหภูมิของแก๊สที่ภาวะต่าง ๆ ตามกฎรวมแก๊ส

3. คำนวณปริมาตร ความดัน อุณหภูมิ จำนวนโมล หรือมวลของแก๊ส จากความสัมพันธ์ตามกฎของอาโวกาโดรและกฎแก๊สอุดมคติ

4. คำนวณความดันย่อยหรือจำนวนโมลของแก๊สในแก๊สผสม โดยใช้กฎความดันย่อยของดอลตัน

5. อธิบายการแพร่ของแก๊สโดยใช้ทฤษฎีจลน์ของแก๊ส คำนวณและเปรียบเทียบอัตราการแพร่ของแก๊ส โดยใช้กฎการแพร่ผ่านของเกรแอม

6. สืบค้นข้อมูล นำเสนอตัวอย่าง และอธิบายการประยุกต์ใช้ความรู้เกี่ยวกับสมบัติและกฎต่าง ๆ ของแก๊สในการอธิบายปรากฏการณ์ หรือ แก้ปัญหาในชีวิตประจำวันและในอุตสาหกรรม

7. ทดลองและเขียนกราฟการเพิ่มขึ้นหรือลดลงของสารที่ทำการวัดในปฏิกิริยา

8. คำนวณอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี และเขียนกราฟการลดลงหรือเพิ่มขึ้นของสารที่ไม่ได้วัดไนปฏิกิริยา

9. เขียนแผนภาพและอธิบายทิศทางการขนกันของอนุภาคและพลังงานที่ส่งผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี

10. ทดลองและอธิบายผลของความเข้มข้น พื้นที่ผิวของสารตั้งต้น อุณหภูมิและตัวเร่งปฏิกิริยาที่มีต่ออัตราการเคมี

11. เปรียบเทียบอัตราการเกิดปฏิกิริยาเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้น พื้นที่ผิวของสารตั้งต้น อุณหภูมิและตัวเร่งปฏิกิริยา

12. ยกตัวอย่างและอธิบายปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีในชีวิตประจำวันหรืออุตสาหกรรม

13. ทดสอบและอธิบายความหมายของปฏิกิริยาผันกลับได้และภาวะสมดุล

14. อธิบายการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของสาร อัตราการเกิดปฏิกิริยาไปข้างหน้าและอัตราการเกิดปฏิกิริยาย้อนกลับ เมื่อเริ่มปฏิกิริยา จนกระทั่งระบบอยู่ในภาวะสมดุล

15. คำนวณค่าคงที่สมดุลของปฏิกิริยา

16. คำนวณความเข้มข้นของสารที่ภาวะสมดุล

17. คำนวณค่าคงที่สมดุลหรือความเข้มข้นของปฏิกิริยาหลายขั้นตอน

18. ระบุปัจจัยที่มีผลต่อภาวะสมดุลและค่าคงที่สมดุลของระบบ รวมทั้งคาดคะเนการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นเมื่อภาวะสมดุลของระบบ ถูกรบกวนโดยใช้หลักของเลอซาเตอลิเอ

19. ยกตัวอย่างและอธิบายสมดุลเคมีของกระบวนการที่เกิดขึ้นในสิ่งมีชีวิตปรากฏการณ์ในธรรมชาติและกระบวนการในอุตสาหกรรม

จากการศึกษา สาระสำคัญของหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ปรับปรุง พุทธศักราช 2560) และหลักสูตรสถานศึกษาโรงเรียนผดุงปัญญา จังหวัดตาก สรุปได้ว่า เป้าหมายของการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์มุ่งเน้นจัดการเรียนรู้ให้นักเรียนได้สร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองมากที่สุด ได้เรียนรู้ทั้งกระบวนการและความรู้ จากการสังเกต ตรวจสอบ การทดลอง แล้วนำมาจัดระบบเป็น หลักการ แนวคิด และองค์ความรู้ ซึ่งสอดคล้องกับผลการเรียนรู้ของวิชาเคมี เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ที่มีทั้งองค์ความรู้ การคำนวณ การการทดลอง และการ

ประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวัน อีกทั้งหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานและหลักสูตรสถานศึกษาของโรงเรียนผดุงปัญญาให้ความสำคัญกับสมรรถนะการคิด สมรรถนะการสื่อสารของนักเรียน และสรรถนะการแก้ปัญหาของนักเรียนสอดคล้องกับหัวข้อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนในงานวิจัย

## 2. การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้

### 2.1 ความหมายของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้

National Research Council (1996) กล่าวถึง การสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ คือ การใช้วิธีการที่หลากหลายในการศึกษาและสร้างคำอธิบายต่าง ๆ จากการสำรวจตรวจสอบอ้างอิงจากหลักฐานเชิงประจักษ์ที่ได้ หรืออีกนัยหนึ่งการสืบเสาะหาความรู้คือการที่นักเรียนได้ลงมือทำกิจกรรมต่าง ๆด้วยตนเอง ส่งผลให้นักเรียนมีความรู้ความเข้าใจ แนวคิดทางวิทยาศาสตร์รวมถึงแนวทางการทำงานของนักวิทยาศาสตร์ในการศึกษาวิทยาศาสตร์

สถาบันส่งเสริมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2546) ให้ความหมายของ การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ ว่าเป็นกระบวนการเรียนรู้ที่ให้นักเรียนค้นหาความรู้ใหม่ด้วยตนเองผ่านกระบวนการคิดและใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์เป็นเครื่องมือ

ทิศนา แขมมณี (2551) ได้กล่าวว่า การจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ หมายถึง การดำเนินการจัดการเรียนรู้ โดยครูกระตุ้นให้นักเรียนเกิดคำถาม ความคิดและลงมือเสาะแสวงหาความรู้ เพื่อนำมาวิเคราะห์หาคำตอบหรือข้อสรุปด้วยตนเอง โดยที่ครูช่วยชี้แนะในการเรียนรู้ในด้านต่าง ๆ ให้แก่นักเรียนในการสืบค้นหาแหล่งความรู้ การศึกษาข้อมูล การวิเคราะห์ การสรุปข้อมูล การอภิปรายโต้แย้งทางวิชาการ เป็นกระบวนการที่นักเรียนได้มีใช้ทักษะการทำงานร่วมกับผู้อื่น การคิดสืบสวนสอบสวนและกระบวนการแก้ปัญหา

นวลจิตต์ เชาวกีรติพงศ์ และประจวบจิตร คำจัตุรัส (2555) ได้กล่าวถึง การจัดการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ ไว้ว่า เป็นวิธีการที่ครูใช้ เพื่อให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ด้วยตนเอง โดยการกระตุ้นให้นักเรียนคิด และแก้ปัญหาอย่างมีระบบ

สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน (2560) กล่าวว่า การสืบเสาะ (inquiry) แบบรูปแบบการจัดการเรียนรู้โดยการเลียนแบบวิธีการสืบเสาะหาความรู้ของนักวิทยาศาสตร์ เกี่ยวกับสิ่งต่าง ๆ ในธรรมชาติ

กล่าวโดยสรุปได้ว่า การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ หมายถึง กระบวนการจัดการเรียนรู้ที่มุ่งเน้นให้นักเรียนลงมือปฏิบัติด้วยตนเอง เพื่อสร้างองค์ความรู้จากกระบวนการสังเกต

ตั้งคำถาม วางแผนลงมือทำอย่างเป็นระบบ โดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์และให้ความสำคัญกับหลักฐานเชิงประจักษ์ และสามารถเผยแพร่ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ทำให้นักเรียนเข้าใจทางการทำงานของนักวิทยาศาสตร์โดยมีครูเป็นผู้กระตุ้นและอำนวยความสะดวก เพื่อให้นักเรียนสามารถสร้างองค์ความรู้และทักษะด้วยตนเอง

## 2.2 ความเป็นมาและความสำคัญของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้

### *2.2.1 ความเป็นมาของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้*

Karplus (1967) ได้พัฒนาการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ขึ้นในโครงการปรับปรุงหลักสูตรวิทยาศาสตร์ (Science Curriculum Improvement Study Program หรือ SCIS) โดยมีขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ ประกอบด้วยด้วย 3 ขั้นตอนคือ 1) ขั้นสำรวจ 2) ขั้นสร้างแนวความคิด และ 3) ขั้นค้นพบ/นำไปใช้

ต่อมา Barman and Kotar (1989) ได้ปรับปรุงขั้นตอนการจัดเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ เป็น 1) ขั้นสำรวจ(Exploration) 2) ขั้นแนะนำมโนทัศน์ (Concept Introduction) 3) ขั้นประยุกต์มโนทัศน์ (Concept Application) ต่อมาได้มีการดัดแปลงขั้นแนะนำมโนทัศน์ เป็นขั้นแนะนำคำสำคัญ (Term Introduction) ด้วยเหตุผลที่ว่าครูสามารถให้คำแนะนำและอธิบาย คำสำคัญ หรือนิยามศัพท์เฉพาะให้กับนักเรียนได้ แต่ครูไม่สามารถแนะนำมโนทัศน์ให้แก่นักเรียนได้ นักเรียนจะต้องเป็นผู้ค้นพบด้วยตนเอง

จากนั้นมีการปรับเปลี่ยน ชื่อของขั้นตอนที่ 2 ให้เหมาะสมยิ่งขึ้นดังเช่น Carin ปรับเปลี่ยนขั้นสร้างมโนทัศน์ (Concept Formation) และ Abruscato ได้ปรับเปลี่ยนขั้นได้มาซึ่งมโนทัศน์ (Concept Acguistion) จะสังเกตเห็นว่าทั้ง 3 ขั้นตอน มีขั้นตอนที่ 2 มีชื่อแตกต่างกัน แต่คำอธิบายใกล้เคียงกัน

ต่อมา ในปี ค.ศ. 1990 กลุ่มนักการศึกษาในโครงการ Biological Science Curriculum Study หรือ BSCS ได้ปรับวัฏจักรการเรียนรู้ออกเป็น 5 ขั้น หรือเรียกชื่อว่า 5E ตามที่สำนักงานส่งเสริมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2551) ได้กล่าวไว้ดังนี้

1. ขั้นสร้างความสนใจ (engagement) เป็นการนำเข้าสู่บทเรียนหรือเรื่องที่สนใจ ซึ่งอาจเกิดขึ้นเองจากความสงสัย หรืออาจเริ่มจากความสนใจจากตัวนักเรียนเองหรือเกิดจากการอภิปรายภายในกลุ่ม

2. ขั้นสำรวจและค้นหา (exploration) เป็นขั้นการวางแผนกำหนดแนวทางตรวจสอบ ตั้งสมมุติฐาน กำหนดทางเลือกที่เป็นไปได้ เก็บรวบรวมข้อมูล ข้อสนเทศหรือ ปรากฏการณ์ต่าง ๆ ได้มาซึ่งข้อมูลที่เป็นหลักฐานเชิงประจักษ์

3. ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (explanation) เป็นการนำข้อมูลที่ได้ มาวิเคราะห์แปลผล สรุปผล และนำเสนอผล ที่ได้ในรูปแบบต่าง ๆ

4. ขั้นขยายความรู้ (elaboration) เป็นการนำความรู้ที่ได้ไปเชื่อมโยงกับความรู้เดิม หรือแนวคิดที่ได้จากการค้นคว้าเพิ่มเติม หรือนำแบบจำลองหรือข้อสรุปที่ได้ไปใช้อธิบาย สถานการณ์หรือเหตุการณ์อื่น ๆ

5. ขั้นประเมินผล (evaluation) เป็นการประเมินการเรียนรู้ด้วยกระบวนการต่าง ๆ ว่านักเรียนมีความรู้อะไร อย่างไร มากน้อยเพียงใด

ต่อมา Eisenkraft (2003) นักการศึกษาของสหรัฐอเมริกา ได้ขยายรูปแบบการสอนแบบวัฏจักร การเรียนรู้จาก 5 ขั้น (5E) เป็น 7 ขั้น (7E) เนื่องจากการสอนแบบวัฏจักรการเรียนรู้ 5 ขั้นไม่มีการเน้นการเชื่อมโยงความรู้เดิมและความรู้ใหม่ และให้ความสำคัญกับการตรวจสอบความรู้เดิมของนักเรียน ซึ่งเป็นสิ่งที่ครูไม่ควรละเลย และการตรวจสอบความรู้เดิมของนักเรียนจะทำให้ครูค้นพบว่านักเรียนต้องเรียนรู้อะไรก่อน ก่อนที่จะเรียนรู้ในเนื้อหาซึ่งจะช่วยให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ มีความหมายและคงทน นอกจากนี้ยังเน้นให้นักเรียนสามารถนำความรู้ที่ได้รับไปประยุกต์ใช้ให้เกิดประโยชน์ในชีวิตประจำวัน ซึ่งเพิ่มขึ้นมา 2 ขั้น คือ ขั้นตรวจสอบความรู้เดิมของนักเรียน (Elicitation Phase) เพิ่มก่อนขั้นสร้างความสนใจ และ ขั้นการนำความรู้ไปใช้ (Extension Phase) ต่อจาก ขั้นประเมินความรู้ ขั้นของการเรียนรู้ตามแนวคิด Eisenkraft มีรายละเอียดดังนี้

ขั้นที่ 1 ตรวจสอบความรู้เดิม (Elicitation Phase) ครูจะต้องทำหน้าที่การตั้งคำถาม เพื่อกระตุ้นให้เด็กได้แสดงความรู้เดิม คำถามอาจจะเป็นประเด็นปัญหาที่เกิดขึ้นตามสภาพสังคมท้องถิ่น หรือประเด็นข้อค้นพบทางวิทยาศาสตร์ การนำวิทยาศาสตร์มาใช้ในชีวิตประจำวัน

ขั้นที่ 2 เร้าความสนใจ (Engagement Phase) ครูทำหน้าที่กระตุ้นให้นักเรียนสร้างคำถาม ยั่วยุให้นักเรียนเกิดความอยากรู้อยากเห็น และกำหนดประเด็นที่จะศึกษาแก่นักเรียน ครูเป็นผู้ที่ทำหน้าที่กระตุ้นให้นักเรียนคิด โดยเสนอประเด็นที่สำคัญขึ้นมาก่อน แต่ไม่ควรบังคับให้นักเรียนยอมรับประเด็นหรือคำถามที่ครูกำลังสนใจ เป็นเรื่องที่ให้นักเรียนศึกษา เพื่อนำไปสู่การสำรวจตรวจสอบในขั้นตอนต่อไป

ขั้นที่ 3 สำรวจค้นหา (Exploration Phase) เมื่อนักเรียนทำความเข้าใจประเด็นหรือคำถามที่สนใจจะศึกษาอย่างถ่องแท้แล้ว ก็มีการวางแผน กำหนดแนวทางการสำรวจตรวจสอบ ตั้งสมมติฐาน กำหนดทางเลือกที่เป็นไปได้ ลงมือปฏิบัติ เพื่อเก็บรวบรวมข้อมูล ข้อสนเทศหรือปรากฏการณ์ต่าง ๆ วิธีการตรวจสอบ อาจทำได้หลายวิธี เช่น สืบค้นข้อมูล สำรวจ ทดลอง กิจกรรมภาคสนาม เป็นต้น เพื่อให้ได้ข้อมูลอย่างพอเพียง

ขั้นที่ 4 อธิบาย (Explanation Phase) นักเรียนจะนำข้อมูลมาทำการวิเคราะห์ แปลผล สรุปผล และนำเสนอผลที่ได้ในรูปแบบต่าง ๆ เช่น บรรยายสรุป สร้างแบบจำลอง รูปวาด ตาราง กราฟ ฯลฯ

ขั้นที่ 5 ขยายความรู้ (Elaboration Phase) ช่วงนี้เป็นการนำความรู้ที่สร้างขึ้นไปเชื่อมโยงกับความรู้เดิมหรือแนวคิดเดิมที่ค้นคว้าเพิ่มเติม หรือแบบจำลองหรือข้อสรุปที่ได้ไปใช้อธิบายสถานการณ์หรือเหตุการณ์อื่น ๆ ถ้าใช้อธิบายเรื่องราวต่าง ๆ ได้มากก็แสดงว่ามีข้อจำกัดน้อย ซึ่งก็จะช่วยให้เชื่อมโยงเกี่ยวกับเรื่องราวต่าง ๆ และทำให้เกิดความรู้กว้างขวางขึ้น

ขั้นที่ 6 ประเมินผล (Evaluation Phase) ขั้นนี้เป็นการประเมินการเรียนรู้ด้วยกระบวนการต่าง ๆ ว่า นักเรียนรู้อะไรบ้าง อย่างไร และมากน้อยเพียงใด ขั้นนี้จะช่วยให้นักเรียนสามารถนำความรู้ที่ได้มาประมวลและปรับประยุกต์ใช้ในเรื่องอื่น ๆ ได้ ครูควรส่งเสริมให้นักเรียนนำความรู้ใหม่ที่ได้ไปเชื่อมโยงกับความรู้เดิมและสร้างเป็นองค์ความรู้ใหม่ นอกจากนี้ครูควรเปิดโอกาสให้นักเรียนได้ตรวจสอบซึ่งกันและกัน

ขั้นที่ 7 นำความรู้ไปใช้ (Extention Phase) ครูจะต้องมีการจัดเตรียมโอกาสให้นักเรียนนำความรู้ที่ได้ไปปรับประยุกต์ใช้ให้เหมาะสมและเกิดประโยชน์ต่อชีวิตประจำวัน ครูเป็นผู้ทำหน้าที่กระตุ้นให้นักเรียนสามารถนำความรู้ไปสร้างความรู้ใหม่ ซึ่งจะช่วยให้นักเรียนสามารถถ่ายโอนการเรียนรู้ได้

จากที่ได้กล่าวมาข้างต้นสรุป ความเป็นมาของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ได้ว่า จากการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่มี 3 ขั้นตอน ได้แก่ สำรวจ สร้างแนวคิด นำไปใช้ หรือ สำรวจ สร้างแนวคิด ประยุกต์ใช้แนวคิด ต่อมารูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะเป็นรูปแบบวัฏจักร 5E ได้แก่ ขั้นสร้างความสนใจ ขั้นสำรวจค้นหา ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป ขั้นขยายความรู้ และขั้นประเมินความรู้ มุ่งเน้นให้นักเรียนสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง ต่อมาการสอนแบบสืบเสาะมีการขยายรูปแบบการสอนจาก 5E เป็น 7E โดยเพิ่มการตรวจสอบความรู้เดิม ก่อนการสร้างความสนใจ และขั้นใช้ความรู้หลังจากขั้นประเมินความรู้ ช่วยให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ มีความหมายและคงทน สามารถประยุกต์ใช้ให้เกิดประโยชน์ในชีวิตประจำวันแนวคิด

### *2.2.2 ความสำคัญของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้*

สมาคมครูวิทยาศาสตร์สหรัฐอเมริกา หรือ The American Association for the Advancement od Science, AAAS) (1993) ได้กล่าวว่า การสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เป็นหนึ่งใจกิจกรรมที่ทำให้เข้าใจ ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ซึ่งเป็นกิจกรรมที่นักวิทยาศาสตร์ได้มาซึ่งการหาความรู้ การทำงาน สังคมและคุณค่าของนักวิทยาศาสตร์ต่อสังคม ซึ่งได้แบ่งออกเป็น 3 องค์ประกอบ คือ โลกทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ การสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ และกิจกรรมทางวิทยาศาสตร์ เพราะการเกิดความรู้ทางวิทยาศาสตร์ โดยใช้การจัดการเรียนรู้ซึ่งเน้นความรู้ความจำ และความรู้เกี่ยวกับปรัชญาวิทยาศาสตร์และสังคมวิทยาเพียง ไม่ได้ช่วยให้เกิดความเข้าใจธรรมชาติของโลกในเชิงวิทยาศาสตร์

National Research Council (1996) กล่าวถึงความสำคัญของ การสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เป็นกิจกรรมที่นักเรียนได้พัฒนาความรู้ความ เข้าใจเกี่ยวกับแนวคิดทาง

วิทยาศาสตร์และเข้าใจว่านักวิทยาศาสตร์ศึกษาสิ่งต่าง ๆ บนโลกนี้ได้ อย่างไรเพื่อศึกษาสิ่งต่าง ๆ ทางกายภาพในธรรมชาติและเสนอคำอธิบายสิ่งเหล่านั้น

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2553) ได้กล่าวถึงความสำคัญการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ผ่านกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ไว้ว่า เป็นการจัดการเรียนรู้ที่นักเรียนต้องสืบค้น เสาะหา สำรวจตรวจสอบ และค้นคว้าด้วยวิธีการต่าง ๆ ส่งผลให้ทำให้นักเรียนเกิดความเข้าใจและเกิดการรับรู้ความรู้นั้นอย่างมีความหมาย สามารถที่จะนำความรู้ออกมาใช้ได้เมื่อพบปัญหาหรือสถานการณ์ใหม่

จากการศึกษาข้างต้น สรุปได้ว่า ความสำคัญของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ คือ เป็นกระบวนการที่ช่วยให้นักเรียนเกิดความเข้าใจในธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ สร้างเป็นความรู้ใหม่ด้วยตนเอง ทำให้นักเรียนเข้าใจการทำงานของนักวิทยาศาสตร์ สามารถการหาคำตอบ สร้างแนวคิด คำอธิบาย หรือทำนายการเกิดปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์ได้

**2.3 ทฤษฎีการเรียนรู้ที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้**

การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ เป็นกระบวนการจัดการเรียนรู้ที่เน้นให้นักเรียนเป็นผู้ลงมือปฏิบัติ สืบค้น สร้างความรู้ด้วยตนเอง เกิดการเรียนรู้ทั้งองค์ความรู้และทักษะกระบวนการตามธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ เป็นไปตาม ทฤษฎีการเรียนรู้อย่างมีความหมาย ทฤษฎีการเรียนรู้ด้วยการค้นพบความรู้ด้วยตัวเอง ทฤษฎีพัฒนาการทางสติปัญญาของ Piaget และทฤษฎีการสร้างความรู้ ดังนี้

***2.3.1 ทฤษฎีการเรียนรู้อย่างมีความหมาย***

Devid P. Asubel (1967) ได้กล่าวถึง ทฤษฎีการเรียนรู้อย่างมีความหมาย (Meaningful Learning) ว่า การเรียนรู้อย่างมีความหมายจะเกิดขึ้นได้ หากการเรียนรู้นั้นสามารถเชื่อมโยงความรู้ใหม่กับความรู้เดิมหรือสิ่งใดสิ่งหนึ่งที่มีมาก่อน ดังนั้น การแสดงกรอบความคิดบทสรุปล่วงหน้า (advance organizer) ให้เห็นเนื้อหาใหม่ที่จะเรียนและเห็นความรู้เดิมของนักเรียน ก่อนการสอนเนื้อหาสาระใด ๆ จะช่วยเชื่อมโยงนักเรียนสามารถนำเนื้อหา/ สิ่งที่เรียนใหม่ไปเชื่อมโยงยึดเกาะกับความรู้เดิมได้ ทำให้การเรียนรู้เป็นไปอย่างมีความหมาย โดยวิธีสอนเพื่อให้เกิดการเรียนรู้อย่างมีความหมายมีเงื่อนไข 3 ประการ ดังนี้

1. ความรู้ใหม่ต้องมีความหมายเชิงเหตุและผลต่อเนื่องกับความรู้เดิม
2. โครงสร้างความรู้เดิมของนักเรียนต้องมีความสัมพันธ์กับความรู้ใหม่
3. นักเรียนต้องมีความสนใจ และมีเจตนาที่แน่วแน่ที่จะเรียนรู้

ทิศนา แขมมณี (2551) ได้กล่าวถึง หลักการทางจิตวิทยาตามแนวคิด Ausubel เกี่ยวกับทฤษฎีการเรียนรู้อย่างมีความหมาย (A Theory of Meaningful Verbal Learning) ว่า การเรียนรู้จะมีความหมายแก่นักเรียน หากการเรียนรู้นั้นสามารถเชื่อมโยงกับสิ่งใดสิ่งหนึ่งที่รู้มาก่อน ดังนั้น

การนำเสนอความคิดรวบยอดหรือกรอบความคิด ในเรื่องใดเรื่องหนึ่งแก่นักเรียนก่อนเรียนเนื้อหาสาระนั้น ๆ จะช่วยให้นักเรียนได้เรียนเนื้อหาสาระนั้นอยางมีความหมาย

กล่าวโดยสรุปได้ว่า ทฤษฎีการเรียนรู้อย่างมีความหมาย ตามแนวคิดของ Ausubel การเรียนรู้อย่างมีความหมายจะเกิดขึ้นเมื่อมีเชื่อมโยงความรู้เดิมและความรู้ใหม่อย่างเป็นเหตุเป็นผล และนักเรียนมีสนใจในการเรียนรู้ เพื่อให้นักเรียนเรียนรู้อย่างมีความหมายและมีประสิทธิภาพ สนับสนุนรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ ที่นักเรียนจะได้รับการเร้าความสนใจให้สนใจเรื่องใหม่ที่กำลังเรียน เชื่อมโยงกับความรู้ ประสบการณ์เดิมของนักเรียน จากนั้นวางแผน ลงมือปฏิบัติ เกิดเป็นข้อสรุป คำอธิบาย เพื่อเชื่อมโยงกับความรู้และประสบณ์การณ์เดิมของนักเรียนกับความรู้ใหม่ มีความเข้าใจและคงทนในเนื้อหา เกิดเป็นการเรียนรู้ที่มีความหมายและมีประสิทธิภาพกว่าการเรียนแบบท่องจำ สอดคล้องกับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ที่มีขั้นการเร้าความสนใจที่ครูต้องนำเข้าสู่บทเรียนด้วยการกระตุ้นทำให้นักเรียนสงสัย แลกเปลี่ยนข้อมูลจากประสบการณ์เดิม ทำให้นักเรียนได้ทบทวนความรู้เดิม และสามารถการเชื่อมโยงความรู้เดิมของนักเรียนกับประสบการณ์ใหม่ในขั้นตอนการเรียนรู้ต่อไป เกิดเป็นการเรียนรู้อย่างมีความหมาย

### *2.3.2 ทฤษฎีการเรียนรู้ด้วยการค้นพบความรู้ด้วยตัวเอง*

Jerome S. Bruner (1966) นักการศึกษาและนักจิตวิทยาชาวอเมริกัน แสดงถึงความสำคัญของการเรียนรู้มโนมติและหลักการที่มีอยู่ในเนื้อหาวิชานั้น ๆ ได้นำเสนอทฤษฎีการเรียนรู้ด้วยการค้นพบความรู้ด้วยตัวเอง ว่ากระบวนการค้นพบการเรียนรู้ด้วยตนเอง ผ่านการปฏิบัติจริง เป็นกระบวนการเรียนรู้ที่มีความหมาย การจัดการจัดการเรียนรู้ให้สอดคล้องกับลักษณะวิชาเพื่อช่วยให้ครูสามารถจัดการเรียนรู้ให้กับนักเรียนได้อย่างเหมาะสมและมีความหมาย

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2553) ได้กล่าวถึง ทฤษฎีการเรียนรู้ด้วยการค้นพบความรู้ด้วยตัวเองของ Bruner ไว้ว่าการเรียนรู้ที่แท้จริงขึ้นมาจากการค้นพบด้วยตนเอง กระบวนการค้นพบการเรียนรู้ด้วยตนเอง เป็นกระบวนการเรียนรู้ที่มีความหมาย การเรียนรู้โดยผ่านกระบวนการสืบเสาะหาความรู้โดยใช้ปัญหาเป็นหลัก ผลักดันให้นักเรียนไปแสวงหาความรู้ และนำความรู้ใหม่มาเชื่อมโยงกับความรู้เดิมเพื่อแก้ปัญหา ครูสามารถช่วยพัฒนาให้นักเรียนเกิดความพร้อมได้โดยไม่ต้องรอเวลา ซึ่งสามารถที่จะสอนได้ในทุกช่วงของอายุการเรียนรู้โดยการค้นพบ (Discovery Learning Approach)

ทิศนา แขมมณี (2551) ได้กล่าวถึงหลักการจัดการสอนตามแนวคิดของ Bruner ว่ากระบวนการค้นพบการเรียนรู้ด้วยตนเอง เป็นกระบวนการเรียนรู้ที่มีความหมายสำหรับนักเรียน จำเป็นต้องมีการวิเคราะห์และจัดโครงสร้างของเนื้อหาสาระ ในกระบวนการจัดการจัดการเรียนรู้ควรส่งเสริมและเปิดโอกาสให้นักเรียนคิดอย่างอิสระ ให้นักเรียนได้ค้นพบการเรียนรู้ด้วยตนเอง

จากที่กล่าวมาข้างต้นสรุปได้ว่า ตามแนวคิดของ Bruner เชื่อว่าการเรียนรู้ที่แท้จริงเกิดจากการค้นพบการเรียนรู้ด้วยตนเอง เกิดเป็นนโนมติ เชื่อมโยงความรู้เดิมและความรู้ใหม่ สอดคล้องกับการสืบเสาะหาความรู้ที่มุ่งเน้นให้นักเรียนลงมือปฏิบัติจริง แสวงหาคำตอบ และองค์ความรู้ด้วยตนเอง เกิดเป็นการเรียนรู้อย่างมีความหมาย สอดคล้องกับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ที่มีขั้นตอนให้นักเรียนลงมือปฏิบัติ ทดลอง สืบค้นหาข้อมูล ลงข้อสรุปเกิดเป็นการค้นพบความรู้ด้วยตนเอง

***2.3.2 ทฤษฎีพัฒนาการทางสติปัญญาของ Piaget***

โดย Piaget เชื่อว่ามนุษย์มีความพร้อมที่จะเรียนรู้โดยการมีปฏิสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อม ซึ่งมีความสามารถพื้นฐาน 2 ชนิด คือ การจัดและรวบรวม (Organization) คือ การจัดและรวบรวมกระบวนการภายในอย่าง ต่อเนื่องและเป็นระเบียบ มีการปรับปรุงเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา โดยใช้การปรับตัว (Adaptation) ซึ่งประกอบด้วยกระบวนการ 2 อย่าง คือ

1. การซึมซาบหรือดูดซึมประสบการณ์ (Assimilation) คือ เมื่อมนุษย์มีปฏิสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อมก็จะซึมซาบ หรือดูดซึมประสบการณ์ใหม่รวมเข้าอยู่ในโครงสร้างของสติปัญญา (Cognitive Structure)

2. การปรับโครงสร้างทางสติปัญญา (Accommodation) คือ การเปลี่ยนโครงสร้าง ของสติปัญญาที่มีอยู่แล้วให้เข้ากับสิ่งแวดล้อมหรือประสบการณ์ใหม่ หรืออีกนัยหนึ่งคือการเปลี่ยนแปลงความคิดเดิมให้สอดคล้องกับสิ่งแวดล้อมใหม่ และคนเราจะค่อย ๆ ปรับตัวให้เข้ากับสิ่งแวดล้อมใหม่และนอกจากพื้นฐานทางด้านเชาวน์ปัญญาแล้ว Piaget ได้แบ่งองค์ประกอบที่มีส่วนส่งเสริมพัฒนาการทางสติปัญญา ได้ 4 องค์ประกอบดังนี้

2.1 วุฒิภาวะ (Maturation) พี่อาเจต์ กล่าวว่า การเจริญเติบโตด้านสรีระวิทยา โดยเฉพาะเส้นประสาทและต่อมไร้ท่อ มีส่วนสำคัญต่อการพัฒนาเชาวน์ปัญญา หรือจะต้องจัดประสบการณ์หรือสิ่งแวดล้อมให้เหมาะสมกับความพร้อมหรือวัยของเด็ก

2.2 ประสบการณ์ (Experience) ทุกครั้งที่คนเรามีปฏิสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อมก็จะเกิดประสบการณ์ออกเป็น 2 ชนิด คือ ประสบการณ์ที่เนื่องมาจากปฏิสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อมตามธรรมชาติ (Physical Environment) และประสบการณ์ที่เกี่ยวกับการคิดหาเหตุผลและทางคณิตศาสตร์ (Logic - Mathematical Experience) ซึ่งมีความสำคัญในการแก้ปัญหาต่าง ๆ โดยเฉพาะทางวิทยาศาสตร์

2.3 การถ่ายทอดความรู้ทางสังคม (Social Transmission) หมายถึง การที่พ่อแม่ ครูและคนที่อยู่รอบตัวเด็กจะถ่ายทอดความรู้ให้เด็ก หรือสอนเด็กที่พร้อมจะรับถ่ายทอดด้วยกระบวนการซึมซาบประสบการณ์

2.4 กระบวนการพัฒนาสมดุล (Equilibration) หรือการควบคุมพฤติกรรมของตนเอง ซึ่งอยู่ในตัวของแต่ละบุคคล เพื่อจะปรับสมดุลของพัฒนาการเชาวน์ปัญญาขั้นต่ำไปอีกขั้นหนึ่งซึ่งสูงกว่า โดยใช้กระบวนการซึมซาบประสบการณ์ และการปรับโครงสร้างทางสติปัญญา เปียเจต์จะเน้น

กระบวนการทำงานภายในตัวนักเรียนมากกว่าสิ่งเร้าที่มากระตุ้นนักเรียน สิ่งที่มา กระตุ้นนั้น ควรจะอยู่ในระดับที่วุฒิภาวะของเด็กจะสามารถเข้าถึง โดยที่กระบวนการทั้ง 2 ที่กล่าว มาแล้วจะทำงานร่วมกันตลอดเวลา เพื่อช่วยรักษาความสมดุล (Equilibrium) และผลจากการ ทำงานของกระบวนการดังกล่าวจะเกิดเป็นโครงสร้าง (Schema) ขึ้นในสมอง โครงสร้างต่าง ๆ จะ พัฒนาขึ้นตามระดับอายุ พัฒนาการจะเป็นไปตามลำดับขั้น จะข้ามขั้นไม่ได้ แต่อัตราของการ พัฒนาการอาจจะแตกต่างกันในตัวเด็กแต่ละคน

กิ่งฟ้า สินธุวงษ์ (2547) กล่าวถึง ทฤษฎีพัฒนาการทางสติปัญญาของ Piaget ว่าการเรียนรู้ไม่ได้มาจากการลอกเลียนแบบ แต่เกิดจากความรู้และกระบวนการที่ใช้ในการหาความรู้นั้น โดยชนิดของความรู้ตามแนวคิดของเพียเจต์ตามแนวคิดของเพียเจต์ ชนิดของความรู้มี 3 ประเภท คือ

1. ความรู้ทางกายภาพ (Physical Knowledge) หมายถึง ความรู้ที่ได้จากการเรียนรู้โดยการมี ปฏิสัมพันธ์กับสมบัติหรือธรรมชาติของสาร เช่น สำลีอ่อนนุ่ม โลหะแข็ง เป็นต้น

2. ความรู้ทางสังคม (Social Knowledge) หมายถึง ความรู้ที่เกิดจากการที่มีปฏิสัมพันธ์กับคนใน สังคม เช่น การทักทายโดยกล่าวคำว่า “สวัสดี” เมื่อพบกันหรือการฉลองวันเกิดทุกปี เป็นต้น ความรู้ชนิดนี้ เกิดจากปฏิสัมพันธ์ที่มีกับผู้คนในสังคม เมื่อคนเราเข้ากลุ่มก็ต้องพบปัญหา หาทางแก้ปัญหา ความรู้ชนิดนี้ ต้องใช้กระบวนการปรับตัวเพื่อแก้ปัญหา ก็จะได้ความรู้ทางสังคมและปรับเปลี่ยนได้ตามสภาพแวดล้อม

3. ความรู้เชิงเหตุและผล (Logical Knowledge) เป็นความรู้ที่เกี่ยวกับการใช้ความคิดเชิงเหตุผล หรือตรรกศาสตร์ และคณิตศาสตร์ ซึ่งจะเกิดขึ้นได้เมื่อนักเรียนมีระดับพัฒนาการทางสติปัญญาอยู่ใน ขั้นปฏิบัติการรูปธรรมและนามธรรม (Concrete and formal operational stages)

โดยบทบาทของครูในการสร้างสรรค์ความรู้ด้านกายภาพและเชิงเหตุผล คือ การจัดสภาพแวดล้อมที่ จะช่วยให้นักเรียนได้สร้างความรู้ด้วยตนเองโดยการใช้คำถามและการทดลอง หลีกเลี่ยงการให้คำตอบโดยตรง ต่อนักเรียน กระตุ้นให้นักเรียนได้มีโอกาสคิดและค้นคว้าหาคำตอบด้วยตนเอง

จากที่กล่าวมาข้างต้น สรุปได้ว่าทฤษฎีพัฒนาการทางสติปัญญาของ Piaget เชื่อว่ามนุษย์สามารถสร้างความรู้ใหม่ได้จากการมีปฏิสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อม โดยใช้ การปรับให้เข้ากับสิ่งแวดล้อมเพื่ออยู่ในสภาพสมดุล โดยการปรับตัวประกอบด้วยกระบวนการ 2 อย่าง คือ ซึมประสบการณ์ คือ การนำประสบการณ์ใหม่รวมเข้าอยู่ในโครงสร้างของสติปัญญา และการปรับโครงสร้างทางสติปัญญา ซึ่งสอดคล้องกับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ที่ส่งเสริมให้นักเรียนเกิดความรู้ด้านกายภาพและเชิงเหตุผล โดยการจัดสภาพแวดล้อมเพื่อกระตุ้นให้เกิดข้อสงสัย นำไปสู่การค้นหาคำตอบ เกิดการสร้างความรู้ด้วยตนเอง โดยการใช้คำถามและการทดลอง เพื่อให้ได้ทั้งความรู้และกระบวนการ เกิดการปรับโครงสร้างทางสติปัญญาเพื่อเชื่อมโยงความรู้เดิมและความรู้ใหม่

### *2.3.4 ทฤษฎีการสร้างความรู้*

ทิศนา แขมมณี (2544) ได้กล่าวถึงทฤษฎีการสร้างความรู้(Constructivism) ไว้ว่า เป็นทฤษฎีที่ตั้งอยู่บนแนวคิดของ Piaget และ Vygotsky ซึ่งอธิบายโครงสร้างทางสติปัญญาของบุคคลไว้ว่า ประกอบด้วย กระบวนการซึมซาบหรือดูดซึม และกระบวนการปรับโครงสร้างทางปัญญา ซึ่งเป็นการเปลี่ยนโครงสร้างสติปัญญาเดิมให้สอดคล้องกับสิ่งแวดล้อมหรือประสบการณ์ใหม่ เพื่อให้บุคคลอยู่ในสภาวะสมดุล ซึ่ง Piaget เชื่อว่า คนทุกคนจะมีพัฒนาเชาว์ปัญญาไปตามลำดับขั้น จากการมีปฏิสัมพันธ์และประสบการณ์กับสิ่งแวดล้อม การคิดเชิงตรรกะและคณิตศาสตร์ รวมทั้งการถ่ายทอดความรู้ทางสังคม วุฒิภาวะ และกระบวนการพัฒนาความสมดุลของบุคคลนั้น และ Vygotsky ให้ความสำคัญกับวัฒนธรรม สังคม ภาษามากขึ้น

ทฤษฎีการสร้างความรู้ (Constructivism) ให้ความสำคัญกับกระบวนการ วิธีการในการแปลความหมายจากประสบการณ์ที่ได้รับ ซึ่งแต่ละบุคคลจะมีการแปลความหมายต่างกันจากภูมิหลังหรือประสบการณ์เดิม ที่เฉพาะบุคคลที่ต้องใช้กระบวนการทางสติปัญญาในการจัดกระทำข้อมูล

กิ่งฟ้า สินธุวงษ์ และสุจินต์ วิศวธีรานนท์ (2557) กล่าวถึง ทฤษฎีการสร้างความรู้ (Constructivism) เชื่อว่าความรู้ซึ่งเป็นสิ่งที่แปรเปลี่ยนมีพัฒนาการเป็นไปตามสภาพสังคมและวัฒนธรรม สร้างขึ้นจากความเข้าใจเดิม แล้วมีการนำมาแลกเปลี่ยน ถกเถียงโต้แย้ง อภิปรายให้เกิดเป็นความรู้ในสังคมได้ ดังนั้น การเรียนรู้จึงเป็นกระบวนการปรับตัวของแต่ละบุคคล เพื่อแก้ปัญหาความไม่เข้าใจ ความขัดแย้ง และแสดงออกในลักษณะของการถกเถียงอย่างมีจุดมุ่งหมายร่วมกันกับการสะท้อนผล เพื่อก่อให้เกิดการแก้ปัญหาหรือความเข้าใจร่วมกันได้

การจัดการเรียนการสอนตามแนวคิดของทฤษฎีการสร้างความรู้ จะต้องเน้นให้ผู้เรียนสร้างความเข้าใจและแก้ปัญหาด้วยตนเอง ไม่ใช่การจดจำเท่านั้น แต่เรียนเพื่อรู้ โดยใช้ความสามารถในการคิด ลงมือกระทำเพื่อตีความหมายของเหตุการณ์ โดยการมีปฏิสัมพันธ์ในบริบทของสังคม สภาพแวดล้อม สิ่งของ และบุคคลที่เกี่ยวข้อง มีการแลกเปลี่ยนความเข้าใจในความรู้ การนำเสนอที่หลากหลาย มีการสะท้อนผลของการเรียนรู้เพื่อให้ได้ทั้งความรู้และวิธีการเรียนรู้ มีการประเมินผลการเรียนรู้ได้ในสภาพที่เป็นจริง โดยหลักการของทฤษฎีการสร้างความรู้ ที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้ประกอบด้วย

1. การให้ความสำคัญกับการเรียนรู้ การเรียนรู้หมายถึงการสร้างความหมายให้กับสิ่งที่เรียน โดยตัวผู้เรียนเอง การสร้างความรู้ ความเข้าใจ ไม่ใช่การลอกเลียนแบบโดยไม่ได้มีการคิดและการกระทำกับความรู้นั้น

2. การให้ความสำคัญกับประสบการณ์ ซึ่งเป็นสิ่งสำคัญที่ช่วยให้เกิดการเรียนรู้ การเรียนรู้ต้องอาศัยประสบการณ์และการสะท้อนผลจากประสบการณ์ การจัดกิจกรรมจึงต้องทำให้ผู้เรียนสร้างประสบการณ์การเรียนรู้ได้จริง ๆเชื่อมโยงประสบการณ์ที่มีมาก่อนของผู้เรียนกับสิ่งที่จะเรียนรู้ต่อไป

โดยประสบการณ์การเรียนรู้ที่จัดขึ้นต้องเป็นประสบการณ์ที่เป็นปัจจุบัน สัมพันธ์กับชีวิตประจำวัน ช่วยให้เรียนรู้โดยสามารถแสดงออกได้หลายลักษณะและหลายรูปแบบของความรู้ที่ได้

3. เนื้อของความรู้ ผู้เรียนต้องมีความเข้าใจว่าความรู้เป็นสิ่งที่เปลี่ยนแปลงได้ ผู้สอนจึงต้องมีความสามารถในการวิเคราะห์ความรู้ก่อนที่จะนำเสนอให้กับผู้เรียน และเลือกพิจารณาใช้วิธีการจัดการเรียนการสอนที่เหมาะสมกับผู้เรียน

4. เวลาของการเรียนรู้ ผู้สอนจะต้องคำนึงถึงถึงเวลาที่ใช้ในการเรียนรู้ มีการจัดกิจกรรมโดยใช้ช่วงเวลาที่เหมาะสมและเพียงพอ ทำให้ผู้เรียนทำกิจกรรมได้

5. ครูหรือผู้สอนต้องเป็นผู้เอื้ออำนวย สนับสนุน นำเสนอ และร่วมวางแผนจัดการ เพื่อให้ผู้เรียนได้มีโอกาสแสดงความคิดเห็นและต้องนำเอาความคิดเห็นของผู้เรียนไปใช้ มีกิจกรรมที่ท้ายให้กับผู้เรียนอย่างครอบคลุมลุ่มลึกโดยผู้สอนต้องส่งเสริมสนับสนุนกิจกรรมที่ทำให้ผู้เรียนเรียนอย่างตื่นตัว มีการสะท้อนผลการเรียนรู้เพื่อการปรับปรุงทำให้ผู้เรียนเรียมรู้ได้ทั้งเนื้อหาสาระและวิธีการเรียนรู้ของตนอง

จากข้างต้นสรุปทฤษฎีสร้างองค์ความรู้ ได้ว่า การเรียนรู้คือการสร้างความรู้ใหม่ขึ้นด้วยตนเอง ไม่ใช่การท่องจำ โดยความรู้จะเกิดขึ้นจากการแปลความหมายของประสบการณ์ที่ได้รับและสร้างองค์ความรู้ขึ้นจะมีประสิทธิภาพ เมื่อเป็นการเรียนรู้อย่างมีความหมาย เกิดผสมผสานระหว่างความรู้เดิมกับความรู้ใหม่ เช่นเดียวกับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะที่เน้นให้นักเรียนเกิดความสงสัย ได้ลงมือปฏิบัติ วางแผน สืบค้น จนได้ข้อสรุปหรือมโนมติ เพื่อหาคำตอบเกิดเป็นองค์ความรู้ด้วยตนเอง

จากการศึกษา ทฤษฎีการเรียนรู้ที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ ได้แก่ ทฤษฎีการเรียนรู้อย่างมีความหมาย ทฤษฎีการเรียนรู้ด้วยการค้นพบความรู้ด้วยตัวเอง ทฤษฎีพัฒนาการทางสติปัญญาของ Piaget และทฤษฎีการสร้างความรู้ กล่าวโดยสรุปได้ว่า การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ เป็นการจัดการเรียนรู้ที่ให้ความสำคัญกับประสบการณ์เดิม พัฒนาการของนักเรียนในแต่ละวัย และความแตกต่างระหว่างบุคคลของนักเรียน ส่งผลให้รูปแบบการจัดการเรียนรู้มุ่งเน้นเชื่อมโยงเชื่อมโยงประสบการณ์เดิมของนักเรียนกับบทเรียน เกิดเป็นองค์ความรู้ใหม่ด้วย จากรูปแบบกิจกรรมที่กระตุ้นให้เกิดการอยากเรียนรู้ เน้นการลงมือปฏิบัติโดยมีครูเป็นผู้อำนวยความสะดวก ให้นักเรียนได้ตัดสินใจลงมือปฏิบัติไม่เน้นการท่องจำ ทำให้เกิดการเรียนรู้ระยะยาว เปิดโอกาสให้นักเรียนคิด วางแผน สืบค้นเสาะหา สำรวจตรวจสอบและค้นคว้าด้วย วิธีการต่าง ๆ และนักเรียนได้มีการแลกเปลี่ยนข้อมูลและอภิปรายความรู้กับผู้อื่น จนทำให้นักเรียนเกิดความเข้าใจและเกิดการรับรู้ความรู้นั้นอย่างมีความหมาย สามารถสร้างเป็นองค์ความรู้ของตนเอง สามารถไปประยุกต์กับสถานการณ์ใหม่ ๆ ได้ เกิดเป็นทักษะให้การเรียนรู้ด้วยตนเอง การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้มุ่งเน้นการเรียนรู้ที่นักเรียนได้เชื่อมโยงประสบการณ์เดิมและประสบการณ์ใหม่ผ่านการคิดและลงมือปฏิบัติตามขั้นตอนของการสืบเสาะหาความรู้

ให้ความสำคัญกับทั้งความรู้และกระบวนการ ทำให้เกิดเป็นทักษะและองค์ความรู้ที่มีความคงทน เป็นการเรียนรู้อย่างมีความหมาย

**2.4 ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้**

นักการศึกษากลุ่ม BSCS (Biological Science Curriculum Stydy) ได้กำหนดขั้นตอนของกระบวนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แบบสืบเสาะหาความรู้ออกเป็น 5 ขั้น หรือเรียกชื่อว่า 5E (Bybeeet al., 2006, อ้างถึงใน นันทิยา บุญเคลือบ, 2540) ดังนี้

1. ขั้นนำเข้าสู่บทเรียน (Engagement) เป็นขั้นการแนะนำบทเรียนหรือประเด็นน่าสนใจ ซึ่งอาจมาจากนักเรียนนำเสนอหรือครูเป็นผู้เสนอแนะในห้องเรียน กิจกรรมการจัดการเรียนรู้สามารถทำได้ทั้งรูปแบบ การซักถามประเด็นปัญหา การถกประเด็นปัญหา การทบทวนความรู้เดิม ซึ่งทำให้นักเรียนเกิดความอยากรู้อยากเห็น อยากที่จะเรียนรู้เป็นนำเข้าสู่กิจกรรมในบทเรียน ทั้งนี้กิจกรรมการจัดการเรียนรู้ควรจะอยู่บนพื้นฐานของประสบการณ์เดิมที่นักเรียนได้เรียนมาแล้ว

2. ขั้นสำรวจ (Exploration) ขั้นนี้กระตุ้นให้นักเรียนได้เกิดการขยายความคิด โดยนักเรียนได้รับคำแนะนำ คำชี้แจงจากครู และมีการเตรียมวัสดุอุปกรณ์อำนวยความสะดวก โดยครูจะไม่บอกนักเรียนว่าจำต้องทำอะไรและต้องไม่อธิบายแนวคิดมากนัก เพื่อให้เกิดการสำรวจ นักเรียนต้องมีบทบาทร่วมกันในการรับผิดชอบต่อสิ่งที่สำรวจ การเก็บรวบรวมและ/ หรือการบันทึกข้อมูลของตนเอง ผลที่ได้จากการสำรวจจะนำมาสร้างคำอธิบายตามความหมายและความเข้าใจของตนเอง

3. ขั้นอธิบาย (Explanation) ขั้นนี้นักเรียนวางแนวคิดเกี่ยวกับบทเรียนด้วยความร่วมมือระหว่างนักเรียนและครูซึ่งมีส่วนในการเลือกและจัดทำสภาพแวดล้อมของชั้นเรียน ส่งผลให้นักเรียนเกิดการปรับขยายโครงสร้างทางปัญญา สามารถกำหนดมโนทัศน์ตามความเข้าใจของตนเอง ครูเสนอแนะแนวทางแก่นักเรียนจนสร้างคำอธิบายตามความเข้าใจหรือกรอบแนวคิดของตน

4. ขั้นขยายความรู้ (Expansion) ขั้นนี้มีเป้าหมายกระตุ้นความร่วมมือของกลุ่ม นักเรียนจัดระเบียบประสบการณ์ทางความคิดผ่านการค้นพบ ทำการเชื่อมโยงระหว่างประสบการณ์เดิมกับประสบการณ์ใหม่ในสิ่งที่นักเรียนได้เรียนรู้มาแล้ว มโนทัศน์ที่สร้างขึ้นต้องเชื่อมโยงกับความคิดอื่นหรือประสบการณ์อื่นที่สัมพันธ์กัน นักเรียนประยุกต์ใช้สิ่งที่ได้เรียนรู้ โดยการขยายความคิด สามารถค้นคว้าหารายละเอียดในสิ่งที่ต้องการศึกษา และการแลกเปลี่ยนความคิดเห็นร่วมกับผู้อื่น

5. ขั้นประเมินผล (Evaluation) ขั้นนี้เป็นการทดสอบความรู้ ความเข้าใจตามมาตรฐานการเรียนรู้ การประเมินผลควรต่อเนื่องซึ่งไม่ใช่การสิ้นสุดของบทเรียน

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2553) ได้อธิบายถึงขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E) เพื่อพัฒนากระบวนการคิดไว้ 5 ขั้นตอน ดังต่อไปนี้

1. ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement) เป็นการนำเข้าสู่บทเรียน โดยอาจใช้ประเด็นที่นักเรียนสนใจหรือสงสัย หรืออาจเกิดจากการแลกเปลี่ยนความคิดเห็นระหว่างนักเรียน

2. ขั้นสำรวจค้นหา (Exploration) เป็นการวางแผน เพื่อกำหนดทางเลือกที่เป็นไปได้ในการสำรวจตรวจสอบ ผ่านการตั้งสมมติฐาน การลงมือปฏิบัติด้วยตนเอง และการเก็บรวบรวมข้อมูลข้อสนเทศหรือปรากฏการณ์ต่าง ๆ

3. ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation) เป็นการจัดกระทำข้อมูลและอธิบายถึงเหตุผลหรือข้อเท็จจริงที่ได้ข้อมูลนั้นมา โดยนำข้อมูลหรือข้อสนเทศที่ได้มาวิเคราะห์ แปลผลสรุปผลและนำเสนอผลที่ได้ในรูปแบบต่าง ๆ ที่เข้าใจง่าย

4. ขั้นขยายความรู้ (Elaboration) เป็นการนำความรู้ที่สร้างขึ้นไปเชื่อมโยงกับความรู้เดิมหรือแนวคิดที่ได้ค้นคว้าเพิ่มเติม หรือนำแบบจำลอง หรือข้อสรุปที่ได้ไปใช้อธิบายสถานการณ์หรือเหตุการณ์อื่น

5. ขั้นประเมินผล (Evaluation) เป็นการประเมินการเรียนรู้ด้วยกระบวนการต่าง ๆ ว่า นักเรียนมีความรู้อะไรบ้าง อย่างไร มากน้อยเพียงใด

จากการศึกษาข้อมูลจากนักการศึกษาหลายท่าน สรุปขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ มี 5 ขั้นตอน ได้แก่

ขั้นที่ 1 การสร้างความสนใจ นำเข้าสู่บนเรียน กระตุ้นให้นักเรียนเกิดความสนใจใคร่รู้ จากนักเรียนเป็นผู้นำเสนอหรือครูเป็นผู้แนะนำ โดยเชื่อมโยงจากประสบการณ์เดิมของนักเรียน

ขั้นที่ 2 การสำรวจและค้นหา นักเรียนดำเนินการวางแผน ตั้งสมมุติฐาน เลือกวิธีการลงมือสำรวจ ศึกษาค้นคว้า รวบรวมข้อมูลด้วยวิธีการต่าง ๆ ให้ได้ข้อมูลอย่างเพียงพอที่จะนำไปใช้ในการอธิบายและสรุป

ขั้นที่ 3 การอธิบายและลงข้อสรุป นักเรียนนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์และแปลผลเพื่อสรุปผลและนำเสนอผลที่ได้ในรูปต่าง ๆ และเชื่อมโยงกับทฤษฎี เป็นเหตุเป็นผล และมีหลักฐานที่เชื่อถือ

ขั้นที่ 4 การขยายความรู้ การเชื่อมโยงความรู้กับสถานการณ์ต่าง ๆ ที่หลากหลายขึ้น ใช้ความรู้ ข้อมูล แบบจำลอง อธิบายถึงสถานการณ์หรือเหตุการณ์อย่างเป็นเหตุเป็นผล เป็นการขยายความรู้ให้กว้างขึ้น

ขั้นที่ 5 การประเมินผล เป็นการและประเมินผลความรู้ที่เกิดขึ้นกับนักเรียนอย่างรอบด้าน โดยใช้วิธีการที่หลากหลายและเหมาะสมกับบทเรียน ธรรมชาติของนักเรียน

### 2.5 บทบาทของครูและนักเรียนในการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้

นักการศึกษาหลายท่านกล่าวถึงบทบาทของครูและนักเรียนในการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ไว้ดังนี้

#### *2.5.1 บทบาทของครูในการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้*

สุวิทย์ มูลคำ และอรทัย มูลคำ (2545) กล่าวถึง บทบาทของครูในการจัดการเรียนแบบสืบเสาะหาความรู้ไว้ดังนี้

1. กระตุ้นให้นักเรียนมีความสนใจ วิเคราะห์ปัญหา วางแผน และแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบเป็นเหตุเป็นผลได้ด้วยตนเอง

2. กระตุ้นให้นักเรียนหาวิธีการแก้ปัญหาหลากหลากและแก้ปัญหาด้วยทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

3. เสริมแรงในการเรียนรู้ให้แก่นักเรียน

4. ช่วยเหลือ แนะนำ กำกับอย่างใกล้ชิด และผู้อำนวยความสะดวกเพื่อให้กระบวนการเรียนรู้ดำเนินการไปด้วยความเรียบร้อย

5. จัดเตรียมแหล่งเรียนรู้ที่สำคัญ

6. จัดบรรยากาศและสภาพแวดล้อมให้เอื้อต่อการเรียนรู้

7. ให้ข้อมูลย้อนกลับทั้งข้อดีและข้อบกพร่องแก่นักเรียน

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2546, น. 6-7) ได้ให้ข้อเสนอสำหรับครูในการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ไว้ดังนี้

1. เป็นผู้คอยกระตุ้นให้นักเรียนได้คิด ได้ซักถาม พยายามสร้างแรงจูงใจ คอยเสริมแรงให้นักเรียนเมื่อทำสำเร็จแต่ละขั้นตอน

2. เป็นผู้กำกับและควบคุมกิจกรรมให้เป็นไปในแนวทางที่ถูกต้อง เพื่อฝึกให้นักเรียนทำงานอย่างมีระเบียบและถูกขั้นตอน

3. สร้างบรรยากาศในชั้นเรียนให้นักเรียนมีความกระตือรือร้น อยากคิดหาคำตอบ

4. ให้คำแนะนำหรือให้ข้อมูลแก่นักเรียนเมื่อเกิดความสงสัยและช่วยแนะแนวทางในการแก้ปัญหา

5. ไม่ชี้แนะวิธีการแก้ปัญหาโดยตรง ควรใช้คำถามเพื่อนำไปสู่การแก้ปัญหานั้น ๆ

6. ไม่ด่วนสรุปข้อมูลด้วยตนเอง เปิดโอกาสให้มีการอภิปรายซักถามเพื่อจะได้เกิดแนวคิดกว้างขวางยิ่งขึ้น โดยให้นักเรียนเป็นผู้สรุป

7. ค้นหาวิธีการที่จะทำให้นักเรียนมีความเข้าใจยิ่งขึ้น บทบาทของครูในการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้จึงต้องมีการสร้างสถานการณ์ที่เปิดโอกาสให้นักเรียนมีส่วนร่วมในกิจกรรมต่าง ๆ ด้วยตัวนักเรียนเอง เป็นผู้ถามคำถามต่าง ๆ ที่จะช่วยนำทางให้นักเรียนค้นหาความรู้

สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน (2550, Online) ได้เสนอบทบาทของครูในการจัดการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ในแต่ละตอน ดังนี้

1. ขั้นการสร้างความสนใจ ครูต้องสร้างความสนใจ สร้างความอยากรู้อยากเห็น ตั้งคำถามกระตุ้นให้นักเรียนคิด ดึงเอาคำตอบที่ยังไม่ครอบคลุมสิ่งที่นักเรียนรู้ หรือแนวคิดหรือเนื้อหา

2. ขั้นการสำรวจและค้นหา ส่งเสริมให้นักเรียนทำงานร่วมกนในการสำรวจตรวจสอบ สังเกตและฟังการโต้ตอบกนระหว่างนักเรียนกับนักเรียน ซักถามเพื่อนำไปสู่การสำรวจตรวจสอบของนักเรียน ให้เวลานักเรียนในการคิดข้อสงสัยตลอดจนปัญหาต่าง ๆ ทำหน้าที่ให้คำปรึกษาแก่นักเรียน

3. ขั้นการอธิบายและลงข้อสรุป ส่งเสริมให้นักเรียนอธิบายแนวคิด หรือให้คำจำกัดความด้วยคำพูดของนักเรียนเอง ให้นักเรียนแสดงหลักฐาน ให้เหตุผลและอธิบายให้กระจ่างให้นักเรียนอธิบาย ให้คำจำกัดความและชี้บอกส่วนต่าง ๆ ในแผนภาพ ให้นักเรียนใช้ประสบการณ์เดิมของตนเป็นพื้นฐานในการอธิบายแนวคิด

4. ขั้นการขยายความรู้ คาดหวังให้นักเรียนได้ใช้ประโยชน์จากการชี้บอกส่วนประกอบต่าง ๆ ในแผนภาพคำจำกัดความและอธิบายสิ่งที่เรียนรู้มาแล้ว ส่งเสริมให้นักเรียนนำสิ่งที่นักเรียนได้เรียนรู้ไปประยุกต์ใช้หรือขยายความรู้และทักษะในสถานการณ์ใหม่ ให้นักเรียนอธิบายอย่างมีความหมาย ให้นักเรียนอ้างอิงข้อมูลที่มีอยู่พร้อมทั้งแสดงหลักฐานและถามคำถามนักเรียนว่าได้เรียนรู้อะไรบ้างหรือได้แนวคิดอะไร

5. ขั้นการประเมินผล สังเกตนักเรียนในการนำแนวคิดและทักษะใหม่ไปประยุกต์ใช้ประเมินความรู้และทักษะนักเรียน หาหลักฐานที่แสดงวานักเรียนเปลี่ยนความคิดหรือพฤติกรรม ให้นักเรียนประเมินการเรียนรู้และทักษะกระบวนการกลุ่ม ถามคำถามปลายเปิด เช่น ทำไมนักเรียนจึงคิดเช่นนั้น

ทิศนา แขมมณี (2560) ได้กล่าวถึงบทบาทของครูในการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ดังนี้

1. สร้างโอกาสให้นักเรียนได้เผชิญปัญหาหรือสถานการณ์ที่กระตุ้นให้นักเรียนเกิดการท้าทายทางความคิดและกระตุ้นความใฝ่รู้ใฝ่เรียน

2. กระตุ้นให้นักเรียนแสดงความคิดเห็น ตลอดจนกระตุ้นให้เกิดความแตกต่างทางความคิดอันนำไปสู่การศึกษาค้นคว้าและสำรวจตรวจสอบ

3. อำนวยความสะดวกให้กับนักเรียนในการวางแผนการสำรวจตรวจสอบการทำงานร่วมกันเป็นทีม รวมทั้งคอยให้คำแนะนำเกี่ยวกับการวางแผนการสำรวจตรวจสอบแหล่งข้อมูลและการทำงานร่วมกัน

4. อำนวยความสะดวกและให้คำแนะนำให้กับนักเรียนในการดำเนินการแสวงหาความรู้ รวมทั้งติดตามการทำงานของนักเรียน

5. ให้คำแนะนำเกี่ยวกับการวิเคราะห์ข้อมูลและสรุปผล รวมทั้งการอภิปรายและการนำเสนอผลการสำรวจตรวจสอบ

### *2.5.2 บทบาทของนักเรียนในการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้*

ทิศนา แขมมณี (2551) ได้กล่าวถึง บทบาทของนักเรียนในการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้สามารถสรุปได้ดังนี้

1. ให้ความสนใจกับสถานการณ์หรือปัญหาอันนำไปสู่การสำรวจตรวจสอบ
2. แสดงความคิดเห็นต่อปัญหาหรือสถานการณ์ปัญหา
3. ร่วมกันวางแผนในการแสวงหาความรู้ตลอดจนทำงานร่วมกันเป็นทีมในการวางแผนการสำรวจตรวจสอบและการศึกษาค้นคว้าหาความรู้
4. ดำเนินการสำรวจตรวจสอบตามแผนงานที่ได้วางไว้
5. รวบรวมข้อมูลจากการสำรวจตรวจสอบ
6. วิเคราะห์ข้อมูล อภิปรายและนำเสนอข้อมูลที่ได้จากการสำรวจตรวจสอบ

จากการศึกษาบทบาทของครูและนักเรียนในการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้จากนักการศึกษาและนักวิชาการข้างต้น ครูและนักเรียนมีบทบาทที่จะทำให้การเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ดำเนินไปได้อย่างราบรื่น และได้ผลลัพธ์การเรียนรู้ตามที่คาดหวัง สามารถสรุปบทบาทของครูและนักเรียนในขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้นตอน ได้ดังตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 บทบาทของครูและนักเรียนในขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้นตอน

| ขั้นตอนสืบเสาะหาความรู้ | บทบาทของครู | บทบาทของนักเรียน |
|---|---|---|
| ขั้นที่ 1 สร้างความสนใจ | - สร้างสถานการณ์กระตุ้นให้นักเรียนเกิดการท้าทายทางความคิด สนใจอยากรู้อยากเห็น<br>- ทบทวนประสบการณ์และความรู้เดิมของนักเรียน | - สนใจสถานการณ์และแสดงความคิดเห็นต่อสถานการณ์หรือปัญหา จากประสบการณ์เดิม<br>- รับฟังประสบการณ์ของผู้อื่น |
| ขั้นที่ 2 สำรวจค้นหา | - กระตุ้นให้นักเรียนแสดงความคิดเห็น ที่หลากหลาย<br>- กระตุ้นให้นำไปสู่การศึกษาค้นคว้าและสำรวจตรวจสอบ<br>- ให้เวลานักเรียนแลกเปลี่ยนความคิดเห็นอย่างเพียงพอ | - ทำงานเป็นกลุ่ม ร่วมกันคิดตัดสินใจ วางแผนในการเลือกวิธีการ ในการสำรวจ ค้นคว้าข้อมูล<br>- ลงมือปฏิบัติตามที่วางแผนไว้ |

ตารางที่ 2.2 (ต่อ)

| ขั้นตอนสืบเสาะหาความรู้ | บทบาทของครู | บทบาทของนักเรียน |
|---|---|---|
| | - เตรียมอุปกรณ์พร้อมสำหรับการค้นคว้า ทดลอง | |
| ขั้นที่ 3 อธิบายและลงข้อสรุป | - ส่งเสริมนักเรียนในการตรวจสอบข้อมูล อภิปรายข้อมูล และลงข้อสรุปเป็นองค์ความรู้ด้วยตนเอง สนับสนุนด้วยหลักฐานเชิงประจักษ์และเป็นเหตุเป็นผล | - รวบรวมข้อมูล วิเคราะห์ข้อมูล อภิปรายและนำเสนอข้อมูลที่ได้สรุปเป็นองค์ความรู้ด้วยตนเอง |
| ขั้นที่ 4 ขยายความรู้ | - ส่งเสริมให้นักเรียนนำข้อสรุปที่ได้ประยุกต์กับสถานการณ์ที่หลากหลาย โดยอ้างอิงจากข้อมูลที่มี | - ประยุกต์ข้อสรุปที่ได้กับสถานการณ์ที่หลากหลาย หรือปัญหาในชีวิตประจำวัน |
| ขั้นที่ 5 ประเมินความรู้ | - สังเกตพฤติกรรมและการประยุกต์ใช้ความรู้ของนักเรียน<br>- ประเมินความรู้และทักษะของนักเรียนด้วยวิธีการที่หลากหลาย | - แสดงความรู้และทักษะที่เกิดขึ้นจากการเรียนรู้ |

## 3. กลวิธีการทำนาย – สังเกต – อธิบาย

### 3.1 ความหมายของกลวิธี การทำนาย-สังเกต-อธิบาย

White and Gunstone (1992) ได้ให้ความหมายของกลวิธี การทำนาย – สังเกต - อธิบาย (POE) ไว้ว่า เป็นวิธีการที่มีประสิทธิภาพ ส่งเสริมให้นักเรียนได้ ตัดสินใจ แสดงความคิดเห็นและอภิปรายอย่างเป็นขั้นตอน โดยมุ่งเน้นให้นักเรียนได้คิดทำนาย สังเกตและ ใช้ทักษะการสื่อสารในการอธิบายสิ่งที่เกิดขึ้น ทำให้นักเรียนคิดและเกิดความเข้าใจ ในเรื่องที่เรียนรวมทั้งส่งผลเพิ่มประสิทธิภาพด้านการเรียนเพราะนักเรียนเป็นผู้ลงมือปฏิบัติเอง

Wu & Tsai (2005) กล่าวถึง การจัดการเรียนรู้โดยใช้กลวิธี การทำนาย – สังเกต - อธิบาย (POE) เป็นเทคนิคที่นักเรียนได้คิดทำนายกับการสังเกต การสาธิต และ การอภิปรายผลให้สอดคล้องระหว่าง

การทำนายผลการสังเกต อาจแสดงความรู้เดิม และเกิดการเรียนรู้ใหม่กับสิ่งที่นักเรียนได้สังเกต เป็นการเปิดโอกาสให้นักเรียนมีการแลกเปลี่ยนและมีการเจรจาต่อรอง ในการเรียนรู้องค์ความรู้ใหม่ของนักเรียน

Haysom & Bowen (2010) กล่าวถึงการจัดการเรียนรู้โดยใช้กลวิธี การทำนาย – สังเกต - อธิบาย(POE) เป็นการสอนตามทฤษฎีสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง เป็นการจัดการสอนวิทยาศาสตร์ที่มุ่งเน้นการท้าทายให้นักเรียนเกิดการมีส่วนร่วมในกระบวนการเรียน เนื่องจากแบบบรรยาย เป็นการทำให้นักเรียนอยู่สถานะ “พยาน” นั่นคือ แค่ผ่านมาเห็นเหตุการณ์ ดังนั้นความเข้าใจและทัศนคติจะแตกต่างไปจาก “ผู้ที่อยู่ในเหตุการณ์” จึงทำให้ขาดการเชื่อมโยงประสบการณ์

โชคชัย ยืนยง (2561) กลวิธี การทำนาย – สังเกต - อธิบาย (POE) เป็นการจัดการเรียนรู้ที่เน้นธรรมชาติของวิทยาศาสตร์เทคโนโลยี ให้ความสำคัญกับสร้างความสนใจและความสงสัยให้เกิดกับนักเรียน ซึ่งเป็นการสร้างความสงสัยควรจะสัมพันธ์กับชีวิตประจำวันหรือประสบการณ์เดิมของนักเรียน เพื่อส่งเสริมให้นักเรียนได้เกิดการสืบเสาะหาความรู้

กล่าวโดยสรุปได้ว่า ความหมายของกลวิธี การทำนาย – สังเกต - อธิบาย หมายถึง กลวิธีการสอนที่การท้าทายให้นักเรียนเกิดการมีส่วนร่วมในกระบวนการเรียน นักเรียนได้คิด ตัดสินใจ แสดงความคิดเห็น ทำนายเหตุการณ์ที่จะเกิดขึ้นจากสถานการณ์ที่กำหนด โดยใช้เหตุผล และการสังเกต สร้างเป็นคำอธิบายอย่างเป็นขั้นตอนโดยใช้ทักษะการสื่อสารในการอธิบายสิ่งที่เกิดขึ้น เปิดโอกาสมีการแสดงความคิดของตนเอง โต้แย้ง และยอมรับความคิดเห็นของผู้อื่นอย่างเป็นเหตุเป็นผล เกิดเป็นความรู้ใหม่ด้วยตนเองจากการปฏิบัติกิจกรรมที่นักเรียนเป็นผู้ลงมือปฏิบัติเอง

## 3.2 แนวคิด ทฤษฎีการเรียนรู้ที่เกี่ยวข้องกับกลวิธี การทำนาย – สังเกต - อธิบาย

### *3.2.1 ทฤษฎีการสร้างความรู้*

ทฤษฎีการสร้างความรู้ เป็นทฤษฎีการเรียนรู้ที่เน้นให้นักเรียน เป็นผู้สร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง โดยนักเรียนสร้างความรู้ใหม่จากประสบการณ์ที่ได้รับเชื่อมโยงกับความรู้เดิมของนักเรียน สอดคล้องกับกลวิธี การทำนาย – สังเกต - อธิบาย ดังนี้

White & Gunstone (1992) กล่าวว่า กลวิธี การทำนาย – สังเกต - อธิบาย (POE) ขั้นการทำนายส่งเสริมให้นักเรียนได้ตัดสินใจเกี่ยวกับความรู้ที่มีอยู่บนพื้นฐานความรู้เดิม โดยกระตุ้นให้นักเรียนได้แสดงความคิดเห็น และมีการอภิปรายเกี่ยวกับแนวคิดวิทยาศาสตร์ผ่านกิจกรรมการจัดการเรียนรู้ เป็นวิธีการสอนตามแนวคิดทฤษฎีสร้างความรู้ นักเรียนได้สร้างความรู้ด้วยตนเองจากการเชื่อมโยงหลักฐานที่เป็นประสบการณ์ใหม่กับประสบการณ์เดิม การนำเสนอเหตุการณ์ นักเรียนคิดหาวิธีการทางพิสูจน์เพื่อหาคำตอบจากสถานการณ์ ที่ครูสร้างขึ้น สังเกตผลที่เกิดขึ้นจากการพิสูจน์และระบุสิ่งที่ได้จากการสืบเสาะหาความรู้ด้วยตนเองพร้อมกับอธิบายถึงความแตกต่างระหว่างสิ่งที่ได้จากการทำนายกับสิ่งที่ได้จากการสังเกตหรือผลการทดลอง เป็นกระบวนการที่ทำให้นักเรียนเกิดการสร้างความรู้

Haysom & Bowen (2010) กล่าวถึงกลวิธีการทำนาย – สังเกต - อธิบาย (POE) เป็นกลวิธีการสอนตามแนวคิดทฤษฎีสร้างความรู้ นักเรียน ที่เน้นการท้าทายให้นักเรียนเกิดการมีส่วนร่วมในกระบวนการเรียน เนื่องจากการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แบบบรรยายอย่างเดียวนั้นเป็นการทำให้นักเรียนอยู่สถานะ “พยาน” นั่นคือ แค่ผ่านมาเห็นเหตุการณ์ ดังนั้นความเข้าใจและทัศนคติอาจแตกต่างไปจาก “ผู้ที่อยู่ในเหตุการณ์” อย่างแท้จริง เป็นกระบวนการที่นักเรียนเกิดความรู้จากการแปลความหมายจากประสบการณ์ที่ได้รับ และเชื่อมโยงกับประสบการณ์เดิม เป็นการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพ

สรุปได้ว่า กลวิธีการทำนาย – สังเกต - อธิบาย (POE) เป็นกลวิธีตามแนวคิดตามทฤษฎีการสร้างความรู้ เพราะกลวิธี การทำนาย – สังเกต - อธิบาย เป็นขั้นตอนที่เน้นย้ำให้นักเรียนมีการเชื่อมโยงความรู้เดิมจากการทำนาย ไปสู่การพิสูจน์ในการสังเกตที่เป็นประสบการณ์ใหม่ท้าทายนักเรียนได้ คิด วางแผน ปฏิบัติ และขั้นตอนการอธิบายกระตุ้นให้นักเรียนได้เชื่อมโยงความรู้เดิมและความประสบการณ์เกิดเป็นความรู้ใหม่ สรุปเป็นองค์ความรู้ด้วยตนเอง มีส่วนร่วมในการเรียนรู้ เกิดเป็นการสร้างความรู้ด้วยตนเอง ตามแนวคิดของทฤษฎีการสร้างความรู้

### *3.2.2 ทฤษฎีการเรียนรู้อย่างมีความหมาย*

กิ่งฟ้า สินธุวงษ์ และสุจินต์ วิศวธีรานนท์ (2557) กล่าวถึง ทฤษฎีการเรียนรู้อย่างมีความหมาย ของ Ausubel ไว้ว่าเป็นการเรียนรู้โดยการนำสิ่งที่เรียนรู้เชื่อมโยงกับความรู้หรือประสบการณ์เดิม แตกต่างกับการเรียนรู้แบบท่องจำที่ เป็นการรับรู้สิ่งที่เรียนและพยายามจดจำให้ได้ การเรียนรู้อย่างมีความหมายมุ่งเน้นให้นักเรียนพัฒนาโครงสร้างความรู้ จากนโนมติจากกว้างไปแคบ เพื่อให้นักเรียนสามารถเชื่อมโยงความรู้ใหม่กับความรู้เดิม เกิดการเรียนรู้ใหม่อย่างมีความหมายและคงทน

โดยวิธีสอนเพื่อให้เกิดการเรียนรู้อย่างมีความหมาย มีเงื่อนไข 3 ประการ ซึ่งตรงกับขั้นตอนของกลวิธีการทำนาย – สังเกต - อธิบาย คือ

1. ความรู้ใหม่ต้องมีความหมายเชิงเหตุและผลต่อเนื่องกับความรู้เดิม ตรงกับขั้นการอธิบายที่ต้องเชื่อมโยงข้อกล่าวอ้างกับหลักฐานด้วยเหตุผลทางวิทยาศาสตร์ โต้แย้งแลกเปลี่ยนข้อมูลกับผู้อื่นด้วยเหตุผลและข้อมูลที่เป็นหลักฐานเชิงประจักษ์

2. โครงสร้างความรู้เดิมของผู้เรียนต้องสัมพันธ์กับความรู้ใหม่ ตรงกับขั้นการทำนายและการสังเกต ที่นักเรียนจะได้ทำนายสถานการณ์จากความรู้เดิมที่มี เป็นการเชื่อมโครงสร้างความรู้เดิมและความรู้ใหม่ที่กำลังจะเกิดขึ้นในขั้นตอนการสังเกต จากการสืบค้น ทดลอง หรือเก็บข้อมูล

3. นักเรียนต้องสนใจและแน่วแน่ในการเรียนรู้อย่างมีความหมาย ไม่เช่นนั้นจะทำให้เกิดการเรียนรู้แบบท่องจำ ตรงกับขั้นการทำนาย ที่ในขั้นตอนการทำนายจะกระตุ้นให้นักเรียนเกิดความสงสัย และสนใจในบทเรียน เกิดความต้องการในการหาคำตอบ ทำให้การเรียนรู้ที่เกิดขึ้นเป็นการเรียนรู้อย่างมีความหมาย

มารุต พัฒนผล (2563) กล่าวถึง ทฤษฎีการเรียนรู้อย่างมีความหมาย ว่าพัฒนาขึ้นโดย David Paul Ausubel (ค.ศ. 1918 – 2008) นักจิตวิทยาชาวอเมริกัน โดยความเชื่อว่า การเรียนรู้จะมีความหมายต่อนักเรียน หากสามารถเชื่อมโยงกับสิ่งที่เคยเรียนรู้มาก่อน เนื้อหา สาระใด ๆ สามารถจัดการเรียนรู้ให้กับนักเรียนได้ แต่ต้องใช้วิธีการให้เหมาะสมกับศักยภาพของนักเรียน นักเรียนสามารถเรียนรู้ได้เมื่อมีความพร้อม สอดคล้องกับขั้นตอนในการกลวิธีการทำนาย – สังเกต - อธิบายในขั้นตอนการทำนาย นักเรียนใช้ความรู้เดิมในการทำนาย กระตุ้นให้นักเรียนมีความสนใจในเนื้อหา และขั้นตอนการอธิบาย นักเรียนจะต้องเชื่อมโยงความรู้เดิมและความรู้ใหม่ สร้างและแก้ไขปรับปรุง ความคิดใหม่ให้ถูกต้องตามความเป็นจริงหรือตามแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์ เป็นการหาคำตอบในสิ่งที่นักเรียนสงสัยทำให้เป็นการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพและเป็นการเรียนรู้อย่างมีความหมาย

กล่าวสรุปได้ว่ากลวิธี การทำนาย – สังเกต - อธิบาย (POE) เป็นกลวิธีตามแนวคิดตามทฤษฎีการเรียนรู้อย่างมีความหมาย เพราะกลวิธีการทำนาย – สังเกต - อธิบาย มีขั้นตอนให้นักเรียนเกิดคำถาม ความสงสัย ในเหตุการณ์ เมื่อนักเรียนทำการสังเกต เพื่อนำมาอธิบายนักเรียนจะได้เชื่อมโยงระหว่างคำทำนายที่มาจากความรู้เดิมของนักเรียน และสิ่งที่ได้จากการสังเกตที่เป็นความรู้ใหม่อย่างมีเหตุผลและมีหลักฐานประกอบ การเชื่อมโยงประสบการณ์เดิมของนักเรียนและประสบการณ์ใหม่ ทำให้เกิดเป็นการเรียนรู้อย่างมีความหมาย

**3.3 ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้กลวิธี การทำนาย – สังเกต - อธิบาย**

นักวิชาการและนักการศึกษา ได้ระบุขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้ กลวิธี การทำนาย – สังเกต - อธิบาย ไว้ดังนี้

White & Gunstone (1992) ได้กล่าวถึง กลวิธีการสอนแบบ Predict – Observe - Explain (POE) ว่าเป็นการตรวจสอบความเข้าใจในการเรียนรู้ของนักเรียน ตามขั้นตอน 3 ขั้น ได้แก่

ขั้นที่ 1 คือ ทำนายเหตุการณ์โดยให้เหตุผลและความรู้เดิมประกอบการทำนาย

ขั้นที่ 2 คือ สังเกตและบรรยายในสิ่งที่สังเกตได้

ขั้นที่ 3 คือ อธิบายเหตุผลทั้งที่เป็นไปในทางเดียวกันหรือขัดแย้งกันระหว่างการทำนายและการสังเกต

Haysom & Bowen (2010) เสนอลำดับการจัดการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธี POE 8 ขั้นตอน ดังนี้

1. ขั้นแนะนำและสร้างแรงกระตุ้น (Orientation and motivation) นักเรียนแสดงประสบการณ์เดิมที่เกี่ยวข้องกับแนวคิดของการทดลอง และสร้างประสบการณ์ของนักเรียนที่เกี่ยวข้องกับการทดลองที่กำลังจะได้ปฏิบัติต่อไป

2. ขั้นแนะนำการทดลอง (Introducing the experiment) แนะนำการทดลอง โดยจะเชื่อมโยงการทดลองกับความรู้ที่ได้เกริ่นแล้วให้เกิดความหมายหมายที่สมบูรณ์

3. ขั้นทำนาย (Predict) นักเรียนจะได้นำเสนอและแลกเปลี่ยนแนวคิดของตนเองก่อนเริ่มการทดลอง โดยทำนายว่าผลที่เกิดขึ้นจะเป็นอย่างไร

4. ขั้นอภิปรายผลการทำนาย (Discussing their predict) นักเรียนแลกเปลี่ยนผลการทำนาย เพื่อทำการอภิปรายในชั้นเรียน โดยครูจะต้องส่งเสริมและให้อิสระในการนำเสนอการทำนายของนักเรียน โดยไม่ด้อยค่าความเห็นใด เพื่ออภิปรายและเลือกคำทำนายที่ดีที่สุด

5. ขั้นสังเกตการณ์ (Observation) นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติ หากเป็นการสาธิตควรให้นักเรียนมีส่วนร่วมมากที่สุด และเขียนบันทึกจากการสังเกตการณ์

6. ขั้นอธิบาย (Explanation) นักเรียนแสดงแนวคิดของตนเองกับเพื่อนร่วมชั้นเรียนด้วยรูปแบบต่าง ๆ เกี่ยวกับสิ่งที่ได้สังเกตได้และลงมือเขียน อธิบาย เมื่อนักเรียนอธิบายเสร็จควรทำการอภิปรายร่วมกันหน้าชั้นเรียนอีกครั้ง

7. ขั้นเสนอการอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ (Providing the scientific explanation) เป็นการแนะนำและ อธิบายเชิง และให้นักเรียนตรวจสอบความเหมือนและความแตกต่างโดยการอธิบายในเชิงวิทยาศาสตร์

8. ขั้นติดตามผล (Follow - up) นักเรียนสามารถประยุกต์ความรู้ที่ได้ไปใช้อธิบายเหตุการณ์อื่นได้

Baodi (2003) และสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2551) กล่าวสรุปขั้นตอน ของกลวิธี การทำนาย – สังเกต - อธิบาย (POE) ไว้คล้ายกันดังนี้

1. ทำนาย (Predict) ขั้นทำนายผล เป็นขั้นตอนการใช้คำถามให้นักเรียน ทำนายผลจากสถานการณ์ที่กำหนดให้ จะเกิดอะไรขึ้น ในกิจกรรมที่สังเกต พร้อมทั้งให้เหตุผลประกอบ

2. สังเกต (Observe) ขั้นสังเกตหรือทดลอง นักเรียนสังเกตหรือทำการทดลองและเปรียบเทียบผลที่ได้จากการทำนายผล และบันทึกผล

3. อธิบาย (Explain) ขั้นอธิบาย นักเรียนอธิบายผลที่ได้จากการสังเกต กับการทำนายผลว่าเหมือนหรือแตกต่างอย่างไร

จากการศึกษาขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้โดยใช้กลวิธี การทำนาย – สังเกต - อธิบาย (POE) ที่ได้กล่าวมา ข้างต้นสามารถสรุปขั้นตอนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ กลวิธี การทำนาย – สังเกต - อธิบาย (POE) ได้ดังนี้

1. ขั้นทำนาย (Predict) เป็นขั้นตอนที่นักเรียนต้องทำนายผลสิ่งที่จะเกิดขึ้น จากการทดลองหรือสถานการณ์ที่กำหนด ทั้งนี้โดยอาศัยพื้นฐานความรู้และประสบการณ์เดิม ซึ่งเป็นการคาดการณ์ล่วงหน้า

2. ขั้นสังเกต (Observe) เป็นขั้นตอนที่นักเรียนหาคำตอบ โดยการลงมือทดลอง พิสูจน์สังเกตการณ์ การสืบค้นข้อมูล และวิธีการต่าง ๆ เพื่อให้ได้มาซึ่งคำตอบของ สถานการณ์ปัญหานั้น

3. ขั้นอธิบาย (Explain) เป็นขั้นตอนที่จะเกิดการเปรียบเทียบระหว่างสิ่งที่นักเรียนได้ทำนายไว้กับผลที่สังเกตได้การทดลอง ว่าเหมือนหรือแตกต่างจากสิ่งที่ทำนายไว้เพราะ เหตุใด โดยมีเหตุผลประกอบ ความขัดแย้งระหว่างสิ่งที่ทำนายกับผลการทดลองที่เกิดขึ้นซึ่งจะนำไปสู่การแก้ไข ปรับปรุงความคิดขึ้นมาใหม่จากประสบการณ์ที่ได้รับจากการทดลอง

**3.4 การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ผนวกกลวิธี การทำนาย – สังเกต - อธิบาย**

จากการศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ผนวกกลวิธีการทำนาย – สังเกต - อธิบาย พบว่า

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2553) ยังได้กล่าวว่า การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ เปิดโอกาสให้นักเรียนสร้างความรู้ผ่านการลงมือปฏิบัติ ผ่านกระบวนการตั้งคำถามที่สงสัย ให้ความสำคัญกับประจักษ์พยาน สร้างคำอธิบายจากประจักษ์พยาน เชื่อมโยงคำอธิบายกับความรู้วิทยาศาสตร์และวินิจฉัยคำอธิบายและสื่อสารให้ผู้อื่นเข้าใจ มี 5 ขั้นตอน ดังนี้

**ขั้นที่ 1** การสร้างความสนใจ (Engagement) ขั้นนี้เป็นของการนำเข้าสู่บทเรียนหรือนำเข้าสู่เรื่องที่อยู่ในความสนใจที่เกิดจากข้อสงสัย โดยครูผู้สอนจะต้องกระตุ้นให้นักเรียนเกิดความสนใจใคร่รู้ เพื่อนำเข้าสู่บทเรียนหรือเนื้อหาใหม่ ๆ

**ขั้นที่ 2** การสำรวจและค้นหา (Exploration) นักเรียนดำเนินการศึกษาค้นคว้าหาคำตอบที่สงสัย โดยการรวบรวมข้อมูลด้วยวิธีการต่าง ๆ

**ขั้นที่ 3** การอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation) นักเรียนนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์และแปลผล เพื่อสรุปผลและนำเสนอผลที่ได้ในรูปต่าง ๆ เพื่ออธิบายสิ่งที่สงสัย

**ขั้นที่ 4** การขยายความรู้ (Elaboration) นำความรู้ที่ได้จากขั้นก่อนหน้านี้ มาเชื่อมโยงกับความรู้เดิมหรือใช้อธิบายถึงสถานการณ์หรือเหตุการณ์เกี่ยวข้อง นักเรียนร่วมกันอภิปรายและแสดงความคิดเห็นเพิ่มเติม ซึ่งจะทำให้นักเรียนสามารถเชื่อมโยงความรู้เข้ากับประสบการณ์หรือสถานการณ์

**ขั้นที่ 5** การประเมินผล (Evaluation) เป็นขั้นของการประเมินการเรียนรู้และทักษะของนักเรียนด้วยรูปแบบที่เหมาะสม โดยมีครูผู้สอนช่วยตรวจสอบและปรับปรุงความรู้ที่นักเรียนได้รับนั้นให้ถูกต้องเหมาะสมและสอดคล้องกับความรู้เดิมของนักเรียน

และกลวิธีการสอน การทำนาย – สังเกต - อธิบาย มีขั้นตอนดังนี้

**ขั้นที่ 1 ทำนาย (Predict)** เป็นขั้นที่ให้นักเรียนทำนายเกี่ยวกับปรากฏการณ์ต่าง ๆ หรือผลการทดลองที่คาดว่าจะเกิดขึ้น โดยที่นักเรียนต้องให้เหตุผลเกี่ยวกับคำทำนายของนักเรียนด้วย

**ขั้นที่ 2 สังเกต (Observe)** เป็นขั้นที่นักเรียนต้องลงมือ หาข้อมูลหรือทำการทดลองเพื่อหาเก็บข้อมูลหลักฐาน โดยการทดลอง หรือพิสูจน์คำทำนาย นักเรียนเป็นผู้ออกแบบการทดลองหรือวางแนวทางการพิสูจน์ตามความต้องการของนักเรียน

**ขั้นที่ 3 อธิบาย (Explain)** เป็นขั้นที่นักเรียนต้องหาเหตุผลทฤษฎี มาเชื่อมโยงคำทำนายและที่สังเกตได้ อาจจะมีการแลกเปลี่ยนความรู้กับกลุ่มอื่นแล้วค้นคว้าหาข้อมูล จนสามารถอธิบายปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นได้และมีความน่าเชื่อถือมากที่สุด

กระบวนการข้างต้นจะช่วยกระตุ้นให้นักเรียนสนใจบทเรียน มุ่งมั่นในการทดลอง โดยการทำนายผลที่คาดว่าจะเกิดขึ้นก่อน วางแผน และลงมือทำกิจกรรม ส่งผลต่อพฤติกรรมของนักเรียนต่อการจดจ่อกับกิจกรรม ใส่ใจสังเกต ละเอียด รอบคอบ และนำผลที่ได้จากการสังเกตมาอธิบายและเปรียบเทียบระหว่างสิ่งที่ทำนายไว้ ทำให้นักเรียนเกิดความสนุกสนานในการทำกิจกรรม เกิดความท้าทายในการเรียนรู้เพื่อตรวจสอบผลการการทำนายของตนเอง ส่งเสริมการสร้างคำอธิบายจากประจักษ์พยาน

งานวิจัยของ กฤตกร สภาสันติกุล (2559) พบว่า การจัดการเรียนรู้โดยกลวิธี การทำนาย – สังเกต - อธิบาย มีผลต่อความสามารถในการสร้างคำอธิบายและความมีเหตุผลของนักเรียน ในวิชาเคมี ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยประกอบด้วย 8 ขั้นตอน คือ

ขั้น 1 การนำเข้าสู่บทเรียนและสร้างแรงจูงใจ

ขั้น 2 การนำเข้าสู่กิจกรรมหรือการทดลอง

ขั้น 3 การทำนาย

ขั้น 4 การอภิปรายสิ่งที่ทำนาย

ขั้น 5 การสังเกต

ขั้น 6 การอธิบาย

ขั้น 7 การใช้คำอธิบายทางวิทยาศาสตร์

ขั้น 8 การติดตามผล

โดยนักเรียนมีโอกาสสร้างคำอธิบายของตนเอง มีการแลกเปลี่ยนคำอธิบายกับเพื่อนในกลุ่ม ให้ความสำคัญและระบุหลักฐานที่นจากการสังเกต และให้เหตุผลประกอบ จึงช่วงส่งเสริมความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนได้

จากข้อมูลข้างต้นจึงสรุปได้ว่า การนำกลวิธีการสอน การทำนาย – สังเกต - อธิบาย มาใช้เสริมในขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้น่าจะช่วยส่งเสริมให้นักเรียนปฏิบัติการในกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ได้ดีขึ้น ทำให้นักเรียนมีพัฒนาการทางการเรียนที่เพิ่มขึ้นเนื่องมาจากนักเรียนมีความเข้าใจในเนื้อหา มีส่วนร่วมในกิจกรรมการเรียนรู้อย่าง ทั่วถึงได้ลงมือปฏิบัติจริง เรียนรู้กระบวนการทำงานกลุ่มมีความกระตือรือร้นในการทำกิจกรรมตลอดจน สร้างความรู้ได้ด้วยตนเอง โดยมีขั้นตอนดังนี้

**ขั้นที่ 1 การสร้างความสนใจ ผนวกกับการทำนาย** ครูนำเข้าสู่บทเรียนด้วยการกระตุ้นให้นักเรียนเกิดความสนใจใคร่รู้ จากการแสดงความคิดเห็นทำนายเหตุการณ์ที่จะเกิดขึ้นในอนาคตจากความรู้หรือความเข้าใจเดิมของนักเรียน

**ขั้นที่ 2 การสำรวจและค้นหา ผนวกกับการสังเกต** นักเรียนตรวจสอบคำทำนายของตนเองโดยการวางแผนการหาหลักฐานเพื่อมาตรวจสอบและยืนยันคำทำนายของตนเอง ด้วยกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ได้แก่ การสืบค้น การทดลอง เพื่อหาหลักฐานมาพิสูจน์คำทำนาย และสังเกตข้อมูลที่ได้ว่าตรงกับสิ่งที่นักเรียนได้ทำนายไว้หรือไม่ อย่างไร

**ขั้นที่ 3 การอธิบายและลงข้อสรุป ผนวกกับการอธิบาย** นักเรียนสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์โดยเชื่อมโยงข้อมูลที่นักเรียนได้รับจากหลักฐาน พร้อมกับอธิบายความเชื่อมโยงระหว่างคำทำนาย หลักฐาน และทฤษฎี ขั้นนี้นักเรียนสรุปผล สิ่งที่ทำนายมีความถูกต้องหรือไม่ และจะได้แลกเปลี่ยนคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์กับเพื่อนกลุ่มอื่น และได้เรียนรู้กับแลกเปลี่ยนและรับฟังหลักฐานและที่เกิดขึ้น จนได้เป็นคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ที่สมบูรณ์

**ขั้นที่ 4 การขยายความรู้** นักเรียนเชื่อมโยงความรู้ของตนกับคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ที่สร้างขึ้น ใช้อธิบายเหตุการณ์อื่น ๆ ที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวัน เพื่อให้มีความรู้ที่กว้างขึ้น

**ขั้นที่ 5 การประเมินผล** ครูประเมินการเรียนรู้ด้วยกระบวนการต่าง ๆ ระหว่างและท้ายการทำกิจกรรม โดยนักเรียนประเมินตนเอง และประเมินโดยเพื่อนร่วมชั้น ควบคู่ด้วย

จากการศึกษาการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้และกลวิธี การทำนาย – สังเกต – อธิบาย จากนักวิชาการและนักการศึกษาหลายท่าน ผู้วิจัยจึงมีความเห็นว่าวิธีการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้เมื่อมาผนวกกับกลวิธี การทำนาย – สังเกต - อธิบาย ที่ช่วยทำให้ขั้นตอนการสืบเสาะหาความรู้ เน้นให้นักเรียนได้ทำนาย และเปรียบเทียบคำนายกับหลักฐานเชิงประจักษ์ เกิดเป็นคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ที่มีหลักฐานและเหตุผลประกอบ จะสามารถพัฒนาความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์และส่งผลถึงการพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียน และของนักเรียนได้ โดยมีขั้นตอนดังนี้

**ขั้นที่ 1 การสร้างความสนใจ ผนวกกับการทำนาย** นำเข้าสู่บทเรียนด้วยการกระตุ้นให้นักเรียนเกิดความสนใจใคร่รู้ จากการแสดงความคิดเห็นทำนายเหตุการณ์ที่จะเกิดขึ้นในอนาคต จากความรู้หรือความเข้าใจเดิมของนักเรียน

**ขั้นที่ 2 การสำรวจและค้นหา ผนวกกับการสังเกต** นักเรียนตรวจสอบคำทำนายของตนเองโดยการวางแผนการหาหลักฐานเพื่อมาตรวจสอบและยืนยันคำทำนายของตนเอง ด้วยกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ได้แก่ การสืบค้น การทดลอง เพื่อหาหลักฐานมาพิสูจน์คำทำนาย และสังเกตข้อมูลที่ได้ว่าตรงกับสิ่งที่นักเรียนได้ทำนายไว้หรือไม่ อย่างไร

**ขั้นที่ 3 การอธิบายและลงข้อสรุป ผนวกกับการอธิบาย** นักเรียนสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์โดยเชื่อมโยงข้อมูลที่นักเรียนได้รับจากหลักฐาน พร้อมกับอธิบายความเชื่อมโยงระหว่างคำทำนาย หลักฐาน และทฤษฎี ขั้นนี้นักเรียนสรุปผล สิ่งที่ทำนายมีความถูกต้องหรือไม่ และจะได้

แลกเปลี่ยนคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์กับเพื่อนกลุ่มอื่น และได้เรียนรู้กับแลกเปลี่ยนและรับฟังหลักฐานและที่เกิดขึ้น จนได้เป็นคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ที่สมบูรณ์

**ขั้นที่ 4 การขยายความรู้** นักเรียนเชื่อมโยงความรู้ของตนกับคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ที่สร้างขึ้น ใช้อธิบายเหตุการณ์อื่น ๆ ที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวัน เพื่อให้มีความรู้ที่กว้างขึ้น

**ขั้นที่ 5 การประเมินผล** ประเมินการเรียนรู้ด้วยกระบวนการต่าง ๆ ระหว่างและท้ายการทำกิจกรรม นักเรียนประเมินโดยตนเอง เพื่อน และครูควบคู่กัน

**3.5 ประโยชน์ของการใช้กลวิธีการทำนาย – สังเกต - อธิบาย ในการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์**

จากการศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับ ประโยชน์ของการใช้กลวิธีการทำนาย – สังเกต - อธิบาย ในการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ พบว่า

White & Gunstone (1992) กล่าวว่า กลวิธีการทำนาย – สังเกต – อธิบาย เป็นวิธีการที่มีประสิทธิภาพที่จะส่งเสริมให้นักเรียนได้แสดงความคิดเห็นและอภิปรายเกี่ยวกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ที่เป็นขั้นตอน การนำเสนอสถานการณ์และให้นักเรียนทำนายว่าจะเกิดอะไรขึ้น ถ้ามีการเปลี่ยนแปลงหลังจากทำนายแล้วก็ให้นักเรียนบอกสิ่งที่สังเกตได้จากการสืบเสาะหาความรู้ด้วยตัวนักเรียนเอง และขั้นตอนสุดท้ายนักเรียนจะต้องอธิบายถึงความแตกต่างระหว่างสิ่งที่ได้จากการทำนายและการสังเกตหรือผลการทดลองที่ได้ ซึ่งกลวิธีการทำนาย-สังเกต-อธิบายจะทำให้กระบวนการสืบเสาะหาความรู้มีความชัดเจนยิ่งขึ้น

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2551) กล่าวว่ากลวิธี การทำนาย – สังเกต - อธิบาย (POE) มีประโยชน์ช่วยส่งเสริมกระบวนการสืบเสาะหาความรู้และการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ดังนี้

1. ขั้นตอนการทำนาย ประกอบกับการใช้เหตุผล ทำให้ครูสามารถประเมินความรู้ของนักเรียนได้

2. ขั้นตอนการสังเกตและจดบันทึก เป็นการพัฒนาทักษะการสังเกต เป็นทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่สำคัญ

3. ขั้นตอนการอธิบาย นักเรียนอธิบายความแตกต่างระหว่างสิ่งที่ทำนายและสิ่งที่สังเกตได้ ทำให้นักเรียนตระหนักถึงความรู้เดิมของตนเอง และตระหนักถึงการเรียนรู้ความรู้ใหม่จากการทำกิจกรรม

กล่าวโดยสรุปได้ว่า กลวิธี การทำนาย – สังเกต - อธิบาย (POE) ส่งเสริมกระบวนการสืบเสาะหาความรู้วิทยาศาสตร์ ช่วยให้ครูได้ออกแบบการจัดการเรียนรู้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ รูปแบบการจัดการเรียนรู้เปิดโอกาสให้นักเรียนกระตุ้นให้นักเรียนสนใจ แสดงความคิดเห็นของนักเรียน จากการทำนาย และทำให้ครูสามารถประเมินความรู้เดิมของนักเรียนได้ อีกทั้งการสังเกต นักเรียนจะได้พัฒนาทักษะการสังเกต ให้ความสำคัญกับการหาหลักฐานมาสนับสนุน และการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองจากสิ่งที่สังเกตได้ และในขั้นตอนสุดท้าย การอธิบาย นักเรียนต้องใช้ทักษะการอธิบาย บอกความแตกต่างระหว่าง

สิ่งที่ทำนายและสิ่งที่สังเกตได้ เกิดเป็นการเชื่อมโยงความรู้เดิมผนวกกับความรู้ใหม่ เกิดเป็นการสร้างความรู้อย่างมีประสิทธิภาพ

## 4. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

### 4.1 ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

มีแหล่งอ้างอิงทางวิชาการกล่าวถึงความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนไว้ในแง่มุมต่าง ๆ ดังนี้

Good and Brophy (2003) ได้ให้ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนไว้ว่า หมายถึง การสะสมความรู้ ความสามารถในการเรียนเข้าด้วยกัน

ศิริพร มาวรรณา (2546) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง ผลของการจัดการเรียนรู้ หรือ ความสามารถของบุคคลอันเกิดจากการได้รับการฝึกฝน สั่งสอนในด้านความรู้ ทักษะ และเจตคติที่ได้พัฒนาขึ้นตามลำดับขั้นในวิชาต่าง ๆ

พิมพันธ์ เดชะคุปต์ และพเยาว์ ยินดีสุข (2548) กล่าวถึงว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง ลักษณะที่บ่งบอกถึงความสำเร็จของนักเรียนที่ได้จากกระบวนการจัดการจัดการเรียนรู้

ทิศนา แขมมณี (2552) กล่าวว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึงความเข้าใจความรู้ การพัฒนาทักษะในด้านการเรียน ซึ่งอาจพิจารณาจากคะแนนสอบ หรือคะแนนที่ครูมอบหมาย ตามที่ กำหนดในการวัดผลการเรียนรู้

ราชบัณฑิตยสถาน (2546) พจนานุกรมศัพท์ศึกษาศาสตร์ ฉบับราชบัณฑิตยสถาน ให้ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน (learning achievement) ไว้ว่า หมายถึง ความรู้ ความ เข้าใจ ทักษะ กระบวนการ และเจตคติ ที่เกิดขึ้นจากการเรียนรู้ ซึ่งสามารถสังเกต วัดและทดสอบได้

จากความหมาย ความสำคัญ และขอบเขตของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ข้างต้นสามารถสรุปได้ว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเป็นผลลัพธ์หรือความสำเร็จของกระบวนการจัดการเรียนรู้ด้านพุทธิพิสัย สามารถวัดได้จากพฤติกรรมด้านความรู้ของนักเรียน จากการสอบหรือกิจกรรมในกระบวนการจัดการเรียนรู้

### 4.2 ขอบเขตของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

Bloom (2001) ได้กล่าวถึงพฤติกรรมการเรียนรู้ที่คาดหวังให้เกิดขึ้นกับตัวนักเรียน โดยมีการจัดจำแนกพฤติกรรมดังกล่าวออกเป็น 3 ด้าน ได้แก่ 1) ด้านพุทธิพิสัย 2) ด้านจิตพิสัย และ 3) ด้านทักษะพิสัย โดย Anderson and Krathwohl (2001) ได้ให้มีรายละเอียดของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ ดังนี้

1. ด้านพุทธิพิสัย เป็นการวัด พฤติกรรมการเรียนรู้ที่คาดหวังให้เกิดขึ้นในตัวนักเรียน ทางด้านความสามารถอันเป็นผลมาจากการ เรียนรู้ในเนื้อหาสาระตามมาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัด ที่หลักสูตรกำหนด โดยมีการจัดลำดับขั้นของการใช้สมองเพื่อการเรียนรู้ ซึ่งการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ขอบเขตด้านพุทธิพิสัย เป็นจุดมุ่งหมายทางการศึกษาที่เกี่ยวกับสมรรถภาพทางสติปัญญา ทางการเรียน และการแก้ปัญหา ซึ่งบลูมและคณะได้จำแนกพฤติกรรมในขอบเขตด้านนี้ ออกเป็นสองระดับใหญ่ ๆ คือ พฤติกรรมด้านพื้นฐาน พฤติกรรมขั้นสูง โดยจำแนกพฤติกรรมเป็น 6 ระดับ ดังนี้

1.1 การจำ (Remembering) หมายถึง ความสามารถในการระลึก เรื่องราวเฉพาะ หรือทั่วไปออกมาได้ถูกต้องแม่นยำ

1.2 การเข้าใจ (Understanding) เป็นทักษะที่สามารถนำเอาความรู้แนวคิดมาใช้ ประโยชน์ได้โดยไม่ จำเป็นต้องไปสัมพันธ์กับเรื่องอื่น ๆ

1.3 การนำไปใช้ (Applying) เป็นความสามารถในการนำไปใช้ ประยุกต์ใช้ แก้ไข ปัญหาในสถานการณ์ต่าง ๆ ได้

1.4 การวิเคราะห์ (Analyzing) หมายถึง ความสามารถในการแยกแยะเรื่องราว ที่สมบูรณ์ ให้กระจายออกเป็นส่วนย่อยหรือองค์ประกอบที่สำคัญ

1.5 การประเมินผล (Evaluating) เป็นการตัดสินใจเกี่ยวกับคุณค่าของสิ่งของ ซึ่งกำหนดให้การตัดสินทั้งด้านปริมาณคุณภาพ จะต้องมีเกณฑ์ที่เหมาะสมที่ใช้เป็นมาตรฐาน ในการประเมิน เกณฑ์อาจจะได้มาจากนักเรียนเองหรือกำหนดขึ้น

1.6 การสร้างสรรค์ (Creating) เป็นความสามารถในการออกแบบ วางแผน ผลิตเข้า ด้วยกันด้วยรูปแบบใหม่ ๆ ที่มีความเชื่อมโยงกันอย่างมีเหตุผล หรือทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่เป็นต้นแบบ

2. ด้านจิตพิสัย เป็นการวัดผล สัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ทางด้านความสนใจ รวมทั้งเจตคติต่อวิชาวิทยาศาสตร์

3. ด้านทักษะพิสัยเป็นการวัดผล สัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ทางด้านความ ชำนาญการในลงมือปฏิบัติ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ รวมทั้งการดำเนินงานของนักเรียน

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2546) กล่าวถึงวัดผลสัมฤทธิ์ ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ ยึดแนวทางของ Klopfer ได้จากพฤติกรรม 4 ด้านเป็นหลัก คือ ความรู้ ความ เข้าใจ กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และ การนำความรู้และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ ซึ่งมุ่งหวังให้ เกิด ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน 3 ด้าน ดังนี้

1. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ด้านพุทธิพิสัย

1.1 พฤติกรรมด้านความรู้ หมายถึง พฤติกรรมที่แสดงวานักเรียนมีความจำในเรื่อง ต่าง ๆ ที่ได้รับรู้จากการค้นคว้าด้วยกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ไม่วาจะเป็นการอ่านหนังสือ และการฟัง จากคำบรรยาย

1.2 พฤติกรรมด้านความเข้าใจ หมายถึง พฤติกรรมที่แสดงว่านักเรียนได้ใช้ความรู้ที่สูงกว่าความรู้ความจำ

1.3 พฤติกรรมด้านกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง พฤติกรรมที่นักเรียนแสวงหาความรู้และแก้ปัญหาด้วยกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งมีการดำเนินการโดยอาศัยวิธีการทางวิทยาศาสตร์ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และเจตคติทางวิทยาศาสตร์

1.4 พฤติกรรมด้านการนำความรู้และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์มาใช้ หมายถึง พฤติกรรมที่นักเรียนนำความรู้ มโนทัศน์ หลักการ กฎ ทฤษฎี รวมทั้งวิธีการทาง วิทยาศาสตร์ไปใช้ในการแก้ปัญหาในสถานการใหม่ได้

2. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ด้านจิตพิสัย การพิจารณาด้านจิตพิสัยของนักเรียนที่เรียนวิชาวิทยาศาสตร์นั้น พิจารณาจากพฤติกรรมด้านความรู้สึก อารมณ์ และระดับการยอมรับหรือปฏิเสธ แต่อย่างไรก็ตาม มิได้รวมถึงพฤติกรรมด้านความรู้สึกทั้งหมดที่ควรจะ เกิดขึ้นในตัวนักเรียนวิทยาศาสตร์

3. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ด้านทักษะพิสัย เป็นผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่เน้นความชำนาญในการปฏิบัติและดำเนินงาน

จากการศึกษาขอบเขตของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ สรุปได้ว่า พฤติกรรมการเรียนรู้ที่คาดหวังให้เกิดขึ้นกับนักเรียนในการเรียนวิทยาศาสตร์ มีการจัดจำแนกพฤติกรรมดังกล่าวออกเป็น 3 ด้าน ได้แก่ ด้านพุทธิพิสัย ด้านจิตพิสัย และด้านทักษะพิสัย โดยในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยได้มุ่งศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ทางด้านด้านพุทธิพิสัย เป็นความรู้วิทยาศาสตร์ ความสามารถจากการเรียนรู้ในสาระสำคัญ และผลการเรียนรู้ วิชาเคมี เรื่องอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี โดยได้เลือกประเมินทางด้านพุทธิพิสัยอัน 3 ขั้น ได้แก่ การจำ การเข้าใจ และ การนำไปใช้

**4.3 แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน**

นักการศึกษาได้กล่าวถึงแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ไว้ดังนี้

ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ (2543) ได้กล่าวถึงแบบทดวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนว่าได้แบ่งแบบวัดผลสัมฤทธิ์ ทางการเรียนออกเป็น 2 รูปแบบ คือ

1. แบบวัดที่ครูสร้างขึ้น เป็นแบบวัดที่ครูสร้างขึ้น มีลักษณะเป็นข้อคำถามที่มี เนื้อหาอยู่ในการจัดการเรียนรู้ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินว่า นักเรียนมีความรู้หรือความเข้าใจ ในเรื่องที่เรียนไปถูกต้องมากน้อยเพียงใด เพื่อครูจะได้น าผลการประเมินมาใช้ในการซ่อมเสริมหรือ ปรับปรุงบทเรียนใหม่ต่อไป ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความต้องการของครู

2. แบบวัดมาตรฐาน เป็นแบบวัดที่สร้างขึ้นจากผู้เชี่ยวชาญ มีลักษณะเป็นแบบวัดที่มีคุณภาพ เนื่องจากต้องทดลองนำร่องให้มีคุณภาพก่อนจึงจะนำมาใช้ ซึ่งจะมีเกณฑ์ของแบบทดสอบ

พร้อมคู่มือดำเนินการสอบ บอกวิธีสอบ รวมทั้งมีมาตรฐานในด้านการแปลคะแนน ด้วย ไม่ว่าจะเป็นแบบวัดที่ครูสร้างขึ้นหรือแบบวัดมาตรฐานก็ตาม

ซึ่งแบบวัดทั้ง 2 รูปแบบ มีแนวทางในการสร้างคำถามเพื่อวัดสมรรถภาพของสมองในด้านพุทธิพิสัยแบ่งได้ 6 ขั้น ตามแนวคิดของบลูม (Bloom) ได้แก่ 1) ความรู้ความจำ 2) ความเข้าใจ 3) การนำไปใช้ 4) การวิเคราะห์ 5) การสังเคราะห์ และ 6) การประเมินค่า

สถาบันส่งเสริมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2546) เครื่องมือวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ว่า มีลักษณะเป็นแบบทดสอบที่มีองค์ประกอบสองส่วน ได้แก่ 1) ปัญหาหรือข้อคำถาม และ 2) ตัวเลือกที่มีลักษณะเป็นคำตอบ โดยการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์นั้นเป็นไปตามแนวคิดของคลอฟเฟอร์ (Kolpfer) ซึ่งจำแนกระดับพฤติกรรมการเรียนรู้ด้านสติปัญญาหรือความรู้คิดเป็น 4 ลำดับขั้น ได้แก่ 1) ความรู้ความจำ 2) ความเข้าใจ 3) กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และ 4) การนำความรู้และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้

บุญชม ศรีสะอาด (2554) กล่าวว่า แบบวัดผลสัมฤทธิ์ (Achievement Test) สามารถจำแนกได้เป็น 2 ประเภท ได้แก่

1. แบบวัดอิงเกณฑ์ หมายถึง แบบวัดที่สร้างขึ้นตามวัตถุประสงค์การเรียนรู้ ในด้านพฤติกรรม โดยมีคะแนน จุดตัด หรือเกณฑ์ที่กำหนด เพื่อตัดสินว่า ผู้สอบมีความรู้ ตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้หรือไม่

2. แบบวัดอิงกลุ่ม หมายถึง แบบวัดที่สร้างขึ้นจากการวิเคราะห์หลักสูตร มีจุดประสงค์เพื่อจจำแนกผู้สอบออกเป็นกลุ่มเก่งอ่อนตามความสามารถ โดยใช้คะแนนมาตรฐาน ที่สามารถบ่งบอกความสามารถของผู้สอบแต่ละคนเมื่อเทียบกับผู้สอบคนอื่น ๆ ที่ใช้กลุ่ม เปรียบเทียบ

สมนึก ภัททิยธนี (2546) กล่าวไว้ว่า ครูนิยมใช้แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน 6 แบบดังนี้

1. ข้อสอบอัตนัยหรือความเรียง (Subjective or Essay Test) เป็นข้อสอบที่ระบุเฉพาะคำถาม แล้วให้นักเรียนตอบคำถามในลักษณะของการเขียนบรรยายหรือการอธิบายตามสิ่ง ที่นักเรียนแต่ละคนเข้าใจ

2. ข้อสอบแบบถูก - ผิด (True - False Test) เป็นข้อสอบแบบเลือกตอบที่มี 2 ตัวเลือก แต่ละตัวเลือกเป็นแบบคงที่และมีความหมายตรงกันข้าม

3. ข้อสอบแบบเติมคำ (Completion Test) เป็นข้อสอบที่ให้ข้อความหรือประโยคมาบางส่วน แล้วให้ผู้ตอบเติมคำหรือข้อความลงในช่องว่างที่เว้นไว้เพื่อให้ได้ใจความที่สมบูรณ์

4. ข้อสอบแบบตอบสั้น ๆ (Short Answer Test) เป็นข้อสอบที่ให้ตอบแบบสั้น ๆ กระชับแต่ได้ใจความสมบูรณ์

5. ข้อสอบแบบจับคู่ (Matching Test) เป็นข้อสอบแบบเลือกตอบ โดยมีประโยคข้อความแบ่งออกกันเป็น 2 ส่วน โดยผู้ตอบต้องจับคู่ประโยคข้อความที่มีความสัมพันธ์กัน

6. ข้อสอบแบบเลือกตอบ (Multiple Choice) เป็นข้อสอบที่แบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนนำหรือคำถาม (Stem) และส่วนเลือก (Choice) โดยส่วนเลือกจะเป็นตัวลวง เพราะจะมีลักษณะใกล้เคียงกัน แต่จะมีค่าน้ำหนักถูกมากน้อยต่างกัน

จากข้อมูลสรุปได้ว่า แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนมีหลายรูปแบบ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับเกณฑ์ที่ใช้ในการแบ่ง ดังนี้ 1) เกณฑ์การสร้าง 2) เกณฑ์การตัดสิน 3) เกณฑ์ลักษณะแบบวัด โดยแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน มีรูปแบบมีแนวทางในการสร้างคำถามเพื่อวัดสมรรถภาพของสมองในด้านพุทธิพิสัยแบ่งได้ 6 ขั้น ตามแนวคิดของบลูม (Bloom) ได้แก่ 1) การจำ 2) การเข้าใจ 3) การนำไปใช้ 4) การวิเคราะห์ 5) การประเมิน และ 6) การสร้างสรรค์

โดยงานงานวิจัยนี้ผู้วิจัยเลือกใช้แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนทีมีลักษณะเป็น ปรนัยแบบชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก โดยคำถามที่ใช้ครอบคลุมพฤติกรรมที่ต้องการวัด 3 ด้าน คือ การจำ การเข้าใจ การนำไปใช้ ตามลักษณะและธรรมชาติของเนื้อหา ในรายวิชา เคมี 3 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ตามผลการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พุทธศักราช 2560)

**4.4 การสร้างและการหาคุณภาพเครื่องมือวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน**

***4.4.1 การสร้างเครื่องมือวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน***

อุทุมพร จามรมาน (2544) กล่าวว่า ขั้นตอนการสร้าง แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนไว้ ดังนี้

1. การระบุวัตถุประสงค์การเรียนรู้ของแบบทดสอบ
2. การระบุเนื้อหาหลัก เนื้อหาย่อย
3. การระบุเงื่อนไขในการทดสอบ
4. การทำพิมพ์เขียวแบบทดสอบหรือตารางโครงสร้างวัตถุประสงค์
5. ลงมือสร้างแบบทดสอบตามจำนวนและรูปแบบที่ต้องการ
6. ตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาเป็นรายข้อ
7. จัดทำต้นฉบับ เขียนคำสั่ง คำชี้แจงในการตอบ ตรวจสอบความถูกต้อง ในการพิมพ์และใช้ทดสอบ
8. ทำการวิเคราะห์ความยากง่าย อำนาจจำแนก เพื่อแก้ไขปรับปรุง

สมคิด พรหมจุ้ย (2560) กล่าวว่า การสร้างแบบทดสอบ ต้องมีการกำหนดจุดมุ่งหมายของการสร้างแบบทดสอบ การกำหนดลักษณะของข้อสอบ การกำหนดเนื้อหาหรือสิ่งที่การวัดและการทำแผนผัง มีรายละเอียดดังนี้

1. การกำหนดจุดมุ่งหมายของการสร้างแบบทดสอบ

2. การกำหนดลักษณะของข้อสอบ

3. การกำหนดเนื้อหาของข้อสอบ

4. การจัดทำแผนผังข้อสอบ ข้อแนะนำในการเขียนข้อสอบ เมื่อมีการวางแผนในการออกข้อสอบแล้ว ขั้นต่อไปคือการลงมือเขียนข้อสอบ ข้อสอบที่นิยมใช้กันในปัจจุบัน คือ แบบเลือกตอบ แบบเขียนตอบ ข้อควรระวังในการเขียน คือ

4.1 ใช้ภาษาที่ชัดเจน เข้าใจง่าย ประโยคมีความสมบูรณ์

4.2 หลีกเลี่ยงการใช้ประโยคปฏิเสธซ้อนปฏิเสธ ทั้งในคำถามและตัวเลือก

4.3 จะต้องมีความยากง่ายเหมาะสมกับระดับชั้นของนักเรียน

4.4 ศัพท์ที่ใช้ต้องไม่ยากเกินไปเกินที่นักเรียนเคยเรียนมาแล้วมีการกำหนดคะแนนให้ชัดเจน

จากข้อมูล การสร้างเครื่องมือวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน สรุปได้ว่า การสร้างเครื่องมือวัดผลสัมฤทธิ์ผู้สร้างต้องทราบจุดประสงค์ของแบบทดสอบ ศึกษาจุดประสงค์และตัวชี้วัดพฤติกรรมที่ต้องการวัด จำนวนข้อสอบ รูปแบบข้อสอบ หลักจากนั้นสร้างแบบทดสอบตามแผนที่วางไว้และตรวจสอบคุณภาพแบบทดลองโดยการทดลองใช้กับกลุ่มตัวอย่างและปรับปรุงจนมีคุณภาพจึงนำไปใช้ได้

### *4.4.2 การหาคุณภาพเครื่องมือวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน*

กัญจนา ลินทรัตนศิริกุล (2554) กล่าวว่า การหาคุณภาพของแบบวัดผลสัมฤทธิ์ต้องตรวจสอบความตรงและความเที่ยง ดังนี้

1. การตรวจสอบความตรง สามารถตรวจสอบได้ดังนี้

1.1 การตรงเชิงเนื้อหา (Content Validity) โดยให้ผู้เชี่ยวชาญเป็นผู้ตรวจสอบความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับจุดประสงค์การเรียนรู้ (IOC)

1.2 ความตรงเชิงเกณฑ์สัมพันธ์ (Criterion-related validity) เป็นการหาความสัมพันธ์ระหว่างคะแนนที่ได้กับเกณฑ์ ความตรงเชิงเกณฑ์สัมพันธ์ แบ่งเป็นความตรงตามสภาพและความตรงเชิงพยากรณ์ กล่าวคือถ้าคะแนนเกณฑ์และคะแนนที่ได้จากการสอบหรือจากการวัดได้มาในเวลาเดียวกันก็เป็นความตรงตามสภาพ แต่ถ้าคะแนนเกณฑ์และคะแนนที่ได้จากการสอบได้มาคนละเวลากันก็เป็นความตรงเชิงพยากรณ์

1.3 ความตรงเชิงโครงสร้าง (Construct validity) เป็นการวัดคุณลักษณะทางจิตวิทยา คำว่า “โครงสร้าง” เป็นสิ่งที่ไม่สามารถสังเกตและวัดได้โดยตรง แต่สามารถอ้างอิงจากทฤษฎีทางจิตวิทยา

2. การตรวจสอบความเที่ยง การตรวจสอบความเที่ยงของแบบวัดผลสัมฤทธิ์สามารถ ตรวจสอบได้หลายวิธี ดังนี้

2.1 การสอบซ้ำ เป็นการตรวจสอบความเที่ยงโดยการนำแบบทดสอบฉบับ เดียวกันไปสอบกับนักเรียนกลุ่มเดียวกัน 2 ครั้ง โดยเว้นระยะเวลาห่างกัน 7 - 10 วัน แล้วนำผลที่ได้มา หาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์

2.2 วิธีการใช้ฟอร์มเทียบเท่าหรือฟอร์มคู่ขนาน เป็นการตรวจสอบความเที่ยงโดยนำแบบทดสอบ 2 ฉบับ ที่เหมือนกัน นำไปทดสอบนักเรียนกลุ่มเดียวกันในวันเดียวกัน แล้วนำคะแนนที่ได้จากการสอบมาหาสหสัมพันธ์กัน

2.3 วิธีการหาความสอดคล้องภายใน เป็นวิธีการหาความเที่ยงจากการใช้แบบทดสอบเพียงฉบับเดียวและดำเนินการสอบเพียงครั้งเดียว นำมาหาความเที่ยงโดยใช้วิธีการหาความสอดคล้องภายใน สามารถทำได้ 4 วิธี ได้แก่ วิธีแบ่งครึ่ง วิธีของคูเดอร์ - ริชาร์ดสัน วิธีสัมประสิทธิ์แอลฟา และวิธีการวิเคราะห์ความแปรปรวนของฮอยท์

สมคิด พรหมจุ้ย (2560) กล่าวว่า การหาคุณภาพของแบบทดสอบรายข้อ คือ การหาความยาก อำนาจจำแนก ส่วนการหาคุณภาพทั้งฉบับ คือ ความตรงและความเที่ยง มีรายละเอียด ดังนี้

1. การตรวจสอบคุณภาพข้อสอบแบบอิงกลุ่ม การตรวจสอบความยากของ ข้อสอบแบบอิงกลุ่ม ความยากของข้อสอบเป็นรายข้อ เป็นค่าที่แสดงถึงสัดส่วนของผู้ตอบข้อนั้น ๆ ถูก ความยาก นิยมใช้สัญลักษณ์ p ข้อสอบมีค่าความยากสูงเป็นข้อสอบ ที่มีผู้ตอบถูกมาก แสดงว่าเป็นข้อสอบที่ง่าย ส่วนข้อสอบที่มีค่าความยากต่ำเป็นข้อสอบที่มีผู้ตอบถูกน้อย แสดงว่าข้อสอบข้อนั้นยาก ข้อสอบที่นำมาใช้ได้ต้องมีค่าความยากอยู่ ระหว่าง 0.2 - 0.8

2. การตรวจสอบคุณภาพแบบอิงเกณฑ์ พิจารณาจากระดับพฤติกรรมของวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม ถ้าข้อสอบวัดพฤติกรรมระดับต่ำ เช่น ความจำ ความเข้าใจ ข้อสอบก็จะมีความยากต่ำ ถ้าข้อสอบพฤติกรรมระดับสูง เช่น การนำไปใช้ การวิเคราะห์ การสังเคราะห์ เป็นต้น ดังนั้น ข้อสอบแบบอิงเกณฑ์จะขึ้นอยู่กับพฤติกรรมที่วัด

การตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือวัดทั้งฉบับ ให้ความสำคัญกับความตรงเชิง เนื้อหา ความตรงเชิงเกณฑ์สัมพันธ์ และความตรงเชิงโครงสร้าง มีรายละเอียดดังนี้

1. การตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหา เป็นตรวจสอบว่าแบบทดสอบที่สร้างขึ้นว่าครอบคลุมเนื้อหาที่ต้องการวัดหรือไม่ ดังนี้

1.1 การตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหาจากตารางวิเคราะห์หลักสูตร เป็นการวิเคราะห์เชิงเหตุผลโดยผู้เชี่ยวชาญ

1.2 การตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหาจากความสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม เป็นการตรวจสอบโดยผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาของเครื่องมือวัดนั้น ๆ เพื่อพิจารณาว่าข้อสอบแต่ละข้อวัดตรงตามวัตถุประสงค์หรือไม่

2. การตรวจสอบความตรงเชิงโครงสร้าง เป็นการแสดงหลักฐานว่าเครื่องมือ นั้นสามารถวัดขอบเขตได้หรือไม่ เครื่องมือที่มีการตรวจสอบความตรงเชิงโครงสร้าง ได้แก่ แบบวัดเชาน์ปัญญา แบบวัดความถนัด แบบวัดความสามารถต่าง ๆ เช่น แบบวัดความสามารถในการคิด เป็นต้น

จากที่กล่าวมาแล้วข้างต้นสรุปได้ว่า การตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน พิจารณาทั้งคุณภาพของแบบทดสอบรายข้อ ได้แก่ ความยาก และอำนาจจำแนก และคุณภาพของแบบทดสอบทั้งฉบับ ได้แก่ ความตรง และความเที่ยง

## 5. การสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์

### 5.1 ความหมายและความสำคัญของการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์

#### *5.1.1 ความหมายของการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์*

จากทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องกับ การสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ พบว่ามีนักวิชาการและนักการศึกษาหลายท่านให้ความหมายของ การสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ไว้ ดังนี้

The Organisation for Economic Co - operation and Development (OECD, 2015) ให้ความหมายของการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ไว้ว่า เป็นความสามารถในการรับรู้ เสรอและประเมินคำอธิบายที่เกี่ยวข้องกับปรากฏการณ์ธรรมชาติและเทคโนโลยีได้ อีกทั้งแปลความหมายข้อมูลและการใช้ประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์ มีความสามารถในการวิเคราะห์และประเมินข้อมูล คำกล่าวอ้าง และข้อโต้แย้งในหลายรูแบบบ และลงข้อสรุปได้อย่างเหมาะสม

McNeil and Krajcik (2011) ได้กล่าวถึง ความหมายของการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ ว่าหมายถึง การอธิบายถึงปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นด้วยการโต้แย้ง ที่มีการยืนยันด้วยเหตุผลหรือมุมมองที่เป็นรูปธรรม นำมาสร้างเป็นคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ในข้อกล่าวอ้างด้วยการใช้หลักฐานเชิงประจักษ์ ให้เหตุผลและความรู้วิทยาศาสตร์อย่างเหมาะสม

Novak and Treagust (2017) ได้กล่าวถึง ความหมายของการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ ว่าหมายถึง การสร้างคำอธิบายปรากฏการณ์ที่ซับซ้อน เป็นส่วนสำคัญในการทำงานและเรียนรู้ด้านวิทยาศาสตร์ ในการเก็บรวบรวมข้อมูลที่เป็นหลักฐานเชิงประจักษ์ เพื่อให้ข้อกล่าวอ้างน่าเชื่อถือ และใช้แนวคิดทางวิทยาศาสตร์และหลักฐานมาสนับสนุน

จากการศึกษาข้างต้น สรุปได้ว่า การสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความสามารถในสร้างอธิบายปรากฏการณ์ทางธรรมชาติโดยระบุข้อกล่าวอ้างและหลักฐานเชิงประจักษ์ โดยมีเหตุผลทางวิทยาศาสตร์ มาเชื่อมโยงข้อกล่าวอ้างและหลักฐาน

### *5.1.2 ความสำคัญของการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์*

McNeill and Krajcik (2006) กล่าวว่า การส่งเสริมความสามารถสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์จะทำให้นักเรียนเขียนข้อกล่าวอ้างที่เป็นคำตอบของปรากฏการณ์ต่าง ๆ ได้อย่างถูกต้อง เลือกใช้หลักฐานได้อย่างเหมาะสมและเพียงพอ และยังสามารถเชื่อมโยงหลักฐานเข้ากับข้อกล่าวอ้างตามหลักของวิทยาศาสตร์ได้

The Organisation for Economic Co - operation and Development (OECD ,2012) กล่าวไว้ว่า การสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ จะช่วยสะท้อนถึงผลสัมฤทธิ์ในการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เมื่อนักเรียนสร้างคำอธิบายวิทยาศาสตร์ผ่านกิจกรรมการเรียนรู้ จะสามารถประเมินความน่าเชื่อถือของความรู้ทางวิทยาศาสตร์ และสื่อสารองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ได้

กระทรวงศึกษาธิการ (2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 สำหรับกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ของประเทศไทย ที่ให้ความสำคัญกับการที่นักเรียนจะสามารถอธิบายปรากฏการณ์ต่าง ๆ ที่เกิดขึ้น เห็นได้ว่าหลักสูตรวิทยาศาสตร์ทั้งในประเทศไทยและต่างประเทศ ต่างก็ให้ความสำคัญกับการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ทั้งสิ้น

นวลจิตต์ เชาวกีรติพงศ์ (2562) กล่าวถึง การสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ว่าเป็นความสามารถพื้นฐานที่สำคัญของการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ นักวิชาการหลายท่านเชื่อว่าการส่งเสริมให้นักเรียนได้สร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ มีส่วนช่วยให้นักเรียนมีความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ที่สามารถเปลี่ยนแปลงได้ เมื่อมีการค้นพบประจักษ์พยานเพิ่มเติม หรือมีการโต้แย้งและส่งเสริมให้นักเรียนได้ฝึกการคิดวิเคราะห์และสร้างความรู้ใหม่ทางวิทยาศาสตร์ได้ดียิ่งขึ้น

PISA กล่าวถึง ความสำคัญของการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ ว่าเป็นหนึ่งในสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์เป็นความสามารถในการรับรู้ สร้าง ประยุกต์ใช้ และประเมินคำอธิบายและแนวทางแก้ไขของปัญหาหรือปรากฏการณ์ทางธรรมชาติและทางเทคโนโลยีที่หลากหลาย ส่งเสริมให้นักเรียนที่มีความสามารถในการอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์จะสามารถนำความรู้ที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์ที่กำหนดให้มาใช้สร้างคำอธิบายของปรากฏการณ์ต่าง ๆ สามารถทำนายผล และสามารถวางแผนแก้ไขปัญหาที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ได้ สามารถใช้แบบจำลองวิทยาศาสตร์ในการอธิบายปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวัน และสามารถรับรู้หรือสร้างสมมติฐานได้ (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2565)

กล่าวโดยสรุปว่า ความสำคัญของการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ เป็นสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ที่สำคัญ ที่ทำให้นักเรียนมีทักษะที่สะท้อนความเข้าใจวิทยาศาสตร์ของนักเรียน ทำให้นักเรียนสามารถสื่อสารวิทยาศาสตร์อย่างมีเหตุผลและน่าเชื่อถือ โดยมีประจักษ์พยานและเหตุทางวิทยาศาสตร์ เป็นทักษะที่ทำให้นักเรียนเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์และการสืบเสาะหาความรู้

**5.2 องค์ประกอบของคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์**

McNeill and Krajcik (2006) ได้กำหนดองค์ประกอบ คำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ 3 ส่วน สำคัญ คือ

1. ข้อกล่าวอ้าง (Claim) หมายถึง คำตอบหรือข้อสรุปของคำถาม
2. หลักฐาน (Evidence) ข้อมูลเชิงวิทยาศาสตร์ที่สนับสนุนข้อกล่าวอ้าง
3. การให้เหตุผล (Reasoning) ข้อความที่แสดงความเชื่อโยงระหว่างเหลักการทางวิทยาศาสตร์และหลักฐานที่มาสนับสนุนข้อกล่าวอ้างอย่างสมเหตุสมผล

Sampson and Clark (2009) ได้พัฒนากรอบแนวคิดในการกำหนดองค์ประกอบของคำอธิบายที่ได้จากกรทดลองมีลักษณะเป็นการอธิบายผลการสำรวจตรวจสอบของนักเรียนมี 3 องค์ประกอบ ได้แก่

1. คำอธิบาย (Explanation) คือ ส่วนที่นักเรียนตอบคำถามในการสำรวจตรวจสอบอธิบายถึงความสัมพันธ์หรือกล่าวถึงสาเหตุของกระบวนการสำรวจตรวจสอบ
2. หลักฐาน (Evidence) คือ ส่วนที่นักเรียนรวบรวมได้จากการสำรวจตรวจสอบอาจจะเป็นข้อมูลเชิงปริมาณหรือข้อมูลเชิงคุณภาพ
3. การใช้เหตุผล (Reasoning) คือ การแสดงเหตุผลที่ใช้ประกอบหรือสนับสนุนคำอธิบาย

วิโรจน์ ลิ่วคงสถาพร (2552) อธิบายว่าการอธิบายทางวิทยาศาสตร์เป็นความสามารถพื้นฐานที่สำคัญในการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ประกอบด้วย 3 องค์ประกอบ

1. ข้อสรุป เป็นคำตอบของปัญหาทางวิทยาศาสตร์
2. ประจักษ์พยาน เป็นข้อมูลที่สนับสนุนข้อสรุป
3. การให้เหตุผล การใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่แสดงให้เห็นว่าเพราะเหตุใดประจักษ์พยานจึงสนับสนุนข้อสรุป

กล่าวโดยสรุป คือ คำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ 3 องค์ประกอบ คือ 1) ด้านข้อกล่าวอ้าง คือ ข้อสรุปหรือคำตอบของคำถามที่สงสัย 2) ด้านข้อมูล คือ เป็นการสนับสนุนข้อกล่าวอ้างโดยใช้ข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ที่ และ 3) ด้านการให้เหตุผล คือ การเชื่อมโยงระหว่างข้อกล่าวอ้างและข้อมูลหลักฐานโดยใช้หลักการทางวิทยาศาสตร์มาสนับสนุนข้อกล่าวอ้างในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์

**5.3 ตัวบ่งชี้ความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ แต่ละองค์ประกอบ**

McNeill and Krajcik (2006) ได้กำหนด ตัวบ่งชี้ความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ไว้ดังนี้

1. ข้อกล่าวอ้าง (Claim) ข้อสรุปที่เป็นคำตอบของคำถามหรือปัญหาที่กำหนดถูกต้องและสมบูรณ์

2. หลักฐาน (Evidence) ข้อมูลเชิงวิทยาศาสตร์ที่สนับสนุนคำกล่าวอ้าง เหมาะสมและเพียงพอสำหรับสนันสนุนข้อกล่าวอ้าง

3. เหตุผล (Reasoning) เหตุผลที่เชื่อมโยงระหว่างหลักฐานกับคำกล่าวอ้าง และให้เหตุผลโดยใช้เชื่อมโยงหลักการทางวิทยาศาสตร์เหมาะสมและเพียงพอ

สรุปได้ว่า จากการศึกษาเกณฑ์การให้คะแนนการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ การวิจัยในครั้งนี้ผู้วิจัยใช้ตัวบ่งชี้ความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ แต่ละองค์ประกอบ ที่กำหนดโดย McNeill and Krajcik

**5.4 การสร้าง และการหาคุณภาพเครื่องมือวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์**

***5.4.1 การสร้างเครื่องมือวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์***

Mcneil and Krajcik (2006) กล่าวถึง การสร้างเครื่องมือวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ว่า เป็นการประเมินการเรียนรู้ด้วยการปฏิบัติงาน (Learning Performance) และใช้วิธีการประเมินโดยการ ทดสอบ (Testing) ด้วยแบบสอบความเรียง (Essay Test) ซึ่งมีลักษณะของข้อคำถามเป็นข้อคำถามแบบปลายเปิด (The Open - Ended Explanation Items) โดยมีองค์ประกอบของการวัดและการ ประเมินความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ 2 ส่วน ได้แก่

1. แบบทดสอบ เป็นข้อคำถามที่มีองค์ประกอบสำคัญ 3 ส่วน ได้แก่

1.1 ข้อคำถามที่มีลักษณะเป็นสถานการณ์ที่กำหนดให้นักเรียนสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์

1.2 ข้อมูลประกอบสถานการณ์ที่กำหนดให้ เพื่อให้นักเรียนใช้เป็นข้อมูลในการอ้างอิงหรือเป็นหลักฐานในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์

1.3 ข้อคำถามหรือข้อความที่กำหนดให้นักเรียนสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์

2. เกณฑ์การให้คะแนน ในการประเมินความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ จากคำตอบที่เป็นความเรียง มีเกณฑ์การประเมินความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ ดังตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.3 เกณฑ์การประเมินความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์

| **องค์ประกอบของคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์** | **ระดับคะแนน ความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์** | | |
|---|---|---|---|
| | 0 | 1 | 2 |
| **ข้อกล่าวอ้าง (Claim) ข้อสรุปที่เป็นคำตอบของคำถามหรือปัญหาที่กำหนด** | ไม่ระบุคำกล่าวอ้าง หรือระบุคำกล่าวอ้างไม่ถูกต้อง | ระบุคำกล่าวอ้างได้ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ | ระบุคำกล่าวอ้างได้ถูกต้องและสมบูรณ์ |
| **หลักฐาน (Evidence) ข้อมูลเชิงวิทยาศาสตร์ที่สนับสนุนคำกล่าวอ้าง** | ไม่ระบุหลักฐาน หรือหลักฐานไม่เหมาะสมไม่สนับสนุนคำกล่าวอ้าง | ระบุหลักฐานได้เหมาะสมแต่ไม่เพียงพอที่จสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง หรือมีหลักฐานบางส่วนที่ไม่เหมาะสมในการสนับสนุนคำกล่าวอ้าง | ระบุหลักฐานที่เหมาะสมและเพียงพอสำหรับสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง |
| **เหตุผล (Reasoning) คือ การเชื่อมโยงระหว่างข้อกล่าวอ้างและหลักฐานการตามหลักการทางวิทยาศาสตร์** | ไม่ให้เหตุผล หรือให้เหตุผลที่ไม่เชื่อมโยงระหว่างหลักฐานกับคำกล่าวอ้าง | ให้เหตุผลที่เชื่อมโยงระหว่างหลักฐานกับคำกล่าวอ้าง และให้เหตุผลโดยใช้เชื่อมโยงหลักการทางวิทยาศาสตร์บางส่วนแต่ไม่เพียงพอ | ให้เหตุผลที่เชื่อมโยงระหว่างหลักฐานกับคำกล่าวอ้าง และให้เหตุผลโดยใช้เชื่อมโยงหลักการทางวิทยาศาสตร์เหมาะสมและเพียงพอ |

### *5.4.2 การหาคุณภาพเครื่องมือวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์*

สันติชัย อนุวรชัย (2553) ใช้แนวทางการหาคุณภาพของแบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ ดังนี้

1. ตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหา โดยผู้เชี่ยวชาญระหว่างข้อคำถามในแบบวัดกับนิยามเชิงปฏิบัติการของคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์

2. ตรวจสอบคุณภาพของแบบทดสอบทั้งฉบับ โดยการคำนวณค่าความเที่ยงด้วยสูตรสัมประสิทธิ์แอลฟาของ Cronbach

3. สอบถามนักเรียนที่ทดสอบเพิ่มเติมเกี่ยวกับความชัดเจนของภาษาและความเข้าใจเกี่ยวกับข้อมูลที่ใช้ประกอบในข้อคำถามแต่ละข้อ

ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ (2543) กล่าวถึงตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหา (Content Validity) ว่าเป็นความสามารถของข้อสอบที่จะวัดตัวแทนของเนื้อหาที่เรียนและวัดตัวแทนของจุดมุ่งหมายในการจัดการเรียนรู้ ข้อสอบที่มีความตรงเชิงเนื้อหาจะสามารถเป็นตัวแทนของเนื้อหาที่เรียนได้ เมื่อข้อสอบที่สร้างขึ้นมีความตรงเชิงเนื้อหาจึงสามารถวัดได้ตรงตามจุดมุ่งหมายที่ต้องการวัด

จากการศึกษาเอกสารที่เกี่ยวสรุปได้ว่า การสร้างแบบวัดคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์เป็นข้อสอบที่มีการกำหนดสถาณการณ์ ข้อมูลประกอบและข้อคำถามปลายเปิด ที่นักเรียนต้องสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์การตอบคำถามโดยการเขียนตอบแบบความเรียง ในการหาคุณภาพเครื่องมือจึงมีแนวทางทางโดยการใช้การตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหาโดยผู้เชี่ยวชาญ และตรวจสอบคุณภาพของแบบทดสอบทั้งฉบับ โดยการคำนวณค่าความเที่ยงด้วยสูตรสัมประสิทธิ์แอลฟาของคอนบาร์ค นำไปทดสอบกับนักเรียนที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างและปรับปรุงจนได้คุณภาพ

## 6. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

### 6.1 งานวิจัยในประเทศ

ลำพูน สิงห์ขา (2555) ทำการวิจัยเรื่อง การพัฒนาการคิดอย่างมีวิจารณญาณและมโนมติทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้กิจกรรมการเรียนรู้แบบทำนาย สังเกต อธิบาย โดยมีกลุ่มเป้าหมาย คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 46 คน เครื่องมือที่ใช้ได้แก่ แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี แบบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณ และแบบสำรวจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ เก็บข้อมูลโดยใช้สถิติร้อยละ ผลการวิจัยพบว่านักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ แบบทำนาย สังเกต อธิบาย เรื่องอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีมีคะแนนการคิดอย่างมีวิจารณญาณทั้ง 6 ด้าน มีการคิดอย่างมีวิจารณญาณใน ระดับปานกลาง และผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมดและความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีสูงขึ้น

กรีฑา ภูผาดแร่ (2557) ทำการวิจัยเรื่อง การพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะกระบวนการวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ เรื่อง พอลิเมอร์และผลิตภัณฑ์พอลิเมอร์ โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับกลวิธี การทำนาย-สังเกต-อธิบาย กลุ่มตัวอย่างได้จากการเลือกแบบเจาะจง

เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ห้อง 2 และนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 จำนวน 102 คน วิเคราะห์ผลสัมฤทธิ์ภายในกลุ่มแต่ละกลุ่มด้วยการทดสอบค่าทีแบบกลุ่มตัวอย่างไม่อิสระต่อกัน พบว่า นักเรียนทั้งสามกลุ่มมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 จากการวิเคราะห์คะแนนทักษะกระบวนการ พบว่า นักเรียนมีร้อยละของคะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการโดยรวมเป็น 74.73 ซึ่งอยู่ในระดับดี

กฤตกร สภาสันติกุล (2559) ทำการวิจัยเรื่อง ผลของกลวิธีการสอนเคมีโดยใช้การทำนาย การสังเกต การอธิบาย อย่างมีขั้นตอนที่มีต่อความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์และความมีเหตุผลของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 กลุ่มตัวอย่าง คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ ของโรงเรียนขนาดกลางแห่งหนึ่ง จำนวน 1 ห้องเรียน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย คือ แบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ แบบวัดความมีเหตุผล และแบบสังเกตพฤติกรรมความมีเหตุผล วิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และสถิติทดสอบค่าที ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนที่เรียนด้วยกลวิธีการสอนเคมีโดยใช้การทำนาย การสังเกต การอธิบาย อย่างมีขั้นตอน มีคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับดี และ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่เรียนด้วยกลวิธีการสอนเคมีโดยใช้การทำนาย การสังเกต การอธิบาย อย่างมีขั้นตอน มีคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์สูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

เมธิน อินทรประสิทธิ์ (2559) ทำการวิจัยเรื่อง ผลของกลวิธีการสอนทำนาย – อภิปราย – อธิบาย – สังเกต – อภิปราย - อธิบายที่มีต่อความเข้าใจมโนทัศน์และ ผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้เคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย กลุ่มเป้าหมายคือนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัยคือ แบบวัดความเข้าใจมโนทัศน์ทางเคมี และแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน วิเคราะห์ข้อมูลด้วย สถิติค่าเฉลี่ย ร้อยละ ส่วนเบี่ยงเบน t - test ประกอบกับการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพ ผลการวิจัยสรุปได้ว่า นักเรียนกลุ่มเป้าหมายมีคะแนนความเข้าใจมโนมัติอยู่ในเกณฑ์ดี มีคะแนนเฉลี่ยมโนมติก่อนเรียนมากกว่าหลังเรียนและมีคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน และจากการสัมภาษณ์นักเรียนรายบุคคลพบว่า กลวิธีการสอนดังกล่าวช่วยให้นักเรียนจดจำเนื้อหาได้คงทนขึ้น

ภัทรสุดา หาดขุนทด (2561) ทำการวิจัยเรื่อง การศึกษาการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น กลุ่มตัวอย่างที่ศึกษาคือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัยครั้งนี้คือ แผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น โดยเน้นการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ และแผนการจัดการเรียนรู้แบบปกติ เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล ได้แก่ แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง ลมฟ้าอากาศ แบบวัดการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ แบบบันทึกการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ และบันทึกหลังสอน สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และการทดสอบค่าที

ผลการวิจัยพบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์และการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์หลังเรียนของนักเรียนกลุ่มทดลองสูงกว่าของกลุ่มควบคุม และการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มทดลองหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน

**6.2 งานวิจัยต่างประเทศ**

Mcneill and Krajcik (2006) ทำการวิจัยเรื่อง ผลของการเสริมศักยภาพที่มีต่อความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ ประเทศสหรัฐอเมริกา กลุ่มตัวอย่างในการทดลอง คือ นักเรียนระดับเกรด 7 แบ่งกลุ่มตัวอย่างออกเป็นกลุ่มที่เรียนแบบโครงงานด้วย การเสริมศักยภาพต่อเนื่อง และกลุ่มที่เรียนแบบโครงงานด้วยการลดการเสริมศักยภาพ หน่วยการเรียนรู้ คือ เรื่อง สารและสมบัติของสาร และเรื่อง ปฏิกิริยาเคมี ระยะเวลาใน 8 สัปดาห์ ผลการวิจัยสรุปได้ว่า นักเรียนที่เรียนแบบโครงงานด้วยการเสริมศักยภาพต่อเนื่องกับนักเรียนที่เรียนแบบโครงงานด้วยการลดการเสริมศักยภาพมีคะแนนข้อกล่าวอ้าง หลักฐานและการให้เหตุผลสูงขึ้น และนักเรียนทั้งสองกลุ่มมีคะแนนทดสอบหลังเรียนไม่แตกต่างกัน โดยจากองค์ประกอบทั้งสาม องค์ประกอบนักเรียนได้คะแนนเฉลี่ยด้านการให้เหตุผลต่ำที่สุด

Dandy Furqani (2018) ทำการวิจัยเรื่อง ผลของการใช้กลวิธี การทำนาย – สังเกต - อธิบายที่มีต่อการคิดเชิงมโนทัศน์และการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ในการเรียนเรื่อง การสั่นและคลื่น กลุ่มตัวอย่างคือ นักเรียนเกรด 8 จำนวน 18 คน ในประเทศอินโดนีเซีย ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนมีคะแนนการคิดเชิงมโนทัศน์สูงขึ้นจากก่อนเรียน และมีการคิดอย่างมีวิจารณญาณสูงขึ้นด้วย

Yafeng Zheng (2024) ได้ทำการศึกษาเรื่อง ผลของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ โดยใช้กลวิธี การทำนาย-สังเกต-อธิบาย ในนักเรียนเกรด 5 ที่มีผลต่อมโนมติทางวิทยาศาสตร์และความเชื่อญาณวิทยาทางวิทยาศาสตร์ ในประเทศจีน กลุ่มตัวอย่างนักเรียน 80 คน เก็บข้อมูลก่อนเรียนและหลังเรียนมโนมติทางวิทยาศาสตร์และความเชื่อญาณวิทยาทางวิทยาศาสตร์ และพฤติกรรมระหว่างการเรียน พบว่า ผลของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยใช้กลวิธี การทำนาย – สังเกต - อธิบาย มโนมติทางวิทยาศาสตร์และความเชื่อญาณวิทยาทางวิทยาศาสตร์ได้คะแนนสูงกว่านักเรียนที่ได้รับการสอนด้วยวิธีการแบบดั้งเดิม

จากการศึกษางานวิจัยทั้งในประเทศและต่างประเทศที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้โดยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ และการใช้กลวิธี การทำนาย – สังเกต - อธิบาย พบว่า การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ จากการวิจัยที่ศึกษาสามารถพัฒนามโนมติทางการเรียนของนักเรียนได้ และพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชา วิทยาศาสตร์และวิชาเคมีของนักเรียน อีกทั้งมีผลต่อความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์สูงขึ้นได้ และกลวิธีการทำนาย – สังเกต - อธิบาย จากงานวิจัยมีผลช่วยพัฒนาการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ การคิดเชิงมโนทัศน์และการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนให้สูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ผู้วิจัยจึงเลือกใช้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้

ผนวกกลวิธี การทำนาย – สังเกต - อธิบาย เพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี และการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียน

# บทที่ 3
# วิธีดำเนินงานวิจัย

จากการศึกษาผลการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ผนวกกลวิธี การทำนาย – สังเกต - อธิบาย ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน วิชาเคมี เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี และความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนผดุงปัญญา จังหวัดตาก ผู้วิจัยได้ดำเนินการวิจัยดังนี้

1. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง
2. เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย
3. การเก็บรวบรวมข้อมูล
4. การวิเคราะห์ข้อมูล

## 1. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

**1.1 ประชากร** เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2566 โปรแกรมการเรียนวิทยาศาสตร์ - คณิตศาสตร์ โรงเรียนผดุงปัญญา จำนวน 3 ห้องเรียนได้แก่ 5/2, 5/3 และ 5/4 รวมทั้งสิ้น 93 คน จัดห้องเรียนแบบคละความสามารถ

**1.2 กลุ่มตัวอย่าง** เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2566 โปรแกรมการเรียนวิทยาศาสตร์ - คณิตศาสตร์ โรงเรียนผดุงปัญญา จำนวน 2 ห้องเรียนได้แก่ 5/2 และ 5/3 จำนวน 60 คน ได้มาโดยการสุ่มแบบกลุ่ม (cluster random sampling) แล้วนำมาสุ่มอีกครั้งเพื่อจัดเป็นกลุ่มทดลอง และกลุ่มควบคุม

## 2. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

**2.1 เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง** ได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ที่ผนวกกลวิธี การทำนาย – สังเกต - อธิบาย วิชาเคมี เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 4 แผน เวลารวม 20 คาบเรียน และ แผนการจัดการเรียนรู้แบบปกติ

**2.2 เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล** ได้แก่

***2.2.1 แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี*** ผู้วิจัยสร้างขึ้นสำหรับทดสอบหลังเรียนเป็นแบบปรนัยมีข้อคำถามจำนวน 30 ข้อ เวลาที่ใช้ในการทำข้อสอบทั้งหมด 50 นาที

***2.2.2 แบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์*** ผู้วิจัยสร้างขึ้นจำนวน 2 ชุด เป็นข้อสอบแบบคู่ขนาน ใช้สำหรับทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน แบบวัดแต่ละชุดเป็นแบบอัตนัยประกอบด้วยสถานการณ์ 3 สถานการณ์ มีข้อคำถามจำนวน 12 ข้อ เวลาที่ใช้ในการทำข้อสอบทั้งหมด 50 นาที

## 3. การสร้างและหาคุณภาพเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

**3.1 เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง**

***3.1.1 แผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ผนวกกลวิธีการทำนาย – สังเกต - อธิบาย***

1) ศึกษาเอกสารหลักสูตร มาตรฐานการเรียนรู้ ตัวชี้วัดชั้นปี และขอบข่ายเนื้อหาวิชาวิทยาศาสตร์ จากคู่มือการใช้หลักสูตรรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ วิชาเคมี ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551ของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีและศึกษาหลักสูตรสถานศึกษาโรงเรียนผดุงปัญญา จังหวัดตาก

2) ศึกษาเอกสาร ตำรา วารสารและงานวิจัยเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ผนวกกลวิธี การทำนาย – สังเกต - อธิบาย และหลักการเขียนแผนการจัดการเรียนรู้

3) ศึกษารายละเอียดของเนื้อหาที่จะนำมาสร้างแผนการจัดการเรียนรู้แล้ววิเคราะห์เนื้อหาสาระการเรียนรู้ เพื่อออกแบบและวางแผนในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ การกำหนดและการประเมินผลการเรียนรู้ให้ตรงตามหลักสูตรกำหนด

4) กำหนดโครงสร้างการออกแบบกิจกรรมการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ผนวกกลวิธี การทำนาย – สังเกต - อธิบาย

ตารางที่ 3.1 กรอบโครงสร้างของกิจกรรมที่แสดงขั้นตอนของการสืบเสาะหาความรู้ผนวกกลวิธี การทำนาย – สังเกต - อธิบาย

| ขั้นการจัดการเรียนรู้ | กรอบโครงสร้างของกิจกรรม |
|---|---|
| **ขั้นที่ 1 การสร้างความสนใจ ผนวกกับการทำนาย** | นักเรียนทำนายผลการทดลองหรือเหตุการณ์ที่ครูกำหนด ให้นักเรียนได้แสดงความคิดเห็นทำนายเหตุการณ์ที่คาดว่าจะเกิดขึ้นในอนาคต จากความรู้หรือความเข้าใจเดิมของนักเรียน |
| **ขั้นที่ 2 การสำรวจและค้นหา ผนวกกับการสังเกต** | นักเรียนจะได้วางแผนการหาหลักฐานเพื่อมาตรวจสอบและยืนยันคำทำนายของตนเอง ด้วยกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ได้แก่ การสืบค้น การทดลอง เพื่อหาหลักฐานมาพิสูจน์คำทำนาย และสังเกตข้อมูลที่ได้ว่าตรงกับสิ่งที่นักเรียนได้ทำนายไว้หรือไม่ |
| **ขั้นที่ 3 การอธิบายและลงข้อสรุป ผนวกกับการอธิบาย** | นักเรียนเชื่อมโยงข้อมูลที่นักเรียนได้รับจากหลักฐาน เพื่อสรุปผล สิ่งที่ทำนายมีความถูกต้องหรือไม่ พร้อมกับอธิบายความเชื่อมโยงระหว่างคำทำนาย หลักฐาน และทฤษฎี ขั้นนี้นักเรียนจะได้แลกเปลี่ยนคำอธิบายกับเพื่อนกลุ่มอื่น และได้เรียนรู้กับแลกเปลี่ยนและรับฟังหลักฐานและข้อมูลใหม่ที่เกิดขึ้น |
| **ขั้นที่ 4 การขยายความรู้** | นักเรียนเชื่อมโยงความรู้ของตนกับคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ที่สร้างขึ้นใช้อธิบายเหตุการณ์เพื่อขยายความรู้ |
| **ขั้นที่ 5 การประเมินผล** | นักเรียนสะท้อนการความรู้ที่เกิดขึ้นอย่างรอบด้าน โดยใช้วิธีการที่หลากหลายและเหมาะสมกับบทเรียน ธรรมชาติของนักเรียน |

5) สร้างแผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ผนวกกลวิธี การทำนาย – สังเกต - อธิบาย เรื่องอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี จำนวน 4 แผน เวลารวม 20 ชั่วโมง ดังนี้

ตารางที่ 3.2 หัวข้อเรื่องและจำนวนคาบที่ใช้ในการเขียนแผนการจัดการเรียนรู้จัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ผนวกกลวิธี การทำนาย – สังเกต - อธิบาย

| หน่วยการเรียนรู้ | หัวข้อเรื่อง | จำนวนชั่วโมง |
|---|---|---|
| **อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี** | แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง การคำนวณอัตราเกิดปฏิกิริยาเคมี | 6 |
| | แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง แนวคิดเกี่ยวกับการเกิดปฏิกิริยาเคมี | 4 |
| | แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 เรื่อง พลังงานงานกับปฏิกิริยาเคมี | 4 |
| | แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 เรื่อง ปัจจัยที่มีผลต่อปฏิกิริยาเคมี | 6 |
| | รวม | 20 |

6) นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่สร้างขึ้นเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์เพื่อพิจารณาให้คำแนะนำและให้ข้อเสนอแนะ แล้วปรับปรุงแก้ไข

7) นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่ปรับปรุงแก้ไขแล้ว เสนอต่อผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 ท่าน เพื่อตรวจสอบความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้ เนื้อหา และขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ โดยใช้เกณฑ์การประเมินระดับความคิดเห็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) 5 ระดับ ตามวิธีของ Likert โดยใช้เกณฑ์ (บุญชม ศรีสะอาด, 2554) ดังนี้

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

โดยถือว่าเกณฑ์คะแนนเฉลี่ย 3.51 ถึง 5.00 เป็นแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ใช้ได้ หลังจากผู้เชี่ยวชาญพิจารณา พบว่า แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 - 4 มีคะแนนเฉลี่ยของระดับความคิดเห็นเท่ากับ 4.69, 4.58, 4.58 และ 4.56 ตามลำดับ ได้คะแนนเฉลี่ย 4 แผนการจัดการเรียนรู้ เท่ากับ 4.60 มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด

8) ปรับปรุงแก้ไขแผนการจัดการเรียนรู้พิจารณาตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ

9) นำแผนการจัดการเรียนรู้ไปใช้ในการจัดการเรียนรู้กับนักเรียนกลุ่มทดลอง

***3.1.2 แผนการจัดการเรียนรู้แบบปกติ***

แผนการจัดการเรียนรู้แบบปกติใช้แนวทางการจัดการเรียนรู้ตามคู่มือการใช้หลักสูตรรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ วิชาเคมี ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี เป็นการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้นตอน ดังนี้

1. ขั้นการสร้างความสนใจ นำเข้าสู่บนเรียน กระตุ้นให้นักเรียนเกิดความสนใจใคร่รู้ จากนักเรียนเป็นผู้นำเสนอหรือครูเป็นผู้แนะนำ โดยเชื่อมโยงจากประสบการณ์เดิมของนักเรียน

2. ขั้นการสำรวจและค้นหา นักเรียนดำเนินการวางแผน ตั้งสมมุติฐาน เลือกวิธีการ ลงมือสำรวจ ศึกษาค้นคว้า รวบรวมข้อมูลด้วยวิธีการต่าง ๆ ให้ได้ข้อมูลอย่างเพียงพอที่จะนำไปใช้ในการอธิบายและสรุป

3. ขั้นการอธิบายและลงข้อสรุป นักเรียนนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์และแปลผลเพื่อสรุปผลและนำเสนอผลที่ได้ในรูปต่าง ๆ และเชื่อมโยงกับทฤษฎี เป็นเหตุเป็นผล และมีหลักฐานที่เชื่อถือ

4. ขั้นการขยายความรู้ นักเรียนเชื่อมโยงความรู้กับสถานการณ์ต่าง ๆ ที่หลากหลายขึ้น ใช้ความรู้ ข้อมูล แบบจำลอง อธิบายถึงสถานการณ์หรือเหตุการณ์อย่างเป็นเหตุเป็นผล เป็นการขยายความรู้ให้กว้างขึ้น

5. ขั้นการประเมินผล นักเรียนสะท้อนการความรู้ที่เกิดขึ้นอย่างรอบด้าน โดยใช้วิธีการที่หลากหลายและเหมาะสมกับบทเรียน ธรรมชาติของนักเรียน

**3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล**

***3.2.1 แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี***

แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น สำหรับทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน แบบทดสอบแบบปรนัยมีข้อคำถามจำนวน 30 ข้อ เวลาที่ใช้ในการทำข้อสอบทั้งหมด 60 นาที ซึ่งผู้วิจัยดำเนินการตามขั้นตอนต่อไปนี้

1. ศึกษาเอกสารหลักสูตร มาตรฐานการเรียนรู้ ตัวชี้วัดชั้นปี และขอบข่ายเนื้อหาวิชาวิทยาศาสตร์ จากคู่มือการใช้หลักสูตรรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ วิชาเคมี ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551ของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีและศึกษาหลักสูตรสถานศึกษาโรงเรียนผดุงปัญญา จังหวัดตาก

2. ศึกษาเอกสาร ตำรา วารสารและงานวิจัยเกี่ยวกับการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

3. ศึกษารายละเอียดของสาระและผลการเรียนรู้ วิชาเคมี เรื่องอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ที่จะนำมาสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแล้ววิเคราะห์เนื้อหาสาระการเรียนรู้ เพื่อออกแบบแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

4. กำหนดชนิดของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ผู้วิจัยกำหนดแบบทดสอบ แบบปรนัยมีข้อคำถามจำนวน 30 ข้อ เวลาที่ใช้ในการทำข้อสอบทั้งหมด 50 นาที วัดด้านความจำ ความเข้าใจ ประยุกต์ใช้ ครอบคลุมเนื้อหา ความหมายและการคำนวณอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี แนวคิดการเกิดปฏิกิริยาเคมี พลังงานของปฏิกิริยาเคมี และปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี

ตารางที่ 3.3 ตารางวิเคราะห์เนื้อหาของข้อสอบที่แสดงจำนวนข้อสอบที่วัดในแต่ละด้านของระดับพฤติกรรม

| **หัวข้อ/เนื้อหา** | **ผลการเรียนรู้** | **ข้อสอบข้อที่** | **ระดับพฤติกรรม** | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | **ความจำ** | **ความเข้าใจ** | **ประยุกต์ใช้** |
| ความหมายและการคำนวณอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี | 1. นักเรียนสามารถบอกความหมายอัตราการเปลี่ยนแปลงปริมาณสารได้ | 1 | / | | |
| | | 2 | | / | |
| | 2. นักเรียนสามารถคำนวณอัตราการเปลี่ยนแปลงปริมาณสารได้ | 3 | / | | |
| | | 4 | | / | |
| | | 5 | | / | |
| | 3. นักเรียนสามารถแปลความหมายจากกราฟระหว่างปริมาณสารกับเวลาได้ | 6 | | / | |
| | | 7 | | / | |
| | 4. นักเรียนสามารถทำนายลักษณะกราฟของสารปริมาณสารกับเวลา ที่ไม่ได้วัดในปฏิกิริยาได้ | 8 | | / | |
| | | 9 | | / | |
| | 5. นักเรียนสามารถคำนวณอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีได้จากการเปลี่ยนแปลงปริมาณสารได้ | 10 | | | / |

ตารางที่ 3.3 (ต่อ)

| หัวข้อ/เนื้อหา | ผลการเรียนรู้ | ข้อสอบข้อที่ | ระดับพฤติกรรม | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | ความจำ | ความเข้าใจ | ประยุกต์ใช้ |
| แนวคิดการเกิดปฏิกิริยาเคมี | 6. นักเรียนสามารถแนวคิดการเกิดปฏิกิริยาเคมีได้ | 11 | | / | |
| | | 12 | | / | |
| | | 13 | | / | |
| พลังงานของปฏิกิริยาเคมี | 7. นักเรียนสามารถเปรียบเทียบความแตกต่างของปฏิกิริยาเคมีที่ดูดพลังงานและคายพลังงานเคมีได้ | 14 | | / | |
| | | 15 | / | | |
| | 8. นักเรียนสามารถยกตัวอย่างปฏิกิริยาเคมีในชีวิตประจำวัน ที่เป็นปฏิกิริยาดูดพลังงานและปฏิกิริยาคายพลังงานได้ | 16 | | | / |
| | | 17 | | | / |
| | 9. นักเรียนสามารถระบุปฏิกิริยาดูดพลังงานและปฏิกิริยาคายพลังงาน ได้จากกราฟพลังงานและการดำเนินไปของปฏิกิริยา ในการเกิดปฏิกิริยาได้ | 18 | | / | |
| | | 19 | / | | |
| | | 20 | | | / |
| ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี | 10. นักเรียนสามารถอธิบาย เหตุผลที่ความเข้มข้นของสารมีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีได้ | 21 | | / | |
| | 11. นักเรียนสามารถเปรียบเทียบ ความเข้มข้นของสาร ที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีได้ | 22 | | / | |
| | 12. นักเรียนสามารถยกตัวอย่างกระบวนการที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวันหรืออุตสาหกรรม ที่ความเข้มข้นของสาร มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีได้ | 23 | | | / |
| | 13. นักเรียนสามารถนักเรียนสามารถอธิบายเหตุผลที่อุณหภูมิ มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีได้ | 24 | / | | |

ตารางที่ 3.3 (ต่อ)

| หัวข้อ/เนื้อหา | ผลการเรียนรู้ | ข้อสอบข้อที่ | ระดับพฤติกรรม | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | จำ | เข้าใจ | ประยุกต์ใช้ |
| | 14. นักเรียนสามารถเปรียบเทียบ อุณหภูมิ ที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีได้ | 25 | | | / |
| | 15. นักเรียนสามารถยกตัวอย่างกระบวนการที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวันอุณหภูมิ มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีได้ | 26 | | | / |
| | 16. นักเรียนสามารถนักเรียนสามารถอธิบายเหตุผลที่พื้นที่ผิว มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีได้ | 27 | / | | |
| | 17. นักเรียนสามารถยกตัวอย่างกระบวนการที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวันหรืออุตสาหกรรม ที่พื้นที่ผิว มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีได้ | 28 | | | / |
| | 18. นักเรียนสามารถนักเรียนสามารถอธิบายเหตุผลที่ตัวเร่ง ตัวหน่วง มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีได้ | 29 | | | / |
| | 19. นักเรียนสามารถยกตัวอย่างกระบวนการที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวันหรืออุตสาหกรรม ที่ตัวเร่ง ตัวหน่วง มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีได้ | 30 | | | / |
| | **รวม** | **30** | **8** | **11** | **11** |

5. นำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ที่สร้างขึ้น เสนออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์พิจารณาความตรงเชิงเนื้อหา ความถูกต้องครบถ้วน สมบูรณ์ และปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะ

6. นำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี เสนอผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน เพื่อพิจารณาความตรงเชิงเนื้อหาของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

โดยพิจารณา พิจารณาความตรงของข้อมูลมี 2 ส่วนคือ (1) สอดคล้องตามจุดประสงค์ (IOC) และ (2) ความสอดคล้องของข้อสอบกับระดับพฤติกรรมด้านพุทธิพิสัยของบ Bloom ที่กำหนดในแต่ละข้อ โดยมีหลักเกณฑ์การประเมินความตรงเชิงเนื้อหา ดังนี้

เกณฑ์การประเมินตรงตามจุดประสงค์ ซึ่งมี 3 ระดับ ดังนี้

+1 หมายถึง แน่ใจว่าข้อสอบวัดได้สอดคล้องตามจุดประสงค์การเรียนรู้

0 หมายถึง ไม่แน่ใจว่าข้อสอบวัดได้สอดคล้องตามจุดประสงค์การเรียนรู้

-1 หมายถึง แน่ใจว่าข้อสอบวัดได้ไม่สอดคล้องตามจุดประสงค์การเรียนรู้

เกณฑ์ความสอดคล้องของข้อสอบกับระดับพฤติกรรมที่ มี 5 ระดับ (บุญชม ศรีสะอาด, 2554) ดังนี้

คะแนน 5 หมายถึง มากที่สุด

คะแนน 4 หมายถึง มาก

คะแนน 3 หมายถึง ปานกลาง

คะแนน 2 หมายถึง น้อย

คะแนน 1 หมายถึง น้อยที่สุด

เกณฑ์การยอมรับคุณภาพของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี โดยกำหนด ค่าความสอดคล้องตามจุดประสงค์ (IOC) ของแบบทดสอบทุกข้อต้องมีคะแนนระหว่าง 0.5 - 1.0 และความสอดคล้องของข้อสอบกับระดับพฤติกรรมของแบบทดสอบแต่ละข้อมากกว่า 3.1 จึงนำไปใช้ได้ พบว่าแบบทดสอบทุกข้อ มีค่าความสอดคล้องตามจุดประสงค์ (IOC) เท่ากับ 1.00 และคะแนนเฉลี่ยความสอดคล้องของข้อสอบกับระดับพฤติกรรมของแบบทดสอบแต่ละข้อ อยู่ระหว่าง 4.3 - 5 คะแนน อยู่ในระดับมีความเหมาะสมมากที่สุด

7. นำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ที่ปรับปรุงแล้ว ไปทดลองใช้ (try out) กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนผดุงปัญญา จังหวัดตาก ซึ่งไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง

8. นำมาตรวจให้คะแนนตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ ทำการวิเคราะห์คุณภาพของแบบวัดด้วยการตรวจสอบค่าความยาก (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) โดยกำหนดค่าความยากอยู่ในช่วง 0.2 – 0.8 และมีค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.2 ขึ้นไป และตรวจสอบคุณภาพของแบบทดสอบทั้งฉบับ โดยใช้การคำนวณค่าความเที่ยง ด้วยสูตร KR - 20 ของ Kuder - Richardson พบว่า ผลการตรวจสอบคุณภาพของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน พบว่ามีค่าความยากอยู่ในระดับ 0.32 – 0.77 และค่าอำนาจจำแนกอยู่ในระดับ 0.25 - 0.60 คุณภาพของแบบทดสอบทั้งฉบับ มีค่าความเที่ยง 0.83 มีคุณภาพตามเกณฑ์ครบ 30 ข้อ

9. นำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ไปใช้กับกลุ่มทดลองสำหรับการวิจัย

***3.2.2 แบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์***

แบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ ผู้วิจัยดำเนินการดังต่อไปนี้

1. ศึกษาเอกสาร หนังสือ ตำรา งานวิจัยทั้งภาษาไทย และต่างประเทศเกี่ยวกับความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์

2. ศึกษาเอกสารเกี่ยวกับวิธีการสร้างแบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ และการประเมินผล

3. กำหนดชนิดของแบบวัด สถานการณ์ และข้อคำถามที่สอดคล้องกับตัวชี้วัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ ที่ดัดแปลงจากแนวคิดของ McNeill & Krajcik โดยพิจารณาองค์ประกอบของคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ 3 องค์ประกอบ คือ (1) ข้อกล่าวอ้าง (2) หลักฐาน และ (3) เหตุผล ซึ่งผู้วิจัยสร้างแบบวัดที่ประกอบด้วยแบบวัดมีทั้งหมด 3 สถานการณ์ มีข้อคำถามจำนวน 12 ข้อ เวลาที่ใช้ในการทำข้อสอบทั้งหมด 50 นาที คะแนนเต็มทั้งหมด 24 คะแนน

4. นำแบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ ที่สร้างขึ้นเสนออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์พิจารณาความถูกต้องครบถ้วน สมบูรณ์ และปรับปรุงแก้ไข แล้วนำมาปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะ

5. นำแบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ เสนอผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน เพื่อพิจารณาความตรงเชิงเนื้อหา โดยพิจารณาความสอดคล้องของคำถามกับองค์ประกอบการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ 3 ส่วน (CER)

โดยให้ผู้เชี่ยวชาญเลือกระดับความสอดคล้อง โดยมีหลักเกณฑ์การประเมินความสอดคล้อง โดยกำหนดค่าน้ำหนักของการประเมินเป็น 5 ระดับ ตามแนวคิดของ Likert ดังนี้

5 หมายถึง มีความสอดคล้องมากที่สุด

4 หมายถึง มีความสอดคล้องมาก

3 หมายถึง มีความสอดคล้องปานกลาง

2 หมายถึง มีความสอดคล้องน้อย

1 หมายถึง มีความสอดคล้องน้อยที่สุด

เกณฑ์เฉลี่ยผลการประเมิน ระดับความสอดคล้องของข้อคำถามและระดับความสอดคล้องของเกณฑ์การประเมิน (บุญชม ศรีสะอาด, 2554) ดังนี้

คะแนนเฉลี่ย 4.50 – 5.00 หมายถึง สอดคล้องมากที่สุด

คะแนนเฉลี่ย 3.50 – 4.49 หมายถึง สอดคล้องมาก

คะแนนเฉลี่ย 2.50 – 3.49 หมายถึง สอดคล้องพปานกลาง

คะแนนเฉลี่ย 1.50 – 2.49 หมายถึง สอดคล้องพอใช้

คะแนนเฉลี่ย 1.00 – 1.49 หมายถึง ควรปรับปรุง

โดยเกณฑ์การยอมรับคุณภาพของแบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์จะพิจารณาตามประเด็นในแต่ละข้อ ข้อใดมีคะแนนเฉลี่ยดีถึงดีมาก จึงจะยอมรับ และเกณฑ์เฉลี่ยรวมต้องไม่ต่ำกว่าสอดคล้องมาก (3.50 - 4.49) จึงจะนำไปทดลองใช้ได้ ซึ่งจากการตรวจสอบโดยผู้ทรงคุณวุฒิ พบว่า คุณภาพแบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ 6 สถานการณ์ ได้รับคะแนนเฉลี่ยอยู่ที่ 4.91, 4.75, 4.65, 5.00, 5.00 และ 4.91 ซึ่งมีคะแนนเฉลี่ยรวมอยู่ที่ 4.87 ซึ่งอยู่ในระดับคุณภาพดีมาก

6. นำแบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ที่ปรับปรุงแล้วไปทดลองใช้ (try out) กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนผดุงปัญญา จังหวัดตาก ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง

7. นำมาตรวจให้คะแนนตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ ทำการวิเคราะห์คุณภาพของแบบวัดด้วยการตรวจสอบค่าความยาก (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) โดยกำหนดค่าความยากอยู่ในช่วง 0.2 – 0.8 และมีค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.2 ขึ้นไป และตรวจสอบคุณภาพของแบบวัดทั้งฉบับ โดยใช้การคำนวณค่าความเที่ยง ด้วยสัมประสิทธิ์แอลฟาของ Cronbach พบว่า ผลการตรวจสอบคุณภาพของแบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ พบว่า มีค่าความยากอยู่ในระดับ 0.39 – 0.61 และค่าอำนาจจำแนกอยู่ในระดับ 0.41 - 0.63 คุณภาพของแบบวัดทั้งฉบับมีค่าความเที่ยง 0.73

8. นำแบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์เก็บข้อมูลกับนักเรียนกลุ่มทดลอง

## 4. การเก็บรวบรวมข้อมูล

การวิจัยครั้งนี้มีวิธีการเก็บรวบรวมข้อมูล ดังนี้

**4.1 ทดสอบก่อนเรียน** ด้วยแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี และแบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ ทดสอบนักเรียนทั้งในกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม แล้วนำผลการสอบมาตรวจให้คะแนน

**4.2 ดำเนินการทดลอง** โดยจัดกิจกรรมการเรียนรู้ให้กับนักเรียนทั้งหมด 20 คาบ โดยในกลุ่มทดลองใช้แผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ผนวกกลวิธี การทำนาย – สังเกต - อธิบาย และกลุ่มควบคุมใช้แผนการจัดการเรียนรู้แบบปกติ

**4.3 ทดสอบหลังการทดลอง** เมื่อเสร็จสิ้นการสอนทุกแผนการจัดการเรียนรู้ ทำการทดสอบด้วยแบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ และแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี กับนักเรียนทั้งในกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม แล้วนำผลการสอบมาตรวจให้คะแนน บันทึกผลข้อมูลไว้ใช้ในการวิเคราะห์ผลต่อไป

## 5. การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้มีการวิเคราะห์เพื่อตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือ วิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติพื้นฐาน และการวิเคราะห์สมมุติฐานตามวัตถุประสงค์ ดังนี้

**5.1 การวิเคราะห์เพื่อตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือ** ประกอบด้วย

***5.1.1 วิเคราะห์คุณภาพเครื่องมือทั้งฉบับ***

*1) วิเคราะห์ความตรง* ของแผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ผนวกกลวิธี การทำนาย – สังเกต - อธิบาย เรื่องอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี แบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ และแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี โดยใช้เกณฑ์การประเมินระดับความคิดเห็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) 5 ระดับ ตามวิธีของ Likert

ค่าเฉลี่ย 4.51 – 5.00 แปลความว่า เครื่องมือมีความตรงมากที่สุด
ค่าเฉลี่ย 3.51 – 4.50 แปลความว่า เครื่องมือมีความตรงมาก
ค่าเฉลี่ย 2.51 – 3.50 แปลความว่า เครื่องมือมีความตรงปานกลาง
ค่าเฉลี่ย 1.51 – 2.50 แปลความว่า เครื่องมือมีความตรงน้อย
ค่าเฉลี่ย 1.00 – 1.50 แปลความว่า เครื่องมือมีความตรงน้อยที่สุด

*2) วิเคราะห์ความเที่ยง* แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ทั้งฉบับ โดยใช้ สูตร KR - 20 ของ Kuder – Richardson

$$r_{tt} = \frac{N}{N-1}\left[1-\frac{\Sigma pq}{s_t^2}\right]$$

เมื่อ $r_{tt}$ แทน ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบทั้งฉบับ
$N$ แทน จำนวนข้อในแบบทดสอบ
$p$ แทน สัดส่วนของผู้ทำได้ในข้อหนึ่ง ๆ
$q$ แทน สัดส่วนของผู้ทำผิดในข้อหนึ่ง ๆ คือ 1 - $p$
$s_t^2$ แทน ความแปรปรวนของคะแนนแบบทดสอบทั้งฉบับ

*3) วิเคราะห์ความเที่ยง* ของแบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ ทั้งฉบับ โดยใช้สูตรสัมประสิทธิ์แอลฟาของ Cronbach

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

เมื่อ $\alpha$ คือ ค่าความสอดคล้องภายใน

n คือ จำนวนข้อคำถามในแบบสอบถาม

$\Sigma S_i^2$ คือ ผลรวมของความแปรปรวนของคะแนนรายข้อ

$S_t^2$ คือ ความแปรปรวนของคะแนนรวมทั้งฉบับ

***5.1.2 วิเคราะห์คุณภาพเครื่องมือรายข้อ***

*1) วิเคราะห์ความยาก (p)* เป็นรายข้อ แบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ โดยใช้สูตรของ Whitney and Sabers ดังนี้

$$\text{ค่าความยาก (p)} = \frac{p_H + p_L}{2n}$$

เมื่อ $p_H$ แทน จำนวนนักเรียนที่ตอบถูกในกลุ่มสูง

$p_L$ แทน จำนวนนักเรียนตอบถูกในกลุ่มต่ำ

$n$ แทน จำนวนนักเรียนในกลุ่มสูงหรือกลุ่มต่ำ

*2) วิเคราะห์อำนาจจำแนก (r)* เป็นรายข้อ แบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ โดยใช้สูตรของ Whitney and Sabers ดังนี้

$$\text{ค่าอำนาจจำแนก (r)} = \frac{p_H - p_L}{n}$$

เมื่อ $p_H$ แทน จำนวนนักเรียนที่ตอบถูกในกลุ่มสูง

$p_L$ แทน จำนวนนักเรียนตอบถูกในกลุ่มต่ำ

$n$ แทน จำนวนนักเรียนในกลุ่มสูงหรือกลุ่มต่ำ

*3) ค่าดัชนีความสอดคล้องตามจุดประสงค์ (IOC)* โดยพิจารณาค่าดัชนีความสอดคล้องตั้งแต่ 0.50 ขึ้นไป ซึ่งผู้เชี่ยวชาญแต่ละท่านให้คะแนนตามเกณฑ์ดังนี้

+1 ข้อสอบวัดตามจุดประสงค์

0 ไม่แน่ใจว่าข้อสอบวัดตามจุดประสงค์

-1 ข้อสอบไม่ได้ตามวัตจุดประสงค์

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

เมื่อ IOC แทน ดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับลักษณะพฤติกรรม

$\Sigma R$ แทน ผลรวมของคะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาทั้งหมด

$N$ แทน จำนวนผู้เชี่ยวชาญ

**5.2 การวิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติพื้นฐาน**

***5.2.1 วิเคราะห์ค่าเฉลี่ย (Mean)*** ของคะแนนจากแบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ และแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี

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

เมื่อ $\bar{X}$ แทน คะแนนเฉลี่ย

$\Sigma X$ แทน ผลรวมของคะแนนทั้งหมด

$N$ แทน จำนวนข้อมูล

***5.2.2 วิเคราะห์ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) ของคะแนนจากแบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ และแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี***

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

เมื่อ S.D. แทน ความเบี่ยงเบนมาตรฐาน

$\Sigma X$ แทน ผลรวมของคะแนนทั้งหมด

$\Sigma X^2$ แทน ผลรวมของกำลังสองของคะแนนทั้งหมด

$N$ แทน จำนวนข้อมูล

**5.3 การวิเคราะห์สมมุติฐานตามวัตถุประสงค์**

***5.3.1 วิเคราะห์เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน วิชาเคมี เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี และความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ผนวกกลวิธี การทำนาย – สังเกต - อธิบาย กับนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ โดยใช้การทดสอบค่าที (t - test Independent for sample)***

$$\text{สูตร } t = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{\sqrt{\frac{s_1^2}{n_1} + \frac{s_2^2}{n_2}}}$$

เมื่อ $t$ = การทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย

$\bar{x}_1, \bar{x}_2$ = ค่าเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่างที่ 1 และกลุ่มตัวอย่างที่ 2

$s_1^2, s_2^2$ = ความแปรปรวนของกลุ่มตัวอย่างที่1และกลุ่มตัวอย่างที่ 2

$n_1, n_2$ = จำนวนกลุ่มตัวอย่างที่ 1 และกลุ่มตัวอย่างที่ 2

***5.3.2 วิเคราะห์เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ผนวกกลวิธี การทำนาย – สังเกต - อธิบาย ระหว่างก่อนและหลังเรียน โดยใช้การทดสอบค่าที (t - test dependent for sample)***

$$\text{สูตร } t = \frac{\Sigma D}{\sqrt{\frac{N\Sigma D - (\Sigma D)^2}{N-1}}}$$

เมื่อ $t$ แทน ค่าที่จะใช้พิจารณา t – distribution

$\Sigma D$ แทน ผลรวมของความแตกต่างระหว่างคะแนนสอบก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนแต่ละคน

$N$ แทน จำนวนนักเรียน

$\Sigma D^2$ แทน ผลรวมของกำลังสองของความแตกต่างระหว่างคะแนนสอบก่อนเรียนและหลังเรียนของผู้เรียนแต่ละคน

Df = $N$-1

# บทที่ 4
# ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัย เรื่อง ผลการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ผนวกกับ กลวิธี การทำนาย – สังเกต - อธิบาย ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนผดุงปัญญา จังหวัดตาก มีผลการวิเคราะห์ข้อมูลตามวัตถุประสงค์การวิจัย ดังนี้

ตอนที่ 1 ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน วิชาเคมี เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ระหว่างนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ผนวกกลวิธี การทำนาย – สังเกต - อธิบาย กับนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ

ตอนที่ 2 ผลการเปรียบเทียบคะแนนจากแบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ ระหว่างนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ผนวกกลวิธี การทำนาย – สังเกต - อธิบาย กับนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ

ตอนที่ 3 เปรียบเทียบคะแนนจากแบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ผนวกกลวิธี การทำนาย – สังเกต - อธิบาย ระหว่างก่อนและหลังเรียน

มหาวิทยาลัย
สุโขทัยธรรมาธิราช

## ตอนที่ 1 ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ระหว่างนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ผนวกกลวิธี การทำนาย – สังเกต - อธิบาย กับนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ

ตารางที่ 4.1 ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ระหว่างนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ผนวกกลวิธี การทำนาย-สังเกต-อธิบาย กับนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ

| คะแนน | กลุ่มทดลอง (n = 30) | | กลุ่มควบคุม (n = 30) | | t | p |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | *M* | SD | *M* | SD | | |
| ก่อนเรียน (30 คะแนน) | 8.43 | 2.28 | 8.53 | 2.15 | 0.174 | 0.882 |
| หลังเรียน (30 คะแนน) | 23.40 | 2.84 | 20.93 | 2.42 | 3.624* | 0.000 |

*p <.05

จากตารางที่ 4.1 พบว่า ก่อนเรียนนักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ผนวกกลวิธี การทำนาย – สังเกต - อธิบาย และนักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบปกติ มีคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 8.43 และ 8.53 ตามลำดับ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 2.28 และ 2.15 ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของทั้งสองกลุ่ม ได้ค่า p เท่ากับ 0.882 ซึ่งมากกว่า .05 แสดงว่า ก่อนเรียนนักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ผนวกกลวิธี การทำนาย – สังเกต - อธิบาย กับนักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบปกติมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

หลังเรียนนักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ผนวกกลวิธี การทำนาย – สังเกต - อธิบาย และนักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบปกติ มีคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเฉลี่ยเท่ากับ 23.40 และ 20.93 ตามลำดับ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 2.84 และ 2.45 ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของคะแนนทั้งสองกลุ่มได้ค่า p เท่ากับ 0.000 ซึ่งน้อยกว่า .05 แสดงว่า นักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ผนวกกลวิธี การทำนาย – สังเกต - อธิบาย มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน สูงกว่านักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ตารางที่ 4.2 ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หลังนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ผนวกกลวิธี การทำนาย – สังเกต - อธิบาย กับนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติแยกตามหัวข้อ

| หัวข้อ | กลุ่มทดลอง (n=30) | | กลุ่มควบคุม (n=30) | | t | p |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | *M* | SD | *M* | SD | | |
| 1. การคำนวณอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี (10 คะแนน) | 7.20 | 1.30 | 6.43 | 1.19 | 2.38* | 0.021 |
| 2. แนวคิดเกี่ยวกับการเกิดปฏิกิริยาเคมีและพลังงานกับปฏิกิริยาเคมี (10 คะแนน) | 8.07 | 1.17 | 7.30 | 1.18 | 2.53* | 0.014 |
| 3. ปัจจัยที่มีผลต่อปฏิกิริยาเคมี (10 คะแนน) | 8.13 | 1.46 | 7.20 | 1.75 | 2.25* | 0.029 |

*p < .05

จากตารางที่ 4.2 คะแนนผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หลังนักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ผนวกกลวิธี การทำนาย – สังเกต - อธิบาย กับนักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบปกติ ในวิชาเคมี เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีแยกตามหัวข้อ พบว่า หัวข้อที่ 1 การคำนวณอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี มีคะแนนเฉลี่ย 7.20 และ 6.43 ตามลำดับ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 1.30 และ 1.19 ตามลำดับ หัวข้อที่ 2 แนวคิดเกี่ยวกับการเกิดปฏิกิริยาเคมีและพลังงานงานกับปฏิกิริยาเคมี มีคะแนนเฉลี่ย 8.07 และ 7.30 ตามลำดับ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 1.17 และ 1.18 ตามลำดับ และหัวข้อที่ 3 ปัจจัยที่มีผลต่อปฏิกิริยาเคมี มีคะแนนเฉลี่ย 8.13 และ 7.20 ตามลำดับ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 1.46 และ 1.75 ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของคะแนนทั้งสองกลุ่มได้ค่า p น้อยกว่า .05 แสดงว่านักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ผนวกกลวิธี การทำนาย – สังเกต - อธิบาย มีผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่านักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ในทุกหัวข้อ

## ตอนที่ 2 ผลการเปรียบเทียบความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ผนวกกลวิธี การทำนาย – สังเกต - อธิบาย กับนักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบปกติ

ตารางที่ 4.3 ผลการเปรียบเทียบคะแนนความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ผนวกกลวิธี การทำนาย – สังเกต - อธิบาย กับนักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบปกติ

| คะแนน | กลุ่มทดลอง (n=30) | | กลุ่มควบคุม (n=30) | | t | p |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | *M* | SD | *M* | SD | | |
| ก่อนเรียน (24 คะแนน) | 10.10 | 2.24 | 10.40 | 3.02 | 0.175 | 0.862 |
| หลังเรียน (24 คะแนน) | 19.33 | 3.20 | 10.64 | 2.36 | 3.624* | 0.000 |

*p < .05

จากตารางที่ 4.3 พบว่า ก่อนเรียนนักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ผนวกกลวิธี การทำนาย – สังเกต - อธิบาย และนักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบปกติ มีคะแนนความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ เฉลี่ยเท่ากับ 10.10 และ10.40 ตามลำดับ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 2.24 และ 3.02 ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของทั้งสองกลุ่ม ได้ค่า p เท่ากับ 0.862 ซึ่งมากกว่า .05 แสดงว่า ก่อนเรียนนักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ผนวกกลวิธี การทำนาย – สังเกต - อธิบาย กับนักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบปกติ มีความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

หลังเรียนนักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ผนวกกลวิธี การทำนาย – สังเกต - อธิบาย และนักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบปกติ มีคะแนนความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์เฉลี่ยเท่ากับ 19.4 และ 10.6 ตามลำดับ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 3.20 และ 2.36 ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของคะแนนทั้งสองกลุ่มได้ค่า p เท่ากับ 0.000 ซึ่งน้อยกว่า .05 แสดงว่า นักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ผนวกกลวิธี การทำนาย – สังเกต - อธิบาย

มีความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์สูงกว่านักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบปกติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ตารางที่ 4.4 ผลการเปรียบเทียบคะแนนความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ หลังเรียน ของนักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ผนวกกลวิธี การทำนาย – สังเกต - อธิบาย กับนักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบปกติ แยกตามองค์ประกอบ

| องค์ประกอบ | กลุ่มทดลอง (n=30) | | กลุ่มควบคุม (n=30) | | t | p |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | *M* | SD | *M* | SD | | |
| 1. ข้อกล่าวอ้าง (6 คะแนน) | 5.80 | 0.484 | 3.57 | 0.774 | 13.40* | 0.000 |
| 2. หลักฐาน (6 คะแนน) | 4.73 | 1.143 | 2.30 | 0.837 | 9.41* | 0.000 |
| 3. การให้เหตุผล (6 คะแนน) | 4.40 | 1.248 | 2.30 | 0.794 | 7.77* | 0.000 |
| การสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ (6 คะแนน) | 4.40 | 1.276 | 2.47 | 0.681 | 7.32* | 0.000 |

*p < .05

จากตารางที่ 4.4 คะแนนความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ ระหว่างนักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ผนวกกลวิธี การทำนาย – สังเกต - อธิบาย กับนักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบปกติ แยกตามองค์ประกอบ พบว่า องค์ประกอบที่ 1 ข้อกล่าวอ้าง มีคะแนนเฉลี่ย 5.80 และ 3.57 ตามลำดับ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.484 และ 0.774 ตามลำดับ องค์ประกอบที่ 2 หลักฐาน มีคะแนนเฉลี่ย 4.73 และ 2.30 ตามลำดับ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 1.143 และ 0.837 ตามลำดับ องค์ประกอบที่ 3 การให้เหตุผล มีคะแนนเฉลี่ย 4.40 และ 2.30 ตามลำดับ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 1.248 และ 0.794 ตามลำดับ และ การสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ มีคะแนนเฉลี่ย 4.40 และ 2.47 ตามลำดับ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 1.276 และ 0.681 ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของคะแนนทั้งสองกลุ่ม พบว่า นักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ผนวกกลวิธี การทำนาย – สังเกต - อธิบายมีความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์สูงกว่านักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ทุกองค์ประกอบ

**ตอนที่ 3 ผลการเปรียบเทียบคะแนนจากแบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ผนวกกลวิธี การทำนาย – สังเกต - อธิบาย ระหว่างก่อนและหลังเรียน**

ตารางที่ 4.5 ผลการเปรียบเทียบคะแนนจากแบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ผนวกกลวิธี การทำนาย – สังเกต - อธิบาย ระหว่างก่อนและหลังเรียน

| คะแนน | ก่อนเรียน (n=30) | | หลังเรียน (n=30) | | t | p |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | *M* | SD | *M* | SD | | |
| ความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ (24 คะแนน) | 10.14 | 2.24 | 19.33 | 3.20 | 13.0* | 0.000 |

*p <.05

จากตารางที่ 4.5 พบว่า นักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ผนวกกลวิธี การทำนาย – สังเกต - อธิบาย มีคะแนนความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนและหลังเรียน เฉลี่ยเท่ากับ 9.63 และ 19.43 ตามลำดับ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 2.24 และ 3.20 ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของคะแนนได้ค่า p เท่ากับ 0.000 ซึ่งน้อยกว่า .05 แสดงว่า นักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ผนวกกลวิธี การทำนาย – สังเกต - อธิบาย มีความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ตารางที่ 4.6 ผลการเปรียบเทียบคะแนนความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ผนวกกลวิธี การทำนาย – สังเกต - อธิบาย ระหว่างก่อนเรียนกับหลังเรียน แยกตามองค์ประกอบ

| องค์ประกอบ | ก่อนเรียน (n=30) | | หลังเรียน (n=30) | | t | p |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | *M* | SD | *M* | SD | | |
| 1. ข้อกล่าวอ้าง (6 คะแนน) | 3.47 | 0.819 | 5.80 | 0.484 | 13.43* | 0.000 |
| 2. หลักฐาน (6 คะแนน) | 2.47 | 1.106 | 4.73 | 1.143 | 7.81* | 0.000 |
| 3. การให้เหตุผล (6 คะแนน) | 1.93 | 1.311 | 4.40 | 1.248 | 7.46* | 0.000 |
| 4. การสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ (6 คะแนน) | 2.27 | 1.112 | 4.40 | 1.276 | 6.90* | 0.000 |

*p < .05

จากตารางที่ 4.6 คะแนนความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ผนวกกลวิธี การทำนาย – สังเกต - อธิบาย ระหว่างก่อนเรียนกับหลังเรียน แยกตามองค์ประกอบพบว่า องค์ประกอบที่ 1 ข้อกล่าวอ้างมีคะแนนเฉลี่ย 3.47 และ 5.80 ตามลำดับส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.819 และ 0.484 ตามลำดับ องค์ประกอบที่ 2 หลักฐานมีคะแนนเฉลี่ย 2.47 และ 4.73 ตามลำดับ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 1.106 และ 1.143 ตามลำดับ องค์ประกอบที่ 3 การให้เหตุผลมีคะแนนเฉลี่ย 1.93 และ 4.40 ตามลำดับ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 1.311 และ 1.248 ตามลำดับ และ การสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์มีคะแนนเฉลี่ย 2.27 และ 4.40 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 1.112 และ 1.276 ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของคะแนนได้ค่า p เท่ากับ 0.000 ซึ่งน้อยกว่า .05 แสดงว่า นักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ผนวกกลวิธี การทำนาย – สังเกต - อธิบาย มีความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ทุกองค์ประกอบ โดยองค์ประกอบที่นักเรียนมีระดับความสามารถหลังเรียนสูงที่สุด คือ องค์ประกอบที่ 1 ข้อกล่าวอ้าง (5.80) องค์ประกอบที่ 2 หลักฐาน (4.73) องค์ประกอบที่ 3 การให้เหตุผล (4.40) และการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ (4.40) ตามลำดับ

# บทที่ 5
# สรุปการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การวิจัย เรื่อง ผลการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ผนวกกลวิธี การทำนาย – สังเกต - อธิบาย ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนผดุงปัญญา จังหวัดตาก มีการสรุปการวิจัย อภิปรายผล และมีข้อเสนอแนะดังนี้

## 1. สรุปการวิจัย

### 1.1 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.1.1 เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ผนวกกลวิธี การทำนาย – สังเกต - อธิบาย กับนักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบปกติ

1.1.2 เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ผนวกกลวิธี การทำนาย – สังเกต - อธิบาย กับนักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบปกติ

1.1.3 เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ผนวกกลวิธี การทำนาย – สังเกต - อธิบายระหว่างก่อนเรียนกับหลังเรียน

### 1.2 สมมติฐานการวิจัย

1.2.1 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หลังเรียนของนักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ผนวกกลวิธี การทำนาย – สังเกต - อธิบาย สูงกว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ

1.2.2 ความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ผนวกกลวิธี การทำนาย – สังเกต - อธิบาย สูงกว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ

1.2.3 ความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ผนวกกลวิธี การทำนาย – สังเกต - อธิบาย ก่อนเรียนสูงกว่าหลังเรียน

**1.3 วิธีการดำเนินการวิจัย**

***1.3.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง***

*1) ประชากร* ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนผดุงปัญญา จังหวัดตาก ปีการศึกษา 2566 จำนวน 3 ห้องเรียน มีนักเรียน 93 คน ซึ่งจัดห้องเรียนโดยคละความสามารถ

*2) กลุ่มตัวอย่าง* ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ดังกล่าวจำนวน 2 ห้องเรียน มีนักเรียน 60 คน ซึ่งได้มาจากการสุ่มแบบกลุ่ม และจับฉลากเป็นกลุ่มทดลอง และกลุ่มควบคุม

***1.3.2 ตัวแปรที่ศึกษา***

*1) ตัวแปรอิสระ* ได้แก่ การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ผนวกกลวิธีการทำนาย – สังเกต - อธิบาย

*2) ตัวแปรตาม* ได้แก่ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์

***1.3.3 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย***

*1) เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง* ได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ผนวกกลวิธี การทำนาย – สังเกต - อธิบาย จำนวน 4 แผน ใช้เวลาเรียน 20 ชั่วโมง และแผนการจัดการเรียนรู้แบบปกติใช้เวลาสอนเท่ากัน

*2) เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล*

*(1) แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน* เป็นแบบอัตนัย จำนวน 30 ข้อ มีค่าความยากอยู่ระหว่าง 0.32 - 0.77 มีค่าอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง 0.25 - 0.60 และมีค่าความเที่ยง 0.83

*(2) แบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์* เป็นแบบอัตนัย จำนวน 6 สถานการณ์ ใช้สำหรับทดสอบก่อนเรียน 3 สถานการณ์ หลังเรียน 3 สถานการณ์ แต่ละสถานการณ์มีคำถาม 3 ข้อ มีค่าความยากอยู่ระหว่าง 0.39 - 0.61 มีค่าอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง 0.41 - 0.63 และมีค่าความเที่ยง 0.73

**1.4 การเก็บรวบรวมข้อมูล**

***1.4.1 ทดสอบก่อนเรียนด้วยแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และแบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์*** แล้วนำผลการสอบมาตรวจให้คะแนน

***1.4.2 ดำเนินการทดลอง*** โดยจัดกิจกรรมการเรียนรู้ทั้งหมด 20 คาบ โดยในกลุ่มทดลองใช้แผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ผนวกกลวิธี การทำนาย – สังเกต - อธิบาย และกลุ่มควบคุมใช้แผนการจัดการเรียนรู้แบบปกติ จนครบทุกแผน

***1.4.3 ทดสอบหลังการทดลอง*** เมื่อเสร็จสิ้นการสอนทุกแผนการจัดการเรียนรู้ ทำการทดสอบหลังเรียนโดยใช้แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และแบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบาย

เชิงวิทยาศาสตร์ กับนักเรียนทั้งในกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม แล้วนำผลการสอบมาตรวจให้คะแนน บันทึกผลข้อมูลไว้ใช้ในการวิเคราะห์ผลต่อไป

**1.5 การวิเคราะห์ข้อมูล**

1.5.1 วิเคราะห์เปรียบเทียบคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ผนวกกลวิธี การทำนาย – สังเกต - อธิบาย กับนักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบปกติ โดยใช้การทดสอบค่าที (Independent t - test)

1.5.2 วิเคราะห์เปรียบเทียบคะแนนความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ผนวกกลวิธี การทำนาย – สังเกต - อธิบาย กับนักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบปกติ โดยใช้การทดสอบค่าที (Independent t - test)

1.5.3 วิเคราะห์เปรียบเทียบคะแนนความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ผนวกกลวิธี การทำนาย – สังเกต - อธิบาย ระหว่างก่อนและหลังเรียน โดยใช้การทดสอบค่าที (dependent t - test)

**1.6 ผลการวิจัย**

จากการศึกษาวิจัยได้ผลดังนี้

1.6.1 นักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ผนวกกลวิธี การทำนาย – สังเกต - อธิบาย มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน สูงกว่านักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

1.6.2 นักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ผนวกกลวิธี การทำนาย – สังเกต - อธิบาย มีความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์สูงกว่านักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

1.6.3 นักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ผนวกกลวิธี การทำนาย – สังเกต - อธิบาย มีความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

## 2. อภิปรายผล

การศึกษาผลการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ผนวกกลวิธี การทำนาย – สังเกต - อธิบาย ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ ของ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนผดุงปัญญา จังหวัดตาก ผู้วิจัยได้แยกการอภิปรายผลออกเป็นประเด็นต่าง ๆ ต่อไปนี้

**2.1 นักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ผนวกกลวิธี การทำนาย – สังเกต - อธิบาย มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน สูงกว่านักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05**

เมื่อพิจารณาคะแนนหลังเรียน พบว่า นักเรียนกลุ่มที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ผนวกกลวิธี การทำนาย – สังเกต - อธิบาย มีคะแนนผลสัมฤทธิ์เฉลี่ยเท่ากับ 23.40 ขณะที่นักเรียนกลุ่มที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบปกติมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 20.93 คะแนนซึ่งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 สอดคล้องกับสมมติฐานการวิจัยข้อที่ 1 ด้วยเหตุผลหลายประการดังนี้

ประการแรก การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ผนวกกลวิธี การทำนาย – สังเกต - อธิบาย พัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนได้เพราะการจัดการเรียนรู้ที่เน้นให้นักเรียนได้มีกระบวนการในการสืบเสาะหาความรู้ เป็นองค์ประกอบสำคัญที่ทำให้นักเรียนเกิดความเข้าใจในธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ เปิดโอกาสทำให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติ สืบค้น สำรวจ หาข้อมูลด้วยวิธีการต่าง ๆ จนเกิดเป็นความรู้ใหม่ด้วยตนเอง (สถาบันส่งเสริมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2553) สอดคล้องกับ ทฤษฎีการเรียนรู้ด้วยการค้นพบความรู้ด้วยตัวเอง ของ Bruner ที่กล่าวว่า การเรียนรู้ที่แท้จริงขึ้นมาจากการค้นพบด้วยตนเอง เป็นกระบวนการเรียนรู้ที่มีความหมาย การเรียนรู้โดยผ่านกระบวนการสืบเสาะหาความรู้โดยใช้ปัญหาเป็นหลัก และที่ให้ความสำคัญความรู้เดิมและกระบวนการเรียนรู้ของนักเรียน การเปิดโอกาสให้การลงมือปฏิบัติจริง ค้นพบ วิเคราะห์ เกิดเป็นความรู้ใหม่

เช่นเดียวกับกลวิธีการทำนาย-สังเกต-อธิบาย เป็นวิธีการสอนตามแนวคิดทฤษฎีสร้างความรู้ ที่ช่วยในกระบวนการสืบเสาะหาความรู้มีความชัดเจนยิ่งขึ้น ส่งเสริมให้นักเรียนได้ตัดสินใจเกี่ยวกับความรู้ที่มีอยู่บนพื้นฐานความรู้เดิมและเป็นไปแนวคิดตามทฤษฎีการเรียนรู้อย่างมีความหมาย เพราะกลวิธีการทำนาย – สังเกต - อธิบาย นักเรียนจะได้เชื่อมโยงระหว่างคำทำนายที่มาจากความรู้เดิมของนักเรียนและสิ่งที่ได้จากการสังเกตที่เป็นความรู้ใหม่ อย่างมีเหตุผลและมีหลักฐานประกอบ ทำให้เกิดเป็นการเรียนรู้อย่างมีความหมาย และเมื่อนำมาผนวกกลวิธีการทำนาย-สังเกต-อธิบาย เป็นวิธีการที่มีประสิทธิภาพส่งเสริมให้นักเรียนได้ ตัดสินใจ แสดงความคิดเห็น และอภิปรายอย่างเป็นขั้นตอน โดยมุ่งเน้นให้นักเรียน

ได้คิดทำนาย สังเกตและใช้ทักษะการสื่อสารในการอธิบายสิ่งที่เกิดขึ้น ทำให้นักเรียนคิดและเกิดความเข้าใจในเรื่องที่เรียนรวมทั้งส่งผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนสูงขึ้น

การนำขั้นตอนสร้างความสนใจผนวกการทำนาย การค้นหาผนวกกับการสังเกต และขั้นสรุปและอธิบายผนวกกับการอธิบายนั้น ทำให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้อย่างมีความหมาย มีการเชื่อมโยงความรู้เดิมและความรู้ใหม่ผ่านขั้นตอนการสร้างความสนใจผนวกกับการทำนาย สถานการณ์ที่ครูมอบให้ขั้นค้นหาผนวกกับการสังเกต จะพัฒนาการเชื่อมโยงข้อมูลและหลักฐาน และขั้นสรุปผนวกกับการอธิบาย ส่งเสริมให้นักเรียนสร้างองค์ความรู้ใหม่ด้วยตนเอง ส่งผลให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ผนวกกลวิธี การทำนาย – สังเกต - อธิบายสูงขึ้น การนำกลวิธีการสอน การทำนาย – สังเกต - อธิบาย มาใช้เสริมในขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้น่าจะช่วยส่งเสริมให้นักเรียนปฏิบัติการในกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ได้ดีขึ้น

ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ กรีฑา ภูผาดแร่ (2557) ที่พบว่า การจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะความรู้ผนวกกลวิธี การทำนาย – สังเกต - อธิบาย ทำให้นักเรียนมีพัฒนาการทางการเรียนที่เพิ่มขึ้นเนื่องมาจากนักเรียนมีความเข้าใจในเนื้อหา มีส่วนร่วมในกิจกรรมการเรียนรู้อย่าง ทั่วถึงได้ลงมือปฏิบัติจริง เรียนรู้กระบวนการทำงานกลุ่มมีความกระตือรือร้นในการทำกิจกรรมตลอดจน สร้างความรู้ได้ด้วยตนเอง

ประการที่สอง การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ผนวกกลวิธี การทำนาย – สังเกต - อธิบาย เป็นรูปแบบการจัดการเรียนรู้เป็นการสอนตามทฤษฎีการสร้างความรู้ เป็นการจัดการสอนวิทยาศาสตร์ที่มุ่งเน้นการท้าทายให้นักเรียนเกิดการมีส่วนร่วมในกระบวนการเรียน (Haysom & Bowen, 2010) ทำให้นักเรียนความสนใจและความสงสัยให้เกิดกับนักเรียน ซึ่งเป็นการสร้างความสงสัยควรจะสัมพันธ์กับชีวิตประจำวันหรือประสบการณ์เดิมของนักเรียน เพื่อส่งเสริมให้นักเรียนได้เกิดการสืบเสาะหาความรู้ (โชคชัย ยืนยง, 2561)

นักเรียนได้คิดทำนายกับการสังเกต การสาธิต และ การอภิปรายผลให้สอดคล้องระหว่างการทำนายผลการสังเกต อาจแสดงความรู้เดิม และเกิดการเรียนรู้ใหม่ กับสิ่งที่นักเรียนได้สังเกต เป็นการเปิดโอกาสให้นักเรียนมีการแลกเปลี่ยนและมีการเจรจาต่อรอง (Wu & Tsai, 2005) เป็นประสบการณ์การจัดการเรียนรู้รูปแบบใหม่ที่ทำให้นักเรียนได้รับทำให้เกิดความสนใจในการเรียน การทำกิจกรรมมากขึ้น

กิจกรรมการสืบเสาะหาความรู้ผนวกกลวิธี การทำนาย – สังเกต - อธิบาย ที่เริ่มจากการให้นักเรียนคาดเดา คำตอบจากสถานการณ์ที่ครูกำหนด จากความรู้หรือประสบการณ์เดิมของนักเรียน พบว่านักเรียนมีการคาดเราและเหตุผลที่แตกต่างกัน นักเรียนอธิบายเหตุผลในมุมประสบการณ์หรือความเข้าใจของตนเองที่เคยมี ขั้นตอนนี้นักเรียนจะตื่นเต้นในการแสดงความคิดเห็นและแลกเปลี่ยนกับเพื่อนในห้องเรียน ทำให้นักเรียนเกิดแรงกระตุ้นให้สนใจในการเรียน ต่อมาเมื่อถึงขั้นตอนการค้นพบผนวกกับการสังเกต นักเรียนได้ติดตัดสินใจการเก็บข้อมูลจากการสังเกตให้เป็นประโยชน์มากที่สุด และขั้นการสรุป

และอธิบาย โดยขั้นนี้นักเรียนนำสิ่งที่สังเกตได้มาวิเคราะห์ และเชื่อมโยงกับทฤษฎีอย่างเป็นเหตุเป็นผล หากไม่ตรงกับที่ทำนายไว้ก็จะทำให้นักเรียนยอมรับได้ จากการที่นักเรียนค้นพบความรู้ใหม่ด้วยตนเอง อาจมีการโต้แย้งหรือมีการเจรจาต่อรองเพื่อสนับสนุนคำอธิบายของตนเอง นักเรียนตื่นตัวในการเรียนตลอดกิจกรรม ไปสู่ขั้นการขยายความรู้และประเมินความรู้ ตามขั้นตอนของการสืบเสาะหาความรู้ปกติ

ซึ่งเป็นการจัดการเรียนรู้ที่การส่งเสริมให้นักเรียนมีความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ที่สามารถเปลี่ยนแปลงได้ เมื่อมีการค้นพบประจักษ์พยานเพิ่มเติม หรือมีการโต้แย้ง แสดงความคิดเห็นด้วยข้อมูลหลักฐานสนับสนุน และส่งเสริมให้นักเรียนได้ฝึกการคิดวิเคราะห์และสร้างความรู้ใหม่ทางวิทยาศาสตร์ได้ดียิ่งขึ้น สะท้อนไปยังผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนได้

ประการสุดท้าย การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ผนวกกลวิธี การทำนาย – สังเกต - อธิบาย ช่วยทำให้กระบวนการสืบเสาะหาความรู้วิทยาศาสตร์ ชัดเจนยิ่งขึ้น เพราะหนึ่งปัญหาที่ทำให้ครูไม่ประสบความสำเร็จในการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ คือ ครูไม่สามารถออกแบบกิจกรรมและการใช้คำถาม กระตุ้น นักเรียนได้แสดงตรวจสอบเพื่อให้ได้ หลักฐานที่จะนำ ไปเชื่อมโยงกับความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เพื่อนำไปสู่การตอบคำถามที่สนใจหรือสงสัย เพื่อให้เกิดการเรียนรู้ที่มีความหมาย (นวลจิตต์ เชาวกีรติพงศ์, 2562) การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ผนวกกลวิธี การทำนาย – สังเกต - อธิบาย เป็นการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้มุ่งเน้นให้มีกิจกรรมการเรียนรู้ 5 ลักษณะสำคัญในการสืบเสาะหาความรู้ ได้แก่ การตั้งคำถามทางวิทยาศาสตร์ การให้ความสำคัญกับหลักฐาน การสร้างคำอธิบายจากข้อมูลและหลักฐาน การเชื่องโยงความรู้สู่องค์ความรู้ และการสื่อสารและการประเมินองค์ความรู้อย่างมีเหตุผล ซึ่งกลวิธีการทำนาย – สังเกต - อธิบาย ช่วยให้กระบวนการสืบเสาะชัดเจนขึ้น โดยการกระตุ้นความสนใจจากการทำนาย สนับสนุนให้นักเรียนหาหลักฐานและจดบันทึกอย่างเป็นระบบและอธิบายโดยการเชื่อมโยงข้อมูลหลักฐาน เปรียบเทียบกับคำทำนาย มีการโต้แย้งแลกเปลี่ยน เกิดเป็นโครงสร้างความรู้ใหม่เกิดขึ้น ดังนั้นจากความท้าทายกิจกรรมการเรียนรู้สู่การสร้างความรู้ใหม่ด้วยตนเอง เมื่อนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ผนวกกลวิธีการทำนาย – สังเกต – อธิบาย ผลสัมฤทธิ์ที่สูงกว่า เมื่อเทียบกับนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ปกติ

**2.2 นักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ผนวกกลวิธี การทำนาย – สังเกต - อธิบาย มีความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์สูงกว่านักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบปกติ และมีความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05**

จากผลการวิจัยพบว่า เมื่อพิจารณาคะแนนหลังเรียน นักเรียนกลุ่มที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ผนวกกลวิธี การทำนาย – สังเกต - อธิบาย มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 19.40 ขณะที่นักเรียนกลุ่มที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบปกติมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 10.60 เมื่อวิเคราะห์ผลพบว่า นักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ผนวกกลวิธี การทำนาย – สังเกต - อธิบาย

มีความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์สูงกว่านักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 สอดคล้องกับสมมติฐานการวิจัยข้อที่ 2 นอกจากนี้นักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ผนวกกลวิธี การทำนาย-สังเกต-อธิบาย มีความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 สอดคล้องกับสมมติฐานการวิจัยข้อที่ 3 เช่นกัน จากการที่ความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์สูงขึ้นประกอบด้วยปัจจัยหลายประการดังนี้

การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ผนวกกลวิธี การทำนาย – สังเกต - อธิบาย สนับสนุนองค์ประกอบในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียน ซึ่งมี 3 องค์ประกอบ ได้แก่ 1) ด้านข้อกล่าวอ้าง เป็นการตอบข้อคำถามจากคำถามหรือปรากฏการณ์ที่ได้พบ 2) ด้านข้อมูล เป็นการสนับสนุนข้อกล่าวอ้างโดยใช้ข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ที่ได้จากการสำรวจตรวจสอบ และ 3) ด้านการให้เหตุผลที่มีการเชื่อมโยงระหว่างข้อกล่าวอ้างและข้อมูลหลักฐานโดยใช้หลักการทางวิทยาศาสตร์ (McNeil and Krajcik, 2006) เพื่อมุ่งเน้นการพัฒนาการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียน

โดยกิจกรรมการเรียนรู้ขั้นแรก การสร้างความสนใจ ผนวกกับการทำนาย นักเรียนได้แสดงความคิดเห็นทำนายเหตุการณ์ ที่คาดว่าจะเกิดขึ้นในอนาคต จากความรู้หรือความเข้าใจเดิมของนักเรียน สนับสนุนการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ องค์ประกอบ ด้านข้อกล่าวอ้าง กล่าวคือ การตอบข้อคำถามจากคำถามหรือปรากฏการณ์ที่ได้พบ นักเรียนมีส่วนร่วมในประเด็นคำถามทางวิทยาศาสตร์

ต่อมาขั้นที่ 2 การสำรวจและค้นหา ผนวกกับการสังเกต นักเรียนได้วางแผนการหาหลักฐานเพื่อมาตรวจสอบและยืนยันคำทำนายของตนเอง ด้วยกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ได้แก่ การสืบค้น การทดลอง เพื่อหาหลักฐานมาพิสูจน์คำทำนาย และสังเกตข้อมูลที่ได้ว่าตรงกับสิ่งที่นักเรียนได้ทำนายไว้หรือไม่ ซึ่งสนับสนุนการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ องค์ประกอบ ด้านข้อมูล เป็นการสนับสนุนข้อกล่าวอ้างโดยใช้ข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ที่ได้จากการสำรวจตรวจสอบ นักเรียนให้ความสำคัญกับข้อมูลหลักฐานเชิงประจักษ์ในการอภิปรายและประเมินคำตอบของคำถามทางวิทยาศาสตร์

และในขั้นที่ 3 การอธิบายและลงข้อสรุป ผนวกกับการอธิบาย นักเรียนเชื่อมโยงข้อมูลที่นักเรียนได้รับจากหลักฐาน เพื่อสรุปผล สิ่งที่ทำนายมีความถูกต้องหรือไม่ พร้อมกับอธิบายความเชื่อมโยงระหว่างคำทำนาย หลักฐาน และทฤษฎี ขั้นนี้นักเรียนจะได้แลกเปลี่ยนคำอธิบายกับเพื่อนกลุ่มอื่น และได้เรียนรู้กับแลกเปลี่ยนและรับฟังหลักฐานและข้อมูลใหม่ที่เกิดขึ้น สนับสนุนการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ องค์ประกอบ ด้านการให้เหตุผล เป็นการเชื่อมโยงระหว่างข้อกล่าวอ้างและข้อมูลหลักฐานโดยใช้หลักการทางวิทยาศาสตร์ เกิดเป็นการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ ที่นักเรียนจะสามารถสร้างการอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์เพื่อตอบคำถามที่สงสัยโดยมีหลักฐานประจักษ์สนับสนุน และ นักเรียนสามารถประเมินคำอธิบายของตนกับคำอธิบายอื่น ๆ ที่สะท้อนให้เห็นถึงความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ การสร้าง

คำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ต้องอยู่บนพื้นฐานของเหตุผลซึ่งอธิบายถึงเหตุและผลรวมถึงความสัมพันธ์ต่าง ๆ ต่อด้วย ขั้นการขยายความรู้ และขั้นการการประเมินผล ตามรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2553)

สอดคล้องกับงานวิจัยของ กฤตกร สภาสันติกุล และคณะ (2559) ที่มีผลการวิจัยว่า ผลของกลวิธีการสอนเคมีโดยใช้การทำนาย การสังเกต การอธิบาย ที่มีต่อความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ และงานวิจัยของ ภัทรสุดา หาดขุนทด และคณะ (2561) พบว่า การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้สามารถพัฒนาการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนได้

เมื่อวิเคราะห์คะแนนในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ผนวก กลวิธีการทำนาย – สังเกต - อธิบาย ในแต่ละองค์ประกอบของการสร้างคำอธิบายพบว่า มีคะแนนสูงกว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ปกติทุกองค์ประกอบอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในระดับ .05 นอกจากนั้นนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ผนวก กลวิธีการทำนาย – สังเกต - อธิบาย หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนทุกองค์ประกอบ

เมื่อวิเคราะห์คะแนนหลังเรียนของนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมแต่ละองค์ประกอบพบว่า องค์ประกอบที่มีคะแนนสูงที่สุด โดยแต่ละหัวข้อเต็ม 6 คะแนน คือ องค์ประกอบข้อกล่าวอ้าง กลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยอยู่ที่ 5.8 กลุ่มควบคุมมีคะแนนเฉลี่ยอยู่ที่ 3.57 รองมาเป็นองค์ประกอบการให้เหตุผล กลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยอยู่ที่ 4.73 กลุ่มควบคุมมีคะแนนเฉลี่ยอยู่ที่ 2.30 และน้อยที่สุดคือองค์ประกอบการให้เหตุผล กลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยอยู่ที่ 4.40 กลุ่มควบคุมมีคะแนนเฉลี่ยอยู่ที่ 2.30 แนวโน้มเช่นเดียวกับเมื่อเปรียบเทียบคะแนนของกลุ่มทดลองก่อนและหลังเรียน สอดคล้องกับงานวิจัยของ ศิรัญญา หิริโอ (2563) ที่กล่าวว่า เมื่อศึกษาความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ในองค์ประกอบกล่าวอ้างและการใช้หลักฐานได้ในระดับพอใช้ และมีการให้เหตุผลในระดับที่ควรปรับปรุง

จากการตรวจแบบวัดการสร้างคำอธิบายและการสังเกตนักเรียนระหว่างเรียน พบว่า นักเรียนมีความสามารถในการสร้าง ข้อกล่าวอ้าง แต่อาจจะขาดการมีเหตุผลประกอบที่เพียงพอ เมื่อได้รับการพัฒนาจากกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ผนวกกลวิธีการทำนาย-สังเกต-อธิบายที่มีกิจกรรมการทำนาย-สังเกต-อธิบายให้นักเรียนได้ฝึกสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ พบว่า องค์ประกอบด้านข้อกล่าวอ้าง มีคะแนนพัฒนาสูงขึ้นมากที่สุด

ในส่วนขององค์ประกอบ หลักฐาน ก่อนเรียนนักเรียนมีความสามารถในการเลือกใช้หรือสังเกตสิ่งที่เป็นหลักฐานที่จะมาสนับสนุนข้อกล่าวอ้างได้ไม่ดีนัก เมื่อผ่านกิจกรรมการเรียนรู้ที่เน้นให้นักเรียนได้สังเกต ค้นหาหลักฐานทำให้นักเรียนสามารถอ้างอิงและเลือกใช้หลักฐานได้เหมาะสมยิ่งขึ้น

และองค์ประกอบสุดท้าย ที่มีคะแนนน้อยที่สุด คือ การให้เหตุผล เนื่องจากองค์ประกอบนี้ต้องมีการเชื่อมโยงข้อกล่าวอ้างและหลักฐานด้วยเหตุผลทางวิทยาศาสตร์หรือทฤษฎี ซึ่งยากกับนักเรียน

ในการวิเคราะห์สถานการณ์หรือเนื้อหาใหม่ที่มีประสบการณ์เดิมน้อยและมีผลต่อการเลือกใช้ทฤษฎีที่เหมาะสม แต่เมื่อผ่านกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะผนวกกับกลวิธีการทำนาย – สังเกต - อธิบายแล้ว การอธิบายในกิจกรรมทำให้นักเรียนใช้เหตุผลได้เหมาะสมและครบถ้วนมากขึ้น

เนื่องจากนักเรียนบางคนยังมีความสับสนระหว่างหลักฐานและการให้เหตุผล ทำให้การสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ไม่สมบูรณ์นัก จำเป็นต้องได้รับการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง เพื่อให้ความสามารถในการสร้างคำอธิบายของนักเรียนดียิ่งขึ้นไปอนาคต

## 3. ข้อเสนอแนะ

### 3.1 ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้

3.1.1 ก่อนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ครูควรเตรียมความพร้อมของนักเรียน โดยอธิบายวิธีการจัดการเรียนรู้ จุดประสงค์ของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ผนวกกลวิธี การทำนาย – สังเกต - อธิบาย บทบาทของนักเรียน และครูในการดำเนินกิจกรรม รวมถึงรูปแบบการวัดและการประเมินผลการเรียนรู้ ให้ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์

3.1.2 สถานการณ์ที่ใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ควรเป็นสถานการณ์ที่มีความสัมพันธ์ หรืออยู่ในชีวิตประจำวันของนักเรียน ไม่ยากหรือซับซ้อนจนเกินไป และเป็นสถานการณ์ที่นักเรียนสามารถแสดงแนวคิดเดิมที่มีออกมาให้ได้มากที่สุดผ่านขั้นตอนการสร้างความสนใจ ผนวกกับการทำนาย

3.1.3 ในการจัดกิจกรรมการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ ครูควรกระตุ้นให้นักเรียนแลกเปลี่ยนคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ สนับสนุนให้นักเรียนแสดงความคิดเห็นอย่างไม่ตัดสิน โต้แย้งกับด้วยหลักฐานและการใช้เหตุผล สร้างบรรยากาศเชิงบวกให้นักเรียนกล้าแสดงความคิดเห็นในห้องเรียน

3.1.4 จากผลการวิจัยพบว่า ความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ด้านการให้เหตุผล มีคะแนนเฉลี่ยน้อยที่สุด ครูควรทบทวนความรู้เดิมที่เกี่ยวข้องกับบทเรียนหรือให้นักเรียนศึกษาทฤษฎีที่เกี่ยวข้องสถานการณ์ล่วงหน้า เพื่อให้นักเรียนมีข้อมูลที่จะนำมาใช้เป็นเหตุผลในการอ้างอิงคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ที่สร้างขึ้น

### 3.2 ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

3.2.1 การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ที่เน้นการพัฒนาองค์ประกอบในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ ด้านการให้เหตุผลของนักเรียนเป็นพิเศษ ด้วยตัวแปรอิสระอื่น ๆ

3.2.2 การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ผนวกกลวิธี การทำนาย – สังเกต - อธิบาย เพื่อพัฒนาตัวแปรตามอื่น ๆ เช่น มโนมติทางวิทยาศาสตร์ กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ด้านอื่น ๆ

# บรรณานุกรม

# บรรณานุกรม


กระทรวงศึกษาธิการ. (2546). *วิจัยเพื่อพัฒนาการเรียนรู้ตามหลักสูตร สถานศึกษาขั้นพื้นฐาน*. องค์การรับส่งสินค้าพัสดุภัณฑ์.

_____. (2560). *หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง 2560).* ม.ป.ท.

กรีฑา ภูผาดแร่. (2557). *การพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะกระบวนการวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการเรื่อง พอลิเมอร์และผลิตภัณฑ์พอลิเมอร์ โดยใช้กิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาวิทยาศาสตร์ร่วมกับกิจกรรมการทำนาย – สังเกต - อธิบาย*. [วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ไม่ได้ตีพิมพ์]. มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี.

กฤตกร สภาสันติกุล, ปริณดา ลิมปานนท์ พรหมรัตน์ และพร้อมพงศ์ เพียรพินิจธรรม. (2559). ผลของกลวิธีการสอนเคมีโดยใช้การ ทำนาย การสังเกต การอธิบาย อย่างมีขั้นตอนที่มีต่อความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์และความ มีเหตุผลของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4. *วารสารอิเล็กทรอนิกส์ทางการศึกษา*, *11*(1), 219-237.

กัญจนา ลินทรัตนศิริกุล. (2554). เครื่องมือวัดความรู้ความคิด ใน *ประมวลสาระชุดวิชาการประเมินและวิจัยเพื่อพัฒนาการเรียนการสอน* (หน่วยที่ 2). สาขาวิชาศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสุโขทัย-ธรรมาธิราช.

กิ่งฟ้า สินธุวงษ์ และสุจินต์ วิศวธีรานนท์. (2557). พื้นฐานทางจิตวิทยาของการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ ใน *ประมวลสาระชุดวิชาสารัตถะและวิทยวิธีทางวิทยาศาสตร์* (หน่วยที่ 6). สาขาวิชาศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.

ชุลีพร จันทร์ไตรรัตน์ และสิทธิพล อาจอินทร์. (2557). การศึกษาการคิดอย่างมีวิจารณญาณและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี โดยใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่เน้นการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4. *วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ฉบับวิจัยบัณฑิตศึกษา, 8*(4), 46-54.

โชคชัย ยืนยง. (2561) *ยุทธวิธีการจัดการเรียนรู้มโนมติฟิสิกส์*. ขอนแก่นการพิมพ์.

ณัฐนันท์ เฉลียวพงษ์ และศักดิ์ศรี สุภาษร. (2563). การพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะการทดลองเรื่อง ปฏิกิริยาเคมี ด้วยการเรียนรู้แบบสืบเสาะร่วมกับเทคนิคทำนาย – สังเกต - อธิบาย. *วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 43*(2), 17-30.

ทิศนา แขมมณี. (2544) *กระบวนการเรียนรู้: ความหมาย แนวทางการพัฒนา และปัญหาข้องใจ.* จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ทิศนา แขมมณี. (2551). *ศาสตร์การสอน.* จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

นวลจิตต์ เชาวกีรติพงศ์ และประจวบจิตร คำจัตุรัส. (2555). การนำความรู้ชีววิทยาและเคมีมาจัดการเรียนการสอน ใน *ประมวลสาระชุดวิชาชีววิทยาและเคมีสำหรับครู* (หน่วยที่ 15). สาขาวิชาศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.

นวลจิตต์ เชาวกีรติพงศ์. (2562). การพัฒนาความสามารถในการออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนสำหรับนักศึกษาครูวิชาเอกวิทยาศาสตร์ศึกษา สาขาวิชาศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช. *วารสารศึกษาศาสตร์ปริทัศน์*, *35*(2).

นันทิยา บุญเคลือบ. (2540). การเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ตามแนวคิด Constructivism. *วารสาร สสวท, 96*, 11-15.

บุญชม ศรีสะอาด. (2554). *หลักการวิจัยเบื้องต้น* (พิมพ์ครั้งที่ 9). สุวิริยาสาส์น.

ผดุงปัญญา. (2565). *หลักสูตรสถานศึกษาโรงเรียนผดุงปัญญา จังหวัดตาก.* โรงเรียนผดุงปัญญา, สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาตาก.

ภัทรสุดา หาดขุนทด, นวลจิตต์ เชาวกีรติพงศ์, และดวงเดือน สุวรรณจินดา. (2561). ผลการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น โดยเน้นการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ เรื่อง ลมฟ้าอากาศ และการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนนวมินทราชินูทิศ สวนกุหลาบ วิทยาลัยปทุมธานี จังหวัดปทุมธานี. *วารสารศึกษาศาสตร์ปริทัศน์*, *35*(1), 35 – 47.

ภูสิทธิ์ จันทนา และสุระ วุฒิพรหม. (2558). การจัดการเรียนรู้แบบทำนาย – สังเกต – อธิบาย เพื่อยกระดับความเข้าใจแนวคิดวิทยาศาสตร์เรื่องวงจรไฟฟ้ากระแสตรงอย่างง่ายของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่5. *วารสารหน่วยวิจัยวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อมเพื่อการเรียนรู้*, *6*(1), 5.

มารุต พัฒผล. (2563). *ทฤษฎีการเรียนรู้กลุ่มการรู้คิด (Cognitive Theories).* มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

เมธิน อินทรประสิทธิ์. (2559). *ผลของกลวิธีการสอนทำนาย – อภิปราย – อธิบาย – สังเกต - อภิปราย - อธิบายที่มีต่อความเข้าใจมโนทัศนและผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้เคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย.* จุฬาลงกรณมหาวิทยาลัย.

ราชบัณฑิตนยสถาน. (2546). *พจนานุกรมฉบับราชบัณฑิตนสถาน พ.ศ. 2542*. นานมีบุคส์.

ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ. (2543). *เทคนิคการวัดผลการเรียนรู้*. สุวีริยาส์น.

ลำพูน สิงห์ขา. (2555). *การพัฒนาการคิดอย่างมีวิจารณญาณ และมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์เรื่องอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้กิจกรรมการเรียนรู้แบบทำนาย สังเกต อธิบาย* [วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ไม่ได้ตีพิมพ์]. มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

วิโรจน์ ลิ่วคงสถาพร. (2552). *การกำหนดระดับคะแนนแบบอิงมาตรฐาน. สสวท. 38*(163), 62-62.

ศิรัญญา หิริโอ และศศิเทพ ปิติพรเทพิน. (2563). *การพัฒนาความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ในหน่วยการเรียนรู้ เรื่อง การหมุนเวียนสารในร่างกาย ด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะผ่านอุปกรณ์ไร้สายเคลื่อนที่.* Paper presented at the การประชุมวิชาการเสนอผลงานวิจัยระดับบัณฑิตศึกษาแห่งชาติ, มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

ศิริพร มาวรรณา. (2546). *ผลการใช้ทักษะการสื่อสารและการประเมินผลตามสภาพจริงที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่2 เรื่องการนำเสนอข้อมูล.* [วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ไม่ได้ตีพิมพ์]. มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

สถาบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ. (2565). *สรุปผลการทดสอบทางการศึกษาระดับชาติขั้น พื้นฐาน O – net ปีการศึกษา 2565*. https://www.niets.or.th/th

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2546). *การจัดสาระการเรียนรู้กลุ่มวิทยาศาสตร์.* สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน.

_____. (2553). *การจัดสาระการเรียนรู้กล่มวิทยาศาสตร์หลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน.* สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.

_____. (2555). *ตัวอย่างข้อสอบการประเมินผลนานาชาติ PISA และ TIMSS: วิทยาศาสตร์* (พิมพ์ครั้งที่ 2). อรุณการพิมพ์.

_____. (2564). *ผลการประเมิน PISA 2018 คณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์*. สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.

สมคิด พรมจุ้ย. (2560). *เทคนิคการประเมินโครงการ* (พิมพ์ครั้งที่ 5). จตุพรดีไซน์.

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

สันติชัย อนุวรชัย. (2553). *ผลของการเรียนการสอนชีววิทยาด้วยรูปแบบการเรียนการสอนสืบสอบร่วมกับกลวิธีการโต้แย้งที่มีต่อความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์และความมีเหตุผลของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย* [วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ไม่ได้ตีพิมพ์]. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สุวิทย์ มูลคำ และอรทัย มูลคำ. (2545). *กลยุทธ์การสอนสังเคราะห์* (พิมพ์ครั้งที่ 2). ภาพพิมพ์.

อุทุมพร จามรมาน. (2544). *การวิจัยในชั้นเรียนและในโรงเรียนเพื่อพัฒนานักเรียน.* ฟนนี่.

American Association for the Advancement of Science [AAAS]. (1993). *Benchmarks for Science Literacy*. Oxford University Press.

Baodi, G. (2003). Contemporary teaching strategies in general chemistry. *The China Paper*, (July), 39-41.

Barman, C.R. and kotar M. (1989). *The Learning Cycle Science and Chidren*, *26*(7), 30-32.

Bloom B S. (2001). 'Learning For Mastery', The Evaluation Comment. In *All Our Children Learning*. McGraw - Hill.

Bruner, Jerome S. (1966). *Studies in Cognitive Growth: A Collaboration at the Center for Cognitive Studies.* John Wiley & Sons.

David P. Ausubel. (1963). *The Psychology of Meaningful Verbal Learning: An Introduction to School Learning*. Grune & Stration.

Eisenkraft, A. (2003). *Expanding the SE Model: A Proposed 7E Model Emphasizes TransferringLearning and the Importance of Eliciting Prior Understanding. The Science Teacher*, 70.

Good,T.L:, & Brophy,J.E. (2003). *Looking in Classroom*. Longman. (pp. 34-492)

Haysom, J. & Bowen, M. (2010). *Predict – Observe - Explain Activities Enhancing Scientific Understanding*. The National ScienceTeachers Association.

Karplus, Robert and Thier, Herbert D. (1967). Science Teaching and the Development. Reasoning. *Journal of Researching Science Teaching.*

McNeill, K. L. and J. S. Krajcik. (2006). *Inquiry and Scientific Explanations: Helping Students Use Evidence and Reasoning*. Paper presented at the annual meeting of the American educational research association; 2006 Apr; San Francisco, USA.

McNeill, K. L., & Martin, D. (2011). Claim, Evidence and Reasoning: Demystifying data during a unit on simple machines. *Science and Children, 48*(8), 52-56.

National Research Council. (1996). *National Science education standards*. Washington,DC: National Academy Press.

Novak, A. M., & Treagust, D. F. (2017). Adjusting claims as new evidence emerges: Do students Incorporate new evidence into their scientific explanations. *Journal Research in Science Teaching*, 55(4), 526-549. https://doi.org/10.1002/tea.21429

OECD. (2015). *PISA 2018 Assessment and Analytical Framework, PISA*. OECD Publishing.

_____. (2009). PISA 2009 Assessment Framework: Key competencies in reading, *mathematics and science*. OECD.

OECD. (2012). *Preparing teachers and developing school leaders for the 21st century Lessons from around the world.* OECD.

Sampson, V., & Clark, D. (2009). The Impact of Collaboration on the Outcomes of Scientific Argumentation. *Science Education, 93*, 448-484. https://doi.org/10.1002/sce.20306

White, R.T. & Gunstone. (1992). *R.F. Probing Understanding*. Falmer Press.

Wu, W. - Y. and Tsai, H. - J. (2005). Impact of Social Capital and Business Operation Mode on Intellectual Capital and Knowledge Management. *International Journal Technology Management*, 30.

Yafeng Zheng. (2024). Exploring the Effects and Inquiry Process Behaviors of Fifth - Grade Students Using Predict-Observe-Explain Strategy in Virtual Inquiry Learning. *Journal of Science Education and Technology*. 590–606.

# ภาคผนวก

# ภาคผนวก ก

รายนามผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือวิจัย

## รายนามผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือวิจัย

1. ชื่อ นายพลวิชญ์ อังสวัสดิ์
   สถานที่ทำงาน โรงเรียนประจวบวิทยาลัย
   วุฒิการศึกษา ศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต (วิทยาศาสตร์ศึกษา)
   ประสบการณ์ ครูชำนาญการ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

2. ชื่อ นายวสุรัตน์ รอดโรคา
   สถานที่ทำงาน โรงเรียนบางปลาม้า(สูงสุมารผดุงวิทย์)
   วุฒิการศึกษา ศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต (วิทยาศาสตร์ศึกษา)
   ประสบการณ์ ครูชำนาญการ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

3. ชื่อ นางศศิธร เต็มสิริโชติ
   สถานที่ทำงาน โรงเรียนลองวิทยา อำเภอลอง จังหวัดแพร่
   วุฒิการศึกษา ศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต (วิทยาศาสตร์ศึกษา)
   ประสบการณ์ ครูชำนาญการพิเศษ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

มหาวิทยาลัย
สุโขทัยธรรมาธิราช

**ภาคผนวก ข**

ตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ผนวกกลวิธี การทำนาย – สังเกต – อธิบาย และแผนการจัดการเรียนรู้แบบปกติ

**ตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ผนวกกับ กลวิธีการทำนาย – สังเกต - อธิบาย**

**แผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ผนวกกับ กลวิธีการทำนาย – สังเกต - อธิบาย**

**กลุ่มสาระการเรียนรู้** วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี **วิชา** เคมี3 **รหัสวิชา** ว30223

**ชั้นมัธยมศึกษาปีที่** 5 **ภาคเรียนที่** 1 **บทที่ 1** อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี

**เรื่อง** ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี **เวลา** 4 ชั่วโมง

**ผู้สอน** นางสาวเนตรทราย ประเสริฐผล

---

**ผลการเรียนรู้** 1. ทดลองและอธิบายผลของความเข้มข้น พื้นที่ผิวของสารตั้งต้น อุณหภูมิและตัวเร่งปฏิกิริยาที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี

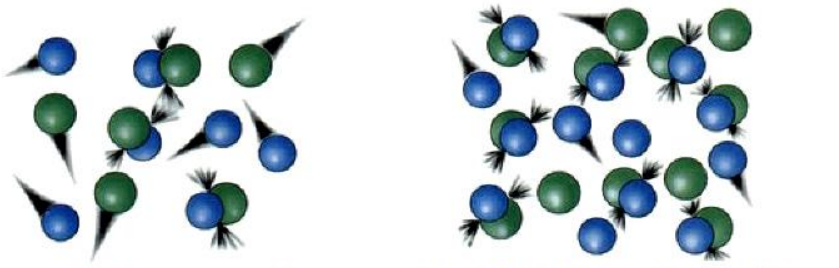
2. เปรียบเทียบอัตราการเกิดปฏิกิริยาเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้น พื้นที่ผิวของสารตั้งต้น อุณหภูมิ และตัวเร่งปฏิกิริยา

3. ยกตัวอย่างและอธิบายปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีในชีวิตประจำวันหรืออุตสาหกรรม

**สาระสำคัญ**

**ความเข้มข้นของสารมีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี**

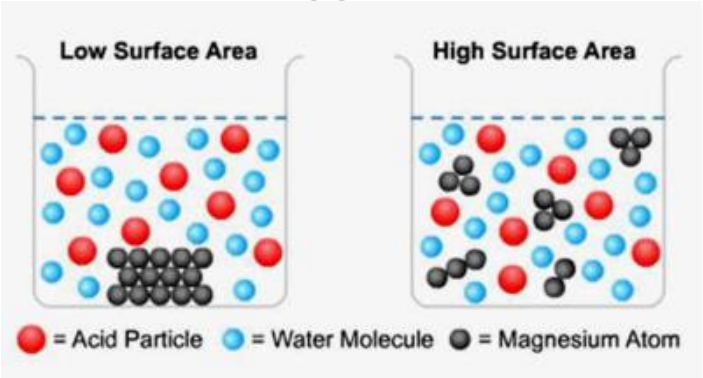
ความเข้มข้นสัมพันธ์กับจำนวนอนุภาคของสารตั้งต้น หากความเข้มข้นของสารตั้งต้นมาก จำนวนอนุภาพก็มากโอกาสที่อนุภาพชนกันแล้วมีพลังงานมากกว่าหรือเท่ากับพลังงานก่อกัมมันต์ก็จะสูงขึ้น ทำให้อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีสูงขึ้น เช่น เพิ่มความเข้มข้นของกรดกัดกร่อนโลหะได้ไวยิ่งขึ้น ยกเว้นการบางปฏิกิริยาที่อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีไม่ขึ้นกับความเข้มข้นสารตั้งต้น เช่น การกำจัดแอลกอฮอล์ในเลือดที่มีค่าคงที่ไม่ขึ้นกับความเข้มข้นของแอลกอฮอล์



Low concentration = Few collisions High concentration = More collisions

**พื้นที่ผิวของสารตั้งต้นมีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี**

ของแข็งหากมีมวลเท่ากัน ของแข็งขนาดเล็กจะมีพื้นที่ผิวมากกว่าของแข็งขนาดใหญ่ พื้นที่ผิวมากทำให้เพิ่มโอกาสในการชนกันของสารตั้งต้น ยกตัวอย่างเช่น การเคี้ยวอาหารเป็นชิ้นเล็ก ๆ ทำให้อาหารคลุกเคล้ากับน้ำย่อยได้ดีทำให้การย่อยอาหารเกิดขึ้นอย่างมีประสิทธิภาพ หรือ หากเปรียบเทียบการละลายน้ำตาก้อน 1 กรัมกับน้ำตาลทราย 1 กรัมน้ำตาลทรายจะละลายได้ไวกว่า




**จุดประสงค์**

**ด้านความรู้ (K)**

1. นักเรียนสามารถอธิบายเหตุผลที่ความเข้มข้นของสารมีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีได้
2. นักเรียนสามารถเปรียบเทียบ ความเข้มข้นของสาร ที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีได้
3. นักเรียนสามารถยกตัวอย่างกระบวนการที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวันหรืออุตสาหกรรมที่ความเข้มข้นของสาร มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีได้
4. นักเรียนสามารถนักเรียนสามารถอธิบาย เหตุผลที่พื้นที่ผิว มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีได้
5. นักเรียนสามารถเปรียบเทียบ พื้นที่ผิว ที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีได้
6. นักเรียนสามารถยกตัวอย่างกระบวนการที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวันหรืออุตสาหกรรมที่พื้นที่ผิว มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีได้

**ด้านทักษะกระบวนการ (P)**

1. นักเรียนสามารถทำการทดลอง ความเข้มข้นของสาร ที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีได้
2. นักเรียนสามารถทำการทดลอง พื้นที่ผิว ที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีได้
3. นักเรียนสามารถทำงานเป็นทีมได้

**ด้านเจตคติ (A)**

1. นักเรียนรับผิดชอบงานที่ได้รับมอบหมาย

**สมรรถนะสำคัญของผู้เรียน (C) และ ความสามารถและทักษะของผู้เรียนศตวรรษที่ 21**

สมรรถนะการสื่อสาร

**วิธีการสอน**

1. การสอนแบบสืบเสาะ 5E ผนวกกับกลวิธี การทำนาย – สังเกต - อธิบาย

**คุณลักษณะอันพึงประสงค์**

1. มุ่งมั่นในการทำงาน

**กิจกรรมการเรียนรู้**

**กิจกรรมขั้นที่ 1 สร้างความสนใจ ผนวกกับการทำนาย**

- ครูเตรียมความพร้อมนักเรียนด้วยการเล่นเกม โยนคำ โดยเล่นในหมวดหมู่ ปฏิกิริยาเคมี โดยเริ่มจากนักเรียนพูดคำในหมวดหมู่ที่เรียนมา พร้อมกับชื่อเพื่อนคนต่อไป เล่นเรื่อย ๆ จน มีคนพูดชื่อซ้ำหรือคิดคำไม่ออก

- นักเรียนร่วมแสดงความคิดเห็นว่าปฏิกิริยาเคมีอะไรบ้างที่นักเรียนต้องการให้เกิดช้า (เช่น การเกิดสนิม การบูดเน่า เติบโตของแบคทีเรีย) และ ปฏิกิริยาเคมีอะไรบ้างที่นักเรียนต้องการให้เกิดเร็ว (เช่น การทำอาหาร การทำความสะอาด) ด้วยการนำ post it แปะคำตอบบนกระดาน

- นักเรียนแต่ละกลุ่ม ทำกิจกรรม **การทำนาย** “ความเข้มข้น พื้นที่ผิวของสารตั้งต้นมีผลต่อการเกิดปฏิกิริยาเคมีอย่างไร จงเขียนคำทำนายพร้อมเหตุผลประกอบ” และบันทึกในใบกิจกรรม

**กิจกรรมขั้นที่ 2 ค้นหา ผนวกกับการสังเกต**

- นักเรียนแบ่งกลุ่มทำการทดลอง ศึกษาความเข้มข้นและพื้นที่ผิว ที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยายาเคมี จากแคลเซียมคาร์บอเนต $CaCO_3(s)$ และสารละลายกรดไฮโดรคลอริก HCl (aq)

- แบ่งหน้าที่การทดลอง

สมาชิกคนที่ 1: ทำหน้าที่เตรียมวัสดุ - อุปกรณ์

สมาชิกคนที่ 2: ทำหน้าที่อ่านวิธีการทดลอง ทำความเข้าใจ และอธิบายให้สมาชิกในกลุ่มฟัง

สมาชิกคนที่ 3: ทำหน้าที่บันทึกผลการทดลอง

สมาชิกคนที่ 4 และ 5: ทำหน้าที่นำเสนอผลการทดลอง

(สมาชิกทุกคนร่วมกับทำการทดลอง)

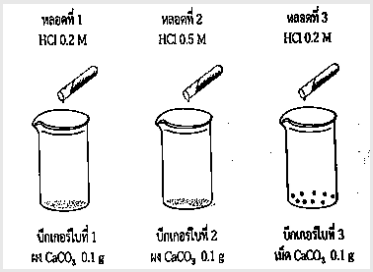
**การทดลอง การศึกษาความเข้มข้นและพื้นที่ผิวของสารตั้งต้นที่มีผลต่ออัตรา**
**การเกิดปฏิกิริยาเคมีจากแคลเซียมคาร์บอเนตและสารละลายกรดไฮโดรคลอริก**

**จุดประสงค์การทดลอง**

1. ทดลองเพื่อศึกษาผลของความเข้มข้น และพื้นที่ผิวของสารตั้งต้นต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี
2. อธิบายผลของความเข้มข้น และพื้นที่ผิวของสารตั้งต้นต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี

**วิธีการทดลอง**

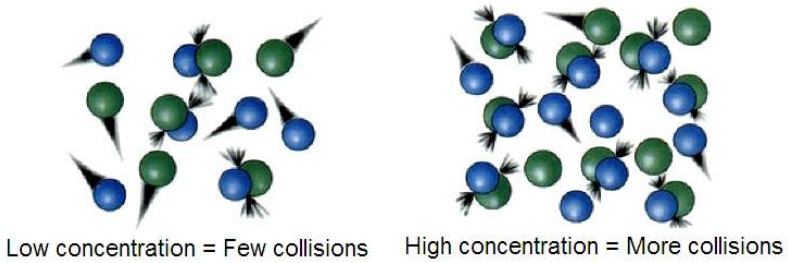
1. ชั่ง $CaCO_3(s)$ แบบผง 0.1 กรัม ในบีกเกอร์ใบที่ 1 2
2. ชั้น $CaCO_3(s)$ แบบเม็ด 0.1 กรัม ในบีกเกอร์ที่ 3
3. เติม HCl 0.2 $mol/dm^3$ ลงในบีกเกอร์ใบที่ 1 จับเวลาตั้งแต่เริ่มต้นจนกระทั่งปฏิกิริยาเคมีสิ้นสุด บันทึกผลการทดลอง
4. เติม HCl 0.5 $mol/dm^3$ ลงในบีกเกอร์ใบที่ 2 จับเวลาตั้งแต่เริ่มต้นจนกระทั่งปฏิกิริยาเคมีสิ้นสุด บันทึกผลการทดลอง
5. เติม HCl 0.2 $mol/dm^3$ ลงในบีกเกอร์ใบที่ 3 จับเวลาตั้งแต่เริ่มต้นจนกระทั่งปฏิกิริยาเคมีสิ้นสุด บันทึกผลการทดลอง




**คำถามท้ายการทดลอง**

1. ในแต่ละบีกเกอร์ใช้เวลาในการเกิดปฏิกิริยาเท่ากันหรือไม่ อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีแต่ละบีกเกอร์เป็นอย่างไร
2. ความเข้มข้นและพื้นที่ผิวของสารตั้งต้นมีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาอย่างไร

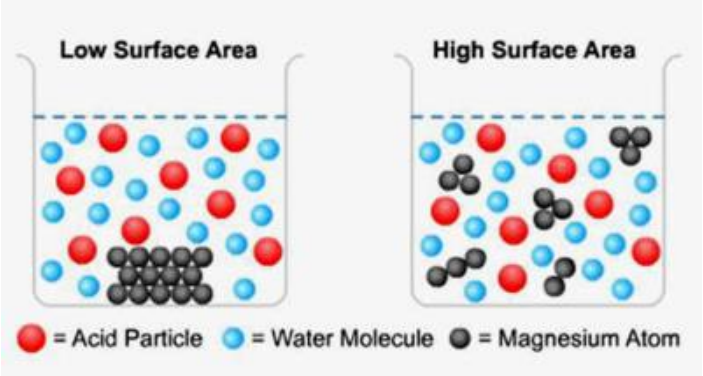
- นักเรียนร่วมมือกันลงมือปฏิบัติการทดลอง
- ออกแบบตารางบันทึกผลการทดลอง บันทึกผลการทดลอง และสรุปผลการทดลอง
- นักเรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอผลการทดลอง และการสรุปผล ครูและเพื่อนร่วมกันประเมินและให้คำแนะนำ
- นักเรียนศึกษา ทฤษฎีการชนที่การอธิบายผลของความเข้มข้นมีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี เพราะการเพิ่มความเข้มข้นของสารตั้งต้นเพิ่มอนุภาคในระบบจึงมีโอกาสในการชนมากขึ้น



ยกเว้นการย่อยสลายแอลกอฮอล์ในเลือดที่มีอัตรากการย่อยสลายคงที่ ไม่ขึ้นกับความเข้มข้นของแอลกอฮอล์

- นักเรียนศึกษา ทฤษฎีการชนที่การอธิบายพื้นที่ผิว ผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี เพราะการเพิ่มพื้นที่ผิวของสารตั้งต้น(ของแข็ง) เพิ่มจึงมีโอกาสในการชนมากขึ้น

- ร่วมแลกเปลี่ยนประสบการณ์ที่ความเข้มข้นและพื้นที่ผิวของสารตั้งต้นมีผลต่อการเกิดปฏิกิริยาเคมีในชีวิตประจำวันกับครูและเพื่อนในชั้นเรียน ตัวอย่างเช่น เหตุการณ์น้ำตาลไอซิงละลายไวกว่าน้ำตาลทราย หรือ ควรเคี้ยวอาหารเพื่อช่วยให้ย่อยได้ไวขึ้น




- นักเรียนแต่ละกลุ่ม ทำกิจกรรม **การสังเกต** “ความเข้มข้น พื้นที่ผิวของสารตั้งต้นมีผลต่อการเกิดปฏิกิริยาเคมีอย่างไร เขียนข้อสังเกตพร้อมเหตุผลประกอบ” และบันทึกในใบกิจกรรม

**กิจกรรมขั้นที่ 3 อธิบายและสรุปผล ผนวกกับการอธิบาย**

- นักเรียนแต่ละกลุ่ม ทำกิจกรรม **การอธิบาย** “สรุป การเคี้ยวอาหารให้ละเอียดก่อนกลืนมีความสำคัญต่อการย่อยอาการอย่างไร ใช้การทำนายและการสังเกตของกลุ่มตนเอง พร้อมเหตุผลประกอบ” โดยคำอธิบายต้องมี 3 องค์ประกอบ คือ 1. คำกล่าวอ้าง 2.ข้อมูล 3. การให้เหตุผลเชื่อมโยงระหว่างหลักฐานกับคำกล่าวอ้าง

- นำเสนอหน้าชั้นเรียนครูและนักเรียนร่วมชั้นร่วมกันชี้แนะและสร้าง คำอธิบายทางวิทยาศาสตร์

**กิจกรรมที่ 4 การขยายความรู้**

- สืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับกระบวนการที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวันหรืออุตสาหกรรมที่ความเข้มข้นของสารตั้งต้น มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี และกระบวนการที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวันหรืออุตสาหกรรม ที่พื้นที่ผิว มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี โพสต์ใน **application Padlet**

**กิจกรรมที่ 5 ประเมินผล**

- ประเมินผลจากการนำเสนอข้อมูลที่สืบค้น (กิจกรรมที่ 4)
- ประเมินผลจากการทำการทดลอง
- ประเมินผลจากการทำกิจกรรม ทำนาย สังเกต อธิบาย

**การวัดผลและประเมินผล**

| จุดประสงค์การเรียนรู้ | วิธีการวัดผลและประเมินผล | เครื่องมือการวัดผลและประเมินผล |
|---|---|---|
| **ด้านความรู้ (K)** | | |
| 1. นักเรียนสามารถอธิบาย เหตุผลที่ความเข้มข้นของสารมีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีได้ | วัดจาก บันทึกผลการทดลอง | แบบประเมินการทดลอง |
| 2. นักเรียนสามารถเปรียบเทียบความเข้มข้นของสาร ที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีได้ | วัดจากกิจกรรม การสร้างคำอธิบาย | แบบประเมินการสร้างคำอธิบาย |
| 3. นักเรียนสามารถยกตัวอย่างกระบวนการที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวันหรืออุตสาหกรรม ที่ความเข้มข้นของสาร มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีได้ | วัดจากสืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับ ความเข้มข้นของสารตั้งต้น มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีในชีวิตประจำวันหรืออุตสาหกรรม ใน **application Padlet** | แบบประเมินการนำเสนอ |
| 4. นักเรียนสามารถนักเรียนสามารถอธิบาย เหตุผลที่พื้นที่ผิว มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีได้ | วัดจาก บันทึกผลการทดลอง | แบบประเมินการทดลอง |
| 5. นักเรียนสามารถเปรียบเทียบพื้นที่ผิว ที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีได้ | วัดจากกิจกรรม การสร้างคำอธิบาย | แบบประเมินการสร้างคำอธิบาย |
| 6. นักเรียนสามารถยกตัวอย่างกระบวนการที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวันหรืออุตสาหกรรม ที่พื้นที่ผิว มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีได้ | วัดจากสืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับ พื้นที่ผิวของสารตั้งต้น มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีในชีวิตประจำวันหรืออุตสาหกรรม ใน **application Padlet** | แบบประเมินการนำเสนอ |

| จุดประสงค์การเรียนรู้ | วิธีการวัดผลและประเมินผล | เครื่องมือการวัดผลและประเมินผล |
|---|---|---|
| **ด้านทักษะกระบวนการ (P)**<br>1. นักเรียนสามารถทำการทดลองความเข้มข้นของสารที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีได้<br>2. นักเรียนสามารถทำการทดลองพื้นที่ผิว ที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีได้<br>3. นักเรียนสามารถทำงานเป็นทีมได้ | วัดจากการทำการทดลอง | แบบประเมินการทดลอง |
| **ด้านเจตคติ (A)**<br>1. นักเรียนรับผิดชอบงานที่ได้รับมอบหมาย | วัดจากการส่งงานตรงเวลา | บันทึกการส่งงาน |

**ใบงานการทำนายสังเกตอธิบาย** ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี (1)

**การทำนาย**

"การเคี้ยวอาหารให้ละเอียดก่อนกลืน มีความสำคัญต่อการย่อยอาการอย่างไร จงเขียนคำทำนายพร้อมเหตุผลประกอบ"

**การสังเกต**

"การเคี้ยวอาหารให้ละเอียดก่อนกลืน มีความสำคัญต่อการย่อยอาการอย่างไร จงเขียนที่ได้จากสังเกตพร้อมเหตุผลประกอบ"

**การอธิบาย**

"สรุป การเคี้ยวอาหารให้ละเอียดก่อนกลืน มีความสำคัญต่อการย่อยอาการอย่างไร ใช้การทำนายและการสังเกตของกลุ่มตนเอง พร้อมเหตุผลประกอบ"

**การทดลอง การศึกษาพื้นที่ผิวของสารตั้งต้นที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี จากแคลเซียมคาร์บอเนตและสารละลายกรดไฮโดรคลอริก**

**สมาชิกกลุ่มที่.....ห้อง.....**

**1.**.....**เลขที่**.....**2.**.....**เลขที่**.....

**3.**.....**เลขที่**.....**4.**.....**เลขที่**.....

**5.**.....**เลขที่**.....**6.**.....**เลขที่**.....

**จุดประสงค์การทดลอง**

1. ทดลองเพื่อศึกษาผลของความเข้มข้นและพื้นที่ผิวของสารตั้งต้นต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี
2. อธิบายผลของความเข้มข้น และพื้นที่ผิวของสารตั้งต้นต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี

**วิธีการทดลอง**

1. ชั่ง $CaCO_3(s)$ แบบเม็ด ___ กรัม ในบีกเกอร์ใบที่ 1
2. ชั้น $CaCO_3(s)$ แบบผง ___ กรัม ในบีกเกอร์ที่ 2
3. เติม HCl 2 $mol/dm^3$ ลงในบีกเกอร์ใบที่ 1 จับเวลาตั้งแต่เริ่มต้นจนกระทั่งปฏิกิริยาเคมีสิ้นสุด บันทึกผลการทดลอง
4. เติม HCl 5 $mol/dm^3$ ลงในบีกเกอร์ใบที่ 2 จับเวลาตั้งแต่เริ่มต้นจนกระทั่งปฏิกิริยาเคมีสิ้นสุด บันทึกผลการทดลอง

**บันทึกผลการทดลอง (ออกแบบตาราง)**

**คำนวณอัตราการเกิดปฏิกิริยาของ บีกเกอร์ 1 2 และ 3**

**อัตราการเกิดปฏิกิริยาบีกเกอร์ 1 =**

**อัตราการเกิดปฏิกิริยาบีกเกอร์ 2 =**

**อัตราการเกิดปฏิกิริยาบีกเกอร์ 3 =**

**อภิปรายและสรุปผลการทดลอง**

**คำถามหลังการทดลอง**

**1. ในแต่ละบีกเกอร์ใช้เวลาในการเกิดปฏิกิริยาเท่ากันหรือไม่ อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีแต่ละบีกเกอร์เป็นอย่างไร**

**2. ความเข้มข้นและพื้นที่ผิวของสารตั้งต้นมีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาอย่างไร**

**แบบประเมินความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์**

| ข้อ | องค์ประกอบของคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ | | | รวม |
|---|---|---|---|---|
| | คำกล่าวอ้าง (Claim) | หลักฐาน (Evidence) | เหตุผล (Reasoning) | |
| 1 | | | | |
| 2 | | | | |
| 3 | | | | |
| 4 | | | | |
| 5 | | | | |
| 6 | | | | |
| เฉลี่ย | | | | |

**เกณฑ์การประเมินความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์**

| องค์ประกอบของคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ | ระดับคะแนน ความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ | | |
|---|---|---|---|
| | 0 | 1 | 2 |
| **คำกล่าวอ้าง (Claim)** ข้อสรุปที่เป็นคำตอบของคำถามหรือปัญหาที่กำหนด | ไม่ระบุคำกล่าวอ้าง หรือ ระบุคำกล่าวอ้างไม่ถูกต้อง | ระบุคำกล่าวอ้างได้ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ | ระบุคำกล่าวอ้างได้ถูกต้องและสมบูรณ์ |
| **หลักฐาน (Evidence)** ข้อมูลเชิงวิทยาศาสตร์ที่สนับสนุนคำกล่าวอ้างหรือข้อสรุป ข้อมูลนี้จะต้องเหมาะสมและเพียงพอสำหรับสนับสนุนคำกล่าวอ้างหรือข้อสรุป | ไม่ระบุหลักฐาน หรือหลักฐานไม่เหมาะสมไม่สนับสนุนคำกล่าวอ้าง | ระบุหลักฐานได้เหมาะสมแต่ไม่เพียงพอที่จะสนับสนุนคำกล่าวอ้าง หรือมีหลักฐานบางส่วนที่ไม่เหมาะสมในการสนับสนุนคำกล่าวอ้าง | ระบุหลักฐานที่เหมาะสมและเพียงพอสำหรับสนับสนุนคำกล่าวอ้าง |

| องค์ประกอบของคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ | ระดับคะแนน ความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ | | |
|---|---|---|---|
| | 0 | 1 | 2 |
| **เหตุผล (Reasoning)** การตัดสินว่าหลักฐานที่ใช้สนับสนุนคำกล่าวอ้าง หรือข้อสรุป นั้นเหมาะสมและเพียงพอตามหลักการทางวิทยาศาสตร์ | ไม่ให้เหตุผล หรือให้เหตุผลที่ไม่เชื่อมโยงระหว่างหลักฐานกับคำกล่าวอ้าง | ให้เหตุผลที่เชื่อมโยงระหว่างหลักฐานกับคำกล่าวอ้าง และให้เหตุผลโดยใช้เชื่อมโยงหลักการทางวิทยาศาสตร์บางส่วนแต่ไม่เพียงพอ | ให้เหตุผลที่เชื่อมโยงระหว่างหลักฐานกับคำกล่าวอ้าง และให้เหตุผลโดยใช้เชื่อมโยงหลักการทางวิทยาศาสตร์เหมาะสมและเพียงพอ |

**เกณฑ์การตัดสิน ความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์**

**5 - 6 คะแนน หมายถึง ดีมาก**

**3 - 4 คะแนน หมายถึง ปานกลาง**

**0 - 2 คะแนนหมายถึง ต้องปรับปรุง**

มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช

## แบบประเมินการทดลอง

**<u>คำชี้แจง</u>**: ให้ผู้สอนประเมินการปฏิบัติการของนักเรียนตามรายการที่กำหนด แล้วขีด ✓ลงในช่องที่ตรงกับระดับคะแนน

| ลำดับที่ | รายการประเมิน | ระดับคุณภาพ | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | 4 | 3 | 2 | 1 |
| 1 | การออกแบบการทดลอง | | | | |
| 2 | การดำเนินการทดลอง | | | | |
| 3 | การนำเสนอผลการทดลอง | | | | |
| **รวม** | | | | | |

**ลงชื่อ** ..... **ผู้ประเมิน**

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

### เกณฑ์การประเมินการทดลอง

| ประเด็นที่ประเมิน | ระดับคะแนน | | | |
|---|---|---|---|---|
| | 4 | 3 | 2 | 1 |
| **1. การออกแบบการทดลอง** | เข้าใจปัญหา ตั้งสมมติฐานได้สอดคล้องกับปัญหา ออกแบบการทดลองและใช้เทคนิควิธีถูกต้องแสดงถึงความคิดริเริ่ม | เข้าใจปัญหา ตั้งสมมติฐานได้ถูกต้อง ออกแบบการทดลองและใช้เทคนิควิธีถูกต้อง | เข้าใจปัญหา ตั้งสมมติฐานได้ถูกต้อง ออกแบบการทดลองและใช้เทคนิควิธียังไม่ถูกต้อง | เข้าใจปัญหา ตั้งสมมติฐานได้ถูกต้อง ต้องอาศัยการแนะนำในการออกแบบการทดลอง |

| ประเด็นที่ประเมิน | ระดับคะแนน | | | |
|---|---|---|---|---|
| | 4 | 3 | 2 | 1 |
| **2. การดำเนินการทดลอง** | การดำเนินการทดลองมีขั้นตอนครบถูกต้อง มีการทำซ้ำ และการเก็บข้อมูลได้ละเอียดรอบคอบครบถ้วนตามที่ต้องการ | การดำเนินการทดลองมีขั้นตอนครบถ้วนถูกต้องแต่ไม่มีการทำซ้ำ และการเก็บข้อมูลได้ครบถ้วนนำเสนอผลการทดลองถูกต้อง | การดำเนินการทดลองมีขั้นตอนถูกต้องเป็นส่วนใหญ่ และการเก็บข้อมูลได้ครบถ้วนตามที่ต้องการ | การดำเนินการทดลองไม่ถูกต้องเป็นส่วนใหญ่ และการเก็บข้อมูลไม่ครบถ้วน |
| **3. การนำเสนอ** | เหมาะสมกับลักษณะของข้อมูล แสดงถึงความคิดสร้างสรรค์ในการนำเสนอวิเคราะห์ข้อมูลได้ครบถ้วน เหมาะสมสรุปผลการทดลองถูกต้องมีการนำเหตุผลและความรู้มาอ้างอิงประกอบการสรุป | นำเสนอข้อมูลถูกต้องครบถ้วน วิเคราะห์ข้อมูลได้ครบถ้วน สรุปผลการทดลองถูกต้อง มีการนำเหตุผลและความรู้มาอ้างอิงประกอบการสรุปผลการทดลอง | นำเสนอข้อมูลถูกต้องวิเคราะห์ข้อมูลได้ครบถ้วน นำเสนอผลการทดลองถูกต้อง | นำเสนอข้อมูลถูกต้อง วิเคราะห์ข้อมูลไม่ครบถ้วน สรุปผลการทดลองไม่ถูกต้อง |

**เกณฑ์การตัดสินคุณภาพ**

**14 - 16 คะแนน หมายถึง ดีมาก**

**11 - 13 คะแนน หมายถึง ดี**

**8 - 10 คะแนน หมายถึง ปานกลาง**

**ต่ำกว่า 8 คะแนน หมายถึง ต้องปรับปรุง**

## แบบสังเกตพฤติกรรมการทำงานกลุ่ม

**<u>คำชี้แจง</u>**: ให้ผู้สอนสังเกตพฤติกรรมของนักเรียนในระหว่างเรียนและนอกเวลาเรียน แล้วขีด ✓ลงในช่องที่ตรงกับระดับคะแนน

| กลุ่มที่ | เลขที่สมาชิกกลุ่ม | การแสดงความคิดเห็น | | | การยอมรับฟังคนอื่น | | | การทำงานตามที่ได้รับมอบหมาย | | | ความมีน้ำใจ | | | การมีส่วนร่วมในการปรับปรุงผลงานกลุ่ม | | | รวม 15 คะแนน |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 3 | 2 | 1 | 3 | 2 | 1 | 3 | 2 | 1 | 3 | 2 | 1 | 3 | 2 | 1 | |
| 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 4 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 5 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 6 | | | | | | | | | | | | | | | | | |

**ลงชื่อ**..... **ผู้ประเมิน**

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

**เกณฑ์การให้คะแนน**

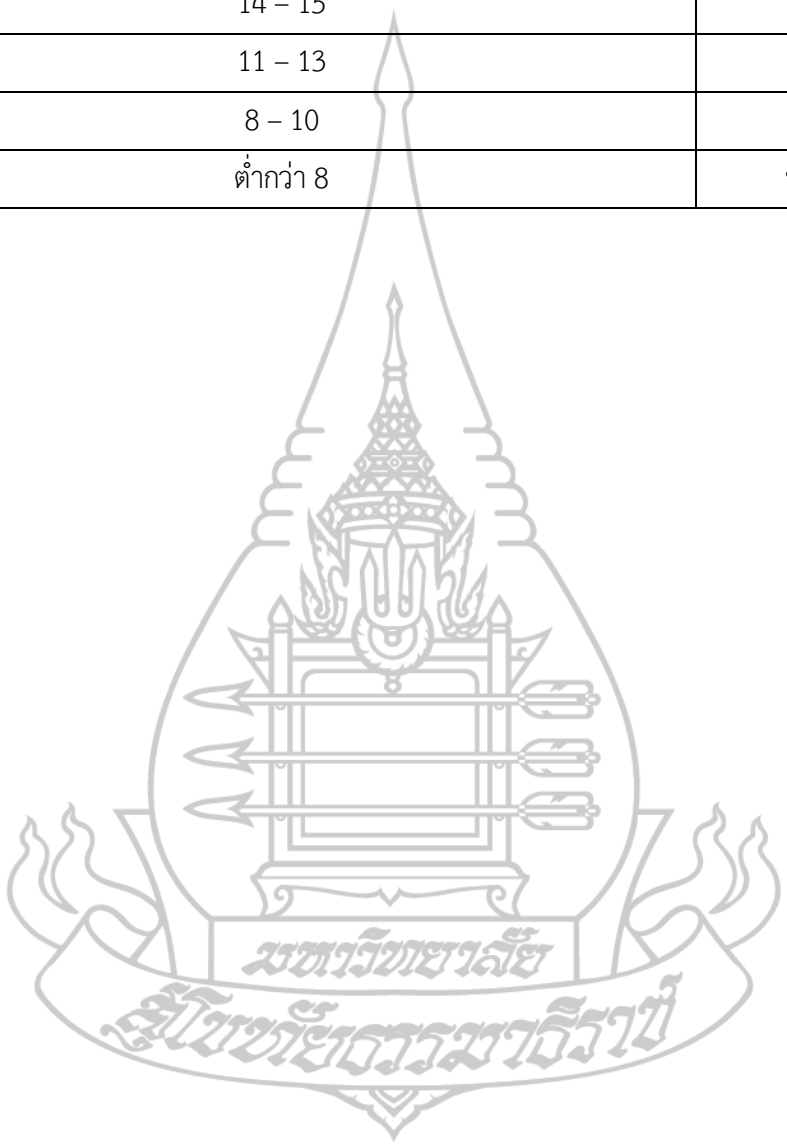
ปฏิบัติหรือแสดงพฤติกรรมอย่างสม่ำเสมอ ให้ 3 คะแนน

ปฏิบัติหรือแสดงพฤติกรรมบ่อยครั้ง ให้ 2 คะแนน

ปฏิบัติหรือแสดงพฤติกรรมบางครั้ง ให้ 1 คะแนน

**เกณฑ์การตัดสินคุณภาพ**

| ช่วงคะแนน | ระดับคุณภาพ |
|---|---|
| 14 – 15 | **ดีมาก** |
| 11 – 13 | **ดี** |
| 8 – 10 | **พอใช้** |
| ต่ำกว่า 8 | **ปรับปรุง** |



## แบบประเมินคุณลักษณะอันพึงประสงค์

**<u>คำชี้แจง</u>**: ให้ผู้สอนสังเกตพฤติกรรมของนักเรียนในระหว่างเรียนและนอกเวลาเรียน แล้วขีด ✓ลงในช่องที่ตรงกับระดับคะแนน

| คุณลักษณะอันพึงประสงค์ด้าน | รายการประเมิน | ระดับคะแนน | | |
|---|---|---|---|---|
| | | 3 | 2 | 1 |
| 1. มุ่งมั่นในการทำงาน | 6.1 มีความตั้งใจและพยายามในการทำงานที่ได้รับมอบหมาย | | | |
| | 6.2 มีความอดทนและไม่ท้อแท้ต่ออุปสรรคเพื่อให้งานสำเร็จ | | | |

**ลงชื่อ** ..... **ผู้ประเมิน**

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

**เกณฑ์การให้คะแนน**

พฤติกรรมที่ปฏิบัติชัดเจนและสม่ำเสมอ ให้ 3 คะแนน
พฤติกรรมที่ปฏิบัติชัดเจนและบ่อยครั้ง ให้ 2 คะแนน
พฤติกรรมที่ปฏิบัติบางครั้ง ให้ 1 คะแนน

**เกณฑ์การตัดสิน คุณลักษณะอันพึงประสงค์**

5 - 6 คะแนน หมายถึง ดีมาก
3 - 4 คะแนน หมายถึง ปานกลาง
1 - 2 คะแนน หมายถึง ต้องปรับปรุง

มหาวิทยาลัยนเรศวร

**ตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้ปกติ**

**แผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้**

**กลุ่มสาระการเรียนรู้** วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี **วิชา** เคมี3 **รหัสวิชา** ว30223

**ชั้นมัธยมศึกษาปีที่** 5 **ภาคเรียนที่** 1 **บทที่ 1** อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี

**เรื่อง** ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี **เวลา** 4 ชั่วโมง

**ผู้สอน** นางสาวเนตรทราย ประเสริฐผล

---

**ผลการเรียนรู้** 1. ทดลองและอธิบายผลของความเข้มข้น พื้นที่ผิวของสารตั้งต้น อุณหภูมิและตัวเร่งปฏิกิริยาที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี

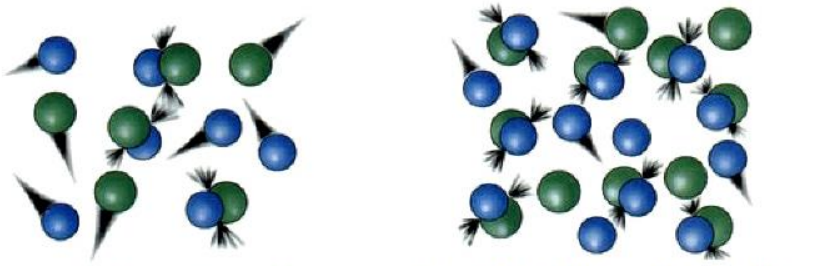
2. เปรียบเทียบอัตราการเกิดปฏิกิริยาเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้น พื้นที่ผิวของสารตั้งต้น อุณหภูมิ และตัวเร่งปฏิกิริยา

3. ยกตัวอย่างและอธิบายปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีในชีวิตประจำวันหรืออุตสาหกกรรม

**สาระสำคัญ**

**ความเข้มข้นของสารมีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี**

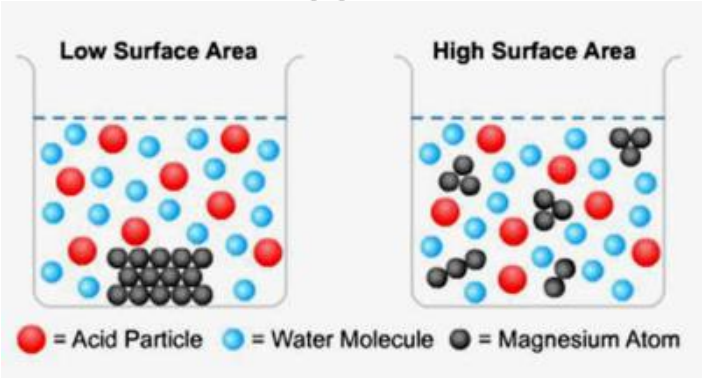
ความเข้มข้นสัมพันธ์กับจำนวนอนุภาคของสารตั้งต้น หากความเข้มข้นของสารตั้งต้นมาก จำนวนอนุภาพก็มากโอกาสที่อนุภาพชนกันแล้วมีพลังงานมากกว่าหรือเท่ากับพลังงานก่อกัมมันต์ก็จะสูงขึ้น ทำให้อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีสูงขึ้น เช่น เพิ่มความเข้มข้นของกรดกัดกร่อนโลหะได้ไวยิ่งขึ้น ยกเว้นการบางปฏิกิริยาที่อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีไม่ขึ้นกับความเข้มข้นสารตั้งต้น เช่น การกำจัดแอลกอฮอล์ในเลือดที่มีค่าคงที่ไม่ขึ้นกับความเข้มข้นของแอลกอฮอล์



Low concentration = Few collisions High concentration = More collisions

**พื้นที่ผิวของสารตั้งต้นมีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี**

ของแข็งหากมีมวลเท่ากัน ของแข็งขนาดเล็กจะมีพื้นที่ผิวมากกว่าของแข็งขนาดใหญ่ พื้นที่ผิวมากทำให้เพิ่มโอกาสในการชนกันของสารตั้งต้น ยกตัวอย่างเช่น การเคี้ยวอาหารเป็นชิ้นเล็ก ๆ ทำให้อาหารคลุกเคล้ากับน้ำย่อยได้ดีทำให้การย่อยอาหารเกิดขึ้นอย่างมีประสิทธิภาพ หรือ หากเปรียบเทียบการละลายน้ำตาก้อน 1 กรัมกับน้ำตาลทราย 1 กรัมน้ำตาลทรายจะละลายได้ไวกว่า




**จุดประสงค์**

**ด้านความรู้ (K)**

1. นักเรียนสามารถอธิบายเหตุผลที่ความเข้มข้นของสารมีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีได้
2. นักเรียนสามารถเปรียบเทียบ ความเข้มข้นของสาร ที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีได้
3. นักเรียนสามารถยกตัวอย่างกระบวนการที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวันหรืออุตสาหกรรมที่ความเข้มข้นของสาร มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีได้
4. นักเรียนสามารถนักเรียนสามารถอธิบาย เหตุผลที่พื้นที่ผิว มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีได้
5. นักเรียนสามารถเปรียบเทียบ พื้นที่ผิว ที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีได้
6. นักเรียนสามารถยกตัวอย่างกระบวนการที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวันหรืออุตสาหกรรมที่พื้นที่ผิว มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีได้

**ด้านทักษะกระบวนการ (P)**

1. นักเรียนสามารถทำการทดลอง ความเข้มข้นของสาร ที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีได้
2. นักเรียนสามารถทำการทดลอง พื้นที่ผิว ที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีได้
3. นักเรียนสามารถทำงานเป็นทีมได้

**ด้านเจตคติ (A)**

1. นักเรียนรับผิดชอบงานที่ได้รับมอบหมาย

**สมรรถนะสำคัญของผู้เรียน (C) และ ความสามารถและทักษะของผู้เรียนศตวรรษที่ 21**

สมรรถนะการสื่อสาร

**วิธีการสอน**

1. การสอนแบบสืบเสาะ 5E

**คุณลักษณะอันพึงประสงค์**

1. มุ่งมั่นในการทำงาน

**กิจกรรมการเรียนรู้**

**กิจกรรมขั้นที่ 1 สร้างความสนใจ**

- ครูเตรียมความพร้อมนักเรียนด้วยการเล่นเกม โยนคำ โดยเล่นในหมวดหมู่ ปฏิกิริยาเคมี โดยเริ่มจากนักเรียนพูดคำในหมวดหมู่ที่เรียนมา พร้อมกับชื่อเพื่อนคนต่อไป เล่นเรื่อย ๆ จนมีคนพูดซ้ำหรือคิดคำไม่ออก

- นักเรียนร่วมแสดงความคิดเห็นว่าปฏิกิริยาเคมีอะไรบ้างที่นักเรียนต้องการให้เกิดช้า (เช่น การเกิดสนิม การบูดเน่า เติบโตของแบคทีเรีย) และปฏิกิริยาเคมีอะไรบ้างที่นักเรียนต้องการให้เกิดเร็ว (เช่น การทำอาหาร การทำความสะอาด) ด้วยการนำ post it แปะคำตอบบนกระดาน

**กิจกรรมขั้นที่ 2 ค้นหา**

- นักเรียนแบ่งกลุ่มทำการทดลอง ศึกษาความเข้มข้นและพื้นที่ผิว ที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยายาเคมี จากแคลเซียมคาร์บอเนต $CaCO_3(s)$ และสารละลายกรดไฮโดรคลอริก HCl (aq)

- แบ่งหน้าที่การทดลอง

สมาชิกคนที่ 1: ทำหน้าที่เตรียมวัสดุ - อุปกรณ์

สมาชิกคนที่ 2: ทำหน้าที่อ่านวิธีการทดลอง ทำความเข้าใจ และอธิบายให้สมาชิกในกลุ่มฟัง

สมาชิกคนที่ 3: ทำหน้าที่บันทึกผลการทดลอง

สมาชิกคนที่ 4 และ 5: ทำหน้าที่นำเสนอผลการทดลอง

(สมาชิกทุกคนร่วมกับทำการทดลอง)

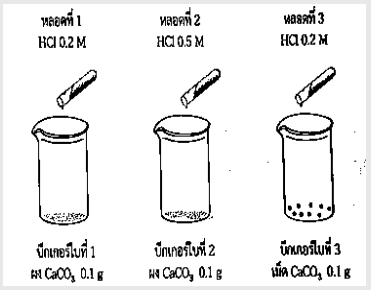
**การทดลอง การศึกษาความเข้มข้นและพื้นที่ผิวของสารตั้งต้นที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีจากแคลเซียมคาร์บอเนตและสารละลายกรดไฮโดรคลอริก**

**จุดประสงค์การทดลอง**

1. ทดลองเพื่อศึกษาผลของความเข้มข้น และพื้นที่ผิวของสารตั้งต้นต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี
2. อธิบายผลของความเข้มข้น และพื้นที่ผิวของสารตั้งต้นต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี

**วิธีการทดลอง**

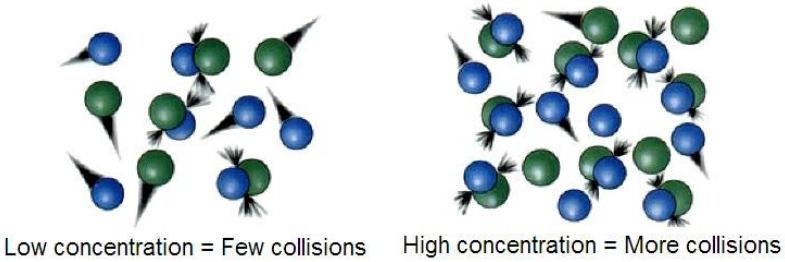
1. ชั่ง $CaCO_3(s)$ แบบผง 0.1 กรัม ในบีกเกอร์ใบที่ 1 2
2. ชั้น $CaCO_3(s)$ แบบเม็ด 0.1 กรัม ในบีกเกอร์ที่ 3
3. เติม HCl 0.2 $mol/dm^3$ ลงในบีกเกอร์ใบที่ 1 จับเวลาตั้งแต่เริ่มต้นจนกระทั่งปฏิกิริยาเคมีสิ้นสุด บันทึกผลการทดลอง
4. เติม HCl 0.5 $mol/dm^3$ ลงในบีกเกอร์ใบที่ 2 จับเวลาตั้งแต่เริ่มต้นจนกระทั่งปฏิกิริยาเคมีสิ้นสุด บันทึกผลการทดลอง
5. เติม HCl 0.2 $mol/dm^3$ ลงในบีกเกอร์ใบที่ 3 จับเวลาตั้งแต่เริ่มต้นจนกระทั่งปฏิกิริยาเคมีสิ้นสุด บันทึกผลการทดลอง




**คำถามท้ายการทดลอง**

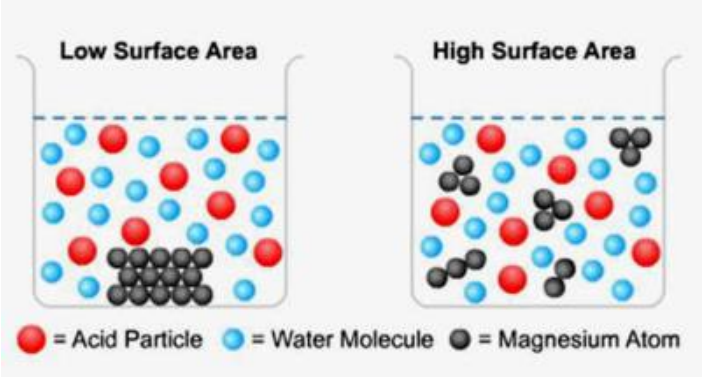
1. ในแต่ละบีกเกอร์ใช้เวลาในการเกิดปฏิกิริยาเท่ากันหรือไม่ อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีแต่ละบีกเกอร์เป็นอย่างไร
2. ความเข้มข้นและพื้นที่ผิวของสารตั้งต้นมีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาอย่างไร

- นักเรียนร่วมมือกันลงมือปฏิบัติการทดลอง
- ออกแบบตารางบันทึกผลการทดลอง บันทึกผลการทดลอง และสรุปผลการทดลอง
- นักเรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอผลการทดลอง และการสรุปผล ครูและเพื่อนร่วมกันประเมินและให้คำแนะนำ
- นักเรียนศึกษา ทฤษฎีการชนที่การอธิบายผลของความเข้มข้นมีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี เพราะการเพิ่มความเข้มข้นของสารตั้งต้นเพิ่มอนุภาคในระบบจึงมีโอกาสในการชนมากขึ้น ยกเว้นการย่อยสลายแอลกอฮอล์ในเลือดที่มีอัตรากการย่อยสลายคงที่ ไม่ขึ้นกับความเข้มข้นของแอลกอฮอล์



- นักเรียนศึกษา ทฤษฎีการชนที่การอธิบายพื้นที่ผิว ผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี เพราะการเพิ่มพื้นที่ผิวของสารตั้งต้น(ของแข็ง) เพิ่มจึงมีโอกาสในการชนมากขึ้น

- ร่วมแลกเปลี่ยนประสบการณ์ที่ความเข้มข้นและพื้นที่ผิวของสารตั้งต้นมีผลต่อการเกิดปฏิกิริยาเคมีในชีวิตประจำวัน กับครูและเพื่อนในชั้นเรียน ตัวอย่างเช่น เหตุการณ์น้ำตาลไอซิงละลายไวกว่าน้ำตาลทราย หรือ ควรเคี้ยวอาหารเพื่อช่วยให้ย่อยได้ไวขึ้น




**กิจกรรมขั้นที่ 3 อธิบายและสรุปผล**

- นำเสนอหน้าชั้นเรียนครูและนักเรียนร่วมชั้นร่วมกันชี้แนะ ให้การสรุปผลการทดลองสมบูรณ์

**กิจกรรมที่ 4 การขยายความรู้**

- สืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับกระบวนการที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวันหรืออุตสาหกรรม ที่ความเข้มข้นของสารตั้งต้น มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี และ กระบวนการที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวันหรืออุตสาหกรรม ที่พื้นที่ผิว มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี โพสต์ใน **application Padlet**

**กิจกรรมที่ 5 ประเมินผล**

- ประเมินผลจากการนำเสนอข้อมูลที่สืบค้น (กิจกรรมที่ 4)

- ประเมินผลจากการทำการทดลอง

**การวัดผลและประเมินผล**

| จุดประสงค์การเรียนรู้ | วิธีการวัดผลและประเมินผล | เครื่องมือการวัดผลและประเมินผล |
|---|---|---|
| **ด้านความรู้ (K)**<br>1. นักเรียนสามารถอธิบายเหตุผลที่ความเข้มข้นของสารมีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีได้ | วัดจาก บันทึกผลการทดลอง | แบบประเมินการทดลอง |
| 2. นักเรียนสามารถเปรียบเทียบความเข้มข้นของสาร ที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีได้ | | |
| 3. นักเรียนสามารถยกตัวอย่างกระบวนการที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวันหรืออุตสาหกรรมที่ความเข้มข้นของสาร มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีได้ | วัดจากสืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับ ความเข้มข้นของสารตั้งต้น มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีในชีวิตประจำวันหรืออุตสาหกรรม ใน **application Padlet** | แบบประเมินการนำเสนอ |
| 4. นักเรียนสามารถนักเรียนสามารถอธิบาย เหตุผลที่พื้นที่ผิวมีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีได้ | | |
| 5. นักเรียนสามารถเปรียบเทียบพื้นที่ผิว ที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีได้ | วัดจาก บันทึกผลการทดลอง | แบบประเมินการทดลอง |
| 6. นักเรียนสามารถยกตัวอย่างกระบวนการที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวันหรืออุตสาหกรรมที่พื้นที่ผิว มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีได้ | วัดจากสืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับ พื้นที่ผิวของสารตั้งต้น มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีในชีวิตประจำวันหรืออุตสาหกรรม ใน **application Padlet** | แบบประเมินการนำเสนอ |

| จุดประสงค์การเรียนรู้ | วิธีการวัดผลและประเมินผล | เครื่องมือการวัดผลและประเมินผล |
|---|---|---|
| **ด้านทักษะกระบวนการ (P)**<br>1. นักเรียนสามารถทำการทดลองความเข้มข้นของสารที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีได้<br>2. นักเรียนสามารถทำการทดลองพื้นที่ผิว ที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีได้<br>3. นักเรียนสามารถทำงานเป็นทีมได้ | วัดจากการทำการทดลอง | แบบประเมินการทดลอง |
| **ด้านเจตคติ (A)**<br>1. นักเรียนรับผิดชอบงานที่ได้รับมอบหมาย | วัดจากการส่งงานตรงเวลา | บันทึกการส่งงาน |

มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช

**การทดลอง การศึกษาพื้นที่ผิวของสารตั้งต้นที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี จากแคลเซียมคาร์บอเนตและสารละลายกรดไฮโดรคลอริก**

**สมาชิกกลุ่มที่.....ห้อง.....**

**1.**.....**เลขที่**.....**2.**.....**เลขที่**.....

**3.**.....**เลขที่**.....**4.**.....**เลขที่**.....

**5.**.....**เลขที่**.....**6.**.....**เลขที่**.....

**จุดประสงค์การทดลอง**

1. ทดลองเพื่อศึกษาผลของความเข้มข้นและพื้นที่ผิวของสารตั้งต้นต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี
2. อธิบายผลของความเข้มข้น และพื้นที่ผิวของสารตั้งต้นต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี

**วิธีการทดลอง**

1. ชั่ง $CaCO_3(s)$ แบบเม็ด ___ กรัม ในบีกเกอร์ใบที่ 1
2. ชั้น $CaCO_3(s)$ แบบผง ___ กรัม ในบีกเกอร์ที่ 2
3. เติม HCl 2 $mol/dm^3$ ลงในบีกเกอร์ใบที่ 1 จับเวลาตั้งแต่เริ่มต้นจนกระทั่งปฏิกิริยาเคมีสิ้นสุด บันทึกผลการทดลอง
4. เติม HCl 5 $mol/dm^3$ ลงในบีกเกอร์ใบที่ 2 จับเวลาตั้งแต่เริ่มต้นจนกระทั่งปฏิกิริยาเคมีสิ้นสุด บันทึกผลการทดลอง

**บันทึกผลการทดลอง (ออกแบบตาราง)**

**คำนวณอัตราการเกิดปฏิกิริยาของ บีกเกอร์ 1 2 และ 3**

**อัตราการเกิดปฏิกิริยาบีกเกอร์ 1 =** .....

.....

**อัตราการเกิดปฏิกิริยาบีกเกอร์ 2 =** .....

.....

**อัตราการเกิดปฏิกิริยาบีกเกอร์ 3 =** .....

.....

**อภิปรายและสรุปผลการทดลอง**

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

**คำถามหลังการทดลอง**

**1. ในแต่ละบีกเกอร์ใช้เวลาในการเกิดปฏิกิริยาเท่ากันหรือไม่ อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีแต่ละบีกเกอร์เป็นอย่างไร**

.....

.....

.....

.....

**2. ความเข้มข้นและพื้นที่ผิวของสารตั้งต้นมีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาอย่างไร**

.....

.....

.....

.....

# แบบประเมินการทดลอง

**<u>คำชี้แจง</u>**: ให้ผู้สอนประเมินการปฏิบัติการของนักเรียนตามรายการที่กำหนด แล้วขีด ✓ลงในช่องที่ตรงกับระดับคะแนน

| ลำดับที่ | รายการประเมิน | ระดับคุณภาพ | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | 4 | 3 | 2 | 1 |
| 1 | การออกแบบการทดลอง | | | | |
| 2 | การดำเนินการทดลอง | | | | |
| 3 | การนำเสนอผลการทดลอง | | | | |
| **รวม** | | | | | |

**ลงชื่อ** ..... **ผู้ประเมิน**

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

## เกณฑ์การประเมินการทดลอง

| ประเด็นที่ประเมิน | ระดับคะแนน | | | |
|---|---|---|---|---|
| | 4 | 3 | 2 | 1 |
| **1. การออกแบบการทดลอง** | เข้าใจปัญหาตั้งสมมติฐานได้สอดคล้องกับปัญหา ออกแบบการทดลองและใช้เทคนิควิธีถูกต้องแสดงถึงความคิดริเริ่ม | เข้าใจปัญหาตั้งสมมติฐานได้ถูกต้อง ออกแบบการทดลองและใช้เทคนิควิธีถูกต้อง | เข้าใจปัญหาตั้งสมมติฐานได้ถูกต้อง ออกแบบการทดลองและใช้เทคนิควิธียังไม่ถูกต้อง | เข้าใจปัญหาตั้งสมมติฐานได้ถูกต้อง ต้องอาศัยการแนะนำในการออกแบบการทดลอง |
| **2. การดำเนินการทดลอง** | การดำเนินการทดลองมีขั้นตอนครบถูกต้อง มีการทำซ้ำ และการเก็บข้อมูลได้ละเอียดรอบคอบครบถ้วนตามที่ต้องการ | การดำเนินการทดลองมีขั้นตอนครบถ้วนถูกต้อง แต่ไม่มีการทำซ้ำ และการเก็บข้อมูลได้ครบถ้วนนำเสนอผลการทดลองถูกต้อง | การดำเนินการทดลองมีขั้นตอนถูกต้องเป็นส่วนใหญ่ และการเก็บข้อมูลได้ครบถ้วนตามที่ต้องการ | การดำเนินการทดลองไม่ถูกต้องเป็นส่วนใหญ่ และการเก็บข้อมูลไม่ครบถ้วน |

| ประเด็นที่ประเมิน | ระดับคะแนน | | | |
|---|---|---|---|---|
| | 4 | 3 | 2 | 1 |
| **3. การนำเสนอ** | เหมาะสมกับลักษณะของข้อมูล แสดงถึงความคิดสร้างสรรค์ ในการนำเสนอวิเคราะห์ข้อมูลได้ครบถ้วนเหมาะสม สรุปผการทดลองถูกต้อง มีการนำเหตุผล และความรู้มาอ้างอิงประกอบการสรุป | นำเสนอข้อมูลถูกต้องครบถ้วน วิเคราะห์ข้อมูล ได้ครบถ้วน สรุปผลการทดลองถูกต้อง มีการนำเหตุผล และความรู้มาอ้างอิงประกอบการสรุปผลการทดลอง | นำเสนอข้อมูลถูกต้องวิเคราะห์ข้อมูลได้ครบถ้วน นำเสนอผลการทดลองถูกต้อง | นำเสนอข้อมูลถูกต้องวิเคราะห์ข้อมูลไม่ครบถ้วน สรุปผลการทดลองไม่ถูกต้อง |

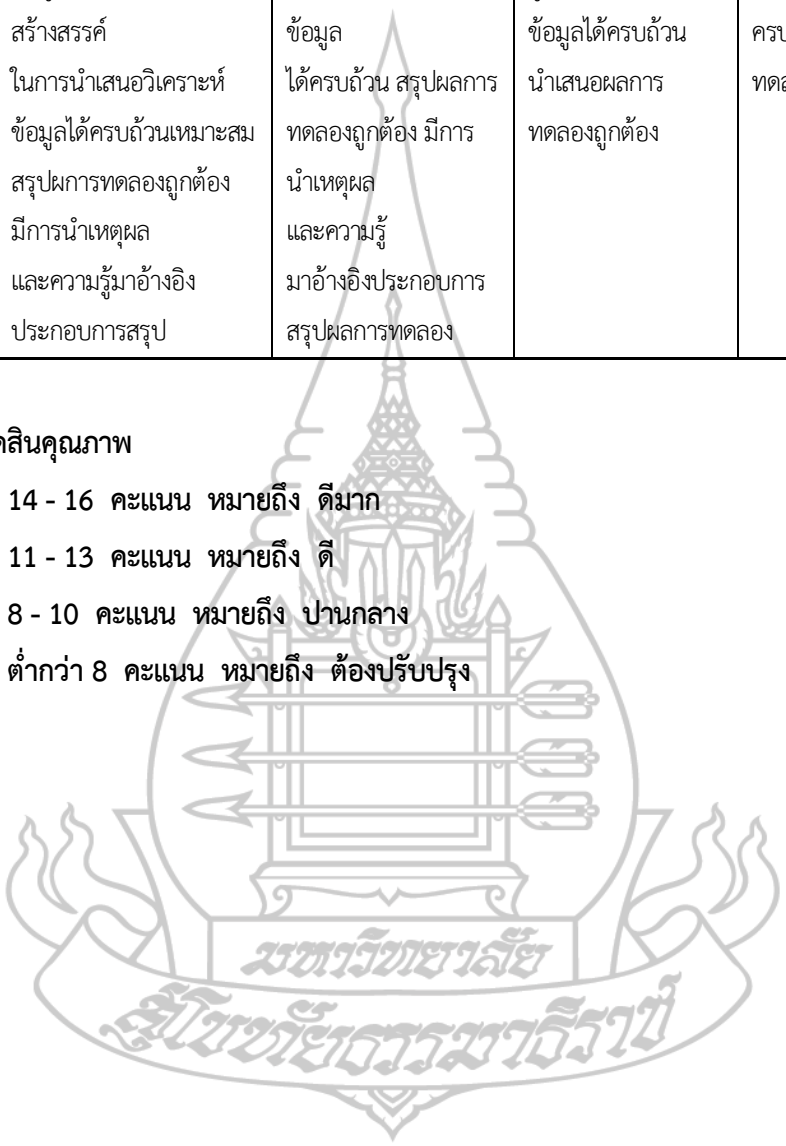
**เกณฑ์การตัดสินคุณภาพ**

**14 - 16 คะแนน หมายถึง ดีมาก**

**11 - 13 คะแนน หมายถึง ดี**

**8 - 10 คะแนน หมายถึง ปานกลาง**

**ต่ำกว่า 8 คะแนน หมายถึง ต้องปรับปรุง**



## แบบสังเกตพฤติกรรมการทำงานกลุ่ม

**<u>คำชี้แจง</u>**: ให้ผู้สอนสังเกตพฤติกรรมของนักเรียนในระหว่างเรียนและนอกเวลาเรียน แล้วขีด ✓ลงในช่องที่ตรงกับระดับคะแนน

| กลุ่มที่ | เลขที่สมาชิกกลุ่ม | การแสดงความคิดเห็น | | | การยอมรับฟังคนอื่น | | | การทำงานตามที่ได้รับมอบหมาย | | | ความมีน้ำใจ | | | การมีส่วนร่วมในการปรับปรุงผลงานกลุ่ม | | | รวม 15 คะแนน |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 3 | 2 | 1 | 3 | 2 | 1 | 3 | 2 | 1 | 3 | 2 | 1 | 3 | 2 | 1 | |
| 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 4 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 5 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 6 | | | | | | | | | | | | | | | | | |

**ลงชื่อ** ..... **ผู้ประเมิน**

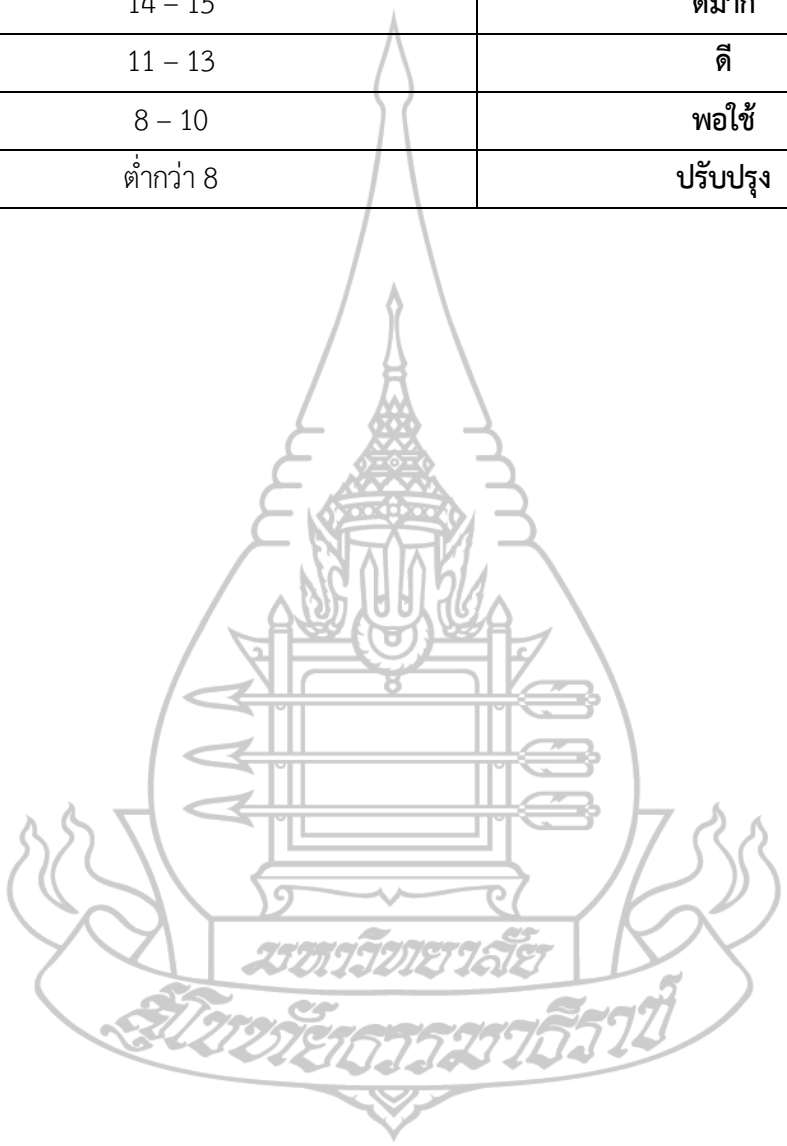
...../...../.....

**เกณฑ์การให้คะแนน**

ปฏิบัติหรือแสดงพฤติกรรมอย่างสม่ำเสมอ ให้ 3 คะแนน
ปฏิบัติหรือแสดงพฤติกรรมบ่อยครั้ง ให้ 2 คะแนน
ปฏิบัติหรือแสดงพฤติกรรมบางครั้ง ให้ 1 คะแนน

**เกณฑ์การตัดสินคุณภาพ**

| ช่วงคะแนน | ระดับคุณภาพ |
|---|---|
| 14 – 15 | **ดีมาก** |
| 11 – 13 | **ดี** |
| 8 – 10 | **พอใช้** |
| ต่ำกว่า 8 | **ปรับปรุง** |



## แบบประเมินคุณลักษณะอันพึงประสงค์

**<u>คำชี้แจง</u>**: ให้ผู้สอนสังเกตพฤติกรรมของนักเรียนในระหว่างเรียนและนอกเวลาเรียน แล้วขีด ✓ลงในช่องที่ตรงกับระดับคะแนน

| คุณลักษณะอันพึงประสงค์ด้าน | รายการประเมิน | ระดับคะแนน | | |
|---|---|---|---|---|
| | | 3 | 2 | 1 |
| 1. มุ่งมั่นในการทำงาน | 6.1 มีความตั้งใจและพยายามในการทำงานที่ได้รับมอบหมาย | | | |
| | 6.2 มีความอดทนและไม่ท้อแท้ต่ออุปสรรคเพื่อให้งานสำเร็จ | | | |

**ลงชื่อ** ..... **ผู้ประเมิน**

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

**เกณฑ์การให้คะแนน**

พฤติกรรมที่ปฏิบัติชัดเจนและสม่ำเสมอ ให้ 3 คะแนน
พฤติกรรมที่ปฏิบัติชัดเจนและบ่อยครั้ง ให้ 2 คะแนน
พฤติกรรมที่ปฏิบัติบางครั้ง ให้ 1 คะแนน

**เกณฑ์การตัดสิน คุณลักษณะอันพึงประสงค์**

5 - 6 คะแนน หมายถึง ดีมาก
3 - 4 คะแนน หมายถึง ปานกลาง
1 - 2 คะแนน หมายถึง ต้องปรับปรุง

มหาวิทยาลัยศิลปากร

## แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

**เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี วิชา เคมี 3 รหัสวิชา ว30223 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ภาคเรียนที่ 1 จำนวน 30 ข้อ เวลาที่ใช้สอบ 60 นาที คะแนนเต็ม 20 คะแนน ครูผู้สอน นางสาวเนตรทราย ประเสริฐผล**

---

**ผลการเรียนรู้**

1. คำนวณอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี และเขียนกราฟการลดลงหรือเพิ่มขึ้นของสารที่ไม่ได้วัดในปฏิกิริยาได้

2. เขียนแผนภาพและอธิบายทิศทางการชนกันของอนุภาคและพลังงานที่ส่งผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีได้

3. เปรียบเทียบอัตราการเกิดปฏิกิริยาเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้น พื้นที่ผิวของสารตั้งต้น อุณหภูมิ และตัวเร่งปฏิกิริยาได้

4. ยกตัวอย่าง และอธิบายปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีในชีวิตประจำวันหรืออุตสาหกรรมได้

---

**คำสั่ง** เลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุด

1. อัตราการเปลี่ยนแปลงปริมาณสาร หมายถึงข้อใด

ก. สารตั้งต้นที่ลดลงต่อหนึ่งหน่วยเวลา

ข. สารผลิตภัณฑ์ที่เพิ่มขึ้นของต่อหนึ่งหน่วยเวลา

ค. ปริมาณผลิตภัณฑ์ที่เพิ่มขึ้นเมื่อเกิดปฏิกิริยา

ง. ก และ ข ถูกต้อง

(ระดับ: การจำ)

จงนำข้อมูลผลการทดลองในกราฟตอบคำถามข้อ 2 - 4

| เวลา(s) | [A] | [B] | [C] |
|---|---|---|---|
| 0 | 0.100 | 0.200 | 0.000 |
| 10 | 0.070 | 0.140 | 0.060 |
| 15 | 0.050 | 0.100 | 0.100 |
| 20 | 0.045 | 0.090 | 0.110 |

2. สารตัวใดทำหน้าที่เป็นสารตั้งต้นในปฏิกิริยา

ก. A ข. B

ค. C ง. A และ B

(ระดับ : การเข้าใจ)

3. จงหาอัตราการเกิดปฏิกิริยาเฉลี่ยของ A

ก. 0.00275 ข. 0.00225

ค. 0.00550 ง. 0.00625

(ระดับ: การเข้าใจ)

4. เมื่อปฏิกิริยาดำเนินไป ข้อใดคือสันนิษฐานที่เป็นไปได้ของปฏิกิริยานี้

ก. อัตราการเกิดปฏิกิริยาจะเร็วขึ้นเรื่อย ๆ

ข. อัตราการเกิดปฏิกิริยาจะช้าลงเรื่อย ๆ

ค. อัตราการเกิดปฏิกิริยาของ B ช้ากว่า A

ง. ปฏิกิริยาจะสิ้นสุดลงที่เวลา 50s

(ระดับ: การจำ)

5. หากเริ่มต้น ปฏิกิริยามีโพรเพน 0.500 M ผ่านไป 10 วินาทีเหลือโพรเพน 0.450 M อัตราการเกิดปฏิกิริยาเฉลี่ยของ โพรเพน เท่ากับเท่าไหร่

ก. 0.500 M/s ข. 0.050 M/s

ค. 0.005 M/s ง. 0.025 M/s

(ระดับ: การเข้าใจ)

6. อัตราการเกิดปฏิกิริยาเฉลี่ยของแก๊สออกซิเจน ($O_2$) เท่ากับเท่าไหร่

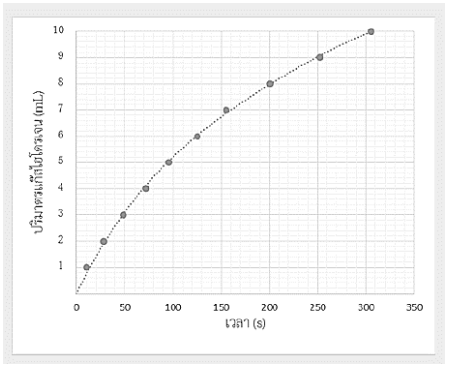
ก. 0.200 M/s ข. 0.010 M/s

ค. 0.001 M/s ง. 0.025 M/s

(ระดับ: การเข้าใจ)

จงนำข้อมูลผลการทดลองในกราฟตอบคำถามข้อ 7 - 8

$Mg(s) + 2HCl(aq) \longrightarrow MgCl2(aq) + H2(g)$




7. อัตราการเกิดปฏิกิริยาเฉลี่ยของ $H_2$ เป็นเท่าใด

ก. 0.33 M/s ข. 0.29 M/s

ค. 0.27 M/s ง. 0.25 M/s

(ระดับ: การเข้าใจ)

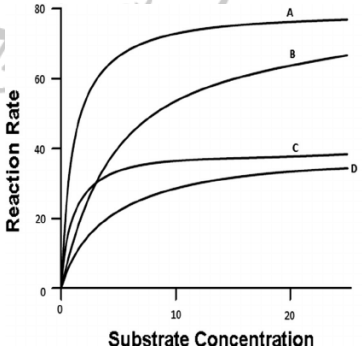
8. อัตราการเกิดปฏิกิริยาของ $H_2$ ที่วินาทีที่ 50 ประมาณเท่าใด (วาดในกราฟได้)

ก. 0.10 M/s ข. 0.08 M/s

ค. 0.04 M/s ง. 0.02 M/s

(ระดับ: การเข้าใจ)

9. จากกราฟ สารในข้อใดมีอัตราการเกิดปฏิกิริยาสูงที่สุด ในช่วง 10 วินาทีแรก




ก. A ข. B

ค. C ง. D

(ระดับ : การเข้าใจ)

10. อัตราการสลายตัวของ A เท่ากับ 3/2 อัตราการสลายตัวของ B เท่ากับ 1/3 เท่าอัตราการเกิดของ C และเท่ากับ 1/2 อัตราการการเกิดของ D สมการของปฏิกิริยานี้คือ

ก. $A+2B \longrightarrow 3C+2D$

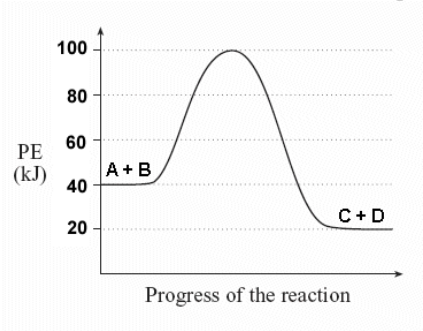
ข. $2A+2B \longrightarrow 2C+3D$

ค. $3A+2B \longrightarrow 9C+6D$

ง. $2A+2B \longrightarrow 6C+4D$

(ระดับ: การนำไปใช้)

**จากกราฟจงตอบคำถามข้อ 11 - 12**




11. ข้อใดถูกต้องเกี่ยวกับปฏิกิริยานี้

ก. เป็นปฏิกิริยาดูดพลังงาน +20 KJ

ข. เป็นปฏิกิริยาดูดพลังงาน +40 KJ

ค. เป็นปฏิกิริยาคายพลังงาน -20 KJ

ง. เป็นปฏิกิริยาคายพลังงาน -40 KJ

(ระดับ: การเข้าใจ)

12. ปฏิกิริยานี้มีพลังงานก่อกัมมันต์เท่ากับเท่าใด

ก. 20 KJ ข. 40 KJ

ค. 60 KJ ง. 80 KJ

(ระดับ: การเข้าใจ)

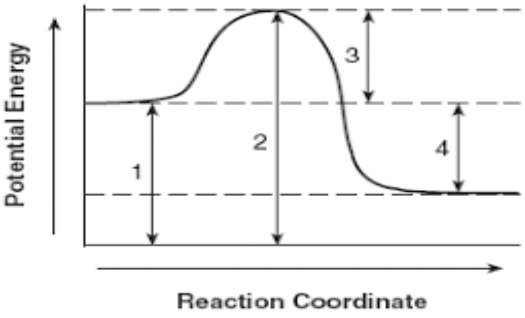
13. สารตั้งต้นมีพลังงาน 250 KJ มี $E_a$ เท่ากับ 200 KJ ปฏิกิริยานี้เป็นปฏิกิริยาคายความร้อน สารผลิตภัณฑ์ควรมีพลังงานเท่าใด

ก. 200 KJ ข. 250 KJ

ค. 450 KJ ง. 500 KJ

(ระดับ: การเข้าใจ)

14. ข้อใดคือ พลังงานที่คายให้กับสิ่งแวดล้อม

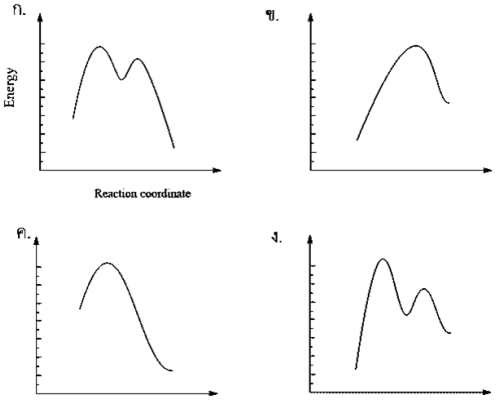



ก. 1 ข. 2

ค. 3 ง. 4

(ระดับ: การเข้าใจ)

15. ปฏิกิริยาในข้อใด มี 1 ขั้นตอนและเป็นปฏิกิริยาคายพลังงาน




(ระดับ : การเข้าใจ)

16. ข้อใด**ผิด**เกี่ยวกับ สภาวะทรานซิชัน

ก. สารตั้งต้นเริ่มสลายพันธะเดิมและสร้างพันธะใหม่

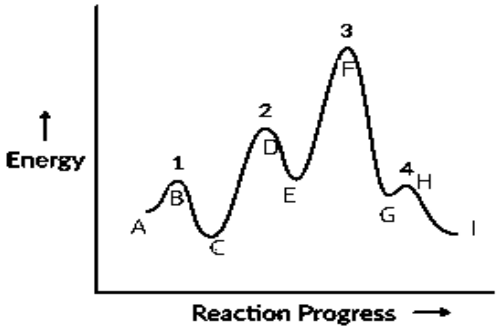
ข. สภาวะที่มีพลังงานสูงและเสถียร

ค. เกิดสารเชิงซ้อน คือ สารเชิงซ้อนกัมมันต์

ง. ผลต่างพลังงานของสารตั้งต้นและสภาวะทรานซิชันคือ พลังงานก่อกัมมันต์

(ระดับ: การจำ)

**จากกราฟจงตอบคำถามข้อ 17 - 18**




17. ข้อใดเป็นสารเชิงซ้อนกัมมันต์
    ก. A ข. B
    ค. C ง. E

(ระดับ: การเข้าใจ)

18. ข้อใด**ผิด**เกี่ยวกับปฏิกิริยานี้
    ก. เป็นปฏิกิริยาคายพลังงาน
    ข. มีทั้งหมด 4 ขั้นตอน
    ค. ขั้นที่ 1 และ 2 เป็นปฏิกิริยาดูดพลังงาน
    ง. ขั้นที่ 3 และ 4 เป็นปฏิกิริยาคายพลังงาน

(ระดับ: การเข้าใจ)

19. ปฏิกิริยาในข้อใดเป็นปฏิกิริยาดูดความร้อน
    ก. การเผาไหม้
    ข. การระเหิดของน้ำแข็งแห้ง
    ค. การขับเหงื่อของร่างกาย
    ง. การสันดาปเครื่องยนต์รถ

(ระดับ: การนำไปใช้)

20. ปฏิกิริยาใดเป็นปฏิกิริยาการคายความร้อน
    ก. ละอองเมฆกลั่นตัวกลายเป็นฝน
    ข. การทำไอศกรีม
    ค. การทำน้ำแข็ง
    ง. การปิ้งหมูให้สุก

(ระดับ: การนำไปใช้)

21. $Zn\ (s) + HCl(aq) \longrightarrow ZnCl_2(aq) + H2(g)$
    ข้อใดมีอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีมากที่สุด
    ก. Zn (แผ่น) 1g+ HCl 3.0 M 15 ml
    ข. Zn (แผ่น) 2g+ HCl 4.0 M 12 ml
    ค. Zn (ผง) 2g+ HCl 5.0 M 12 ml
    ง. Zn (ผง) 2g + HCl 6.0 M 10 ml

(ระดับ : การนำไปใช้)

22. โลหะแมกนีเซียม ทำปฏิกิริยากับ HCl 3 M เกิด H2(g) มากกว่าทำปฏิกิริยากับ HCl 2 M เป็นเพราะปัจจัยใด
    ก. ความเข้มข้น ข. อุณหภูมิ
    ค. พื้นที่ผิว ง. ตัวเร่งปฏิกิริยา

(ระดับ : การเข้าใจ)

23. โลหะแมกนีเซียม ทำปฏิกิริยากับ HCl 3 M เกิด $H_2(g)$ มากกว่าทำปฏิกิริยากับ HCl 2 M เป็นเพราะปัจจัยใด
    ก. ความเข้มข้น ข. อุณหภูมิ
    ค. พื้นที่ผิว ง. ตัวเร่งปฏิกิริยา

(ระดับ : การเข้าใจ)

24. การเผาผลาญแอลกอฮอร์ในหลอดเลือดคงที่ แม้ว่าร่างกายจะดื่มแอลกอฮอร์มากขึ้น เพราะการเผาผลาญแอลกอฮอล์**ไม่**ขึ้นกับปัจจัยใด
    ก. ความเข้มข้น ข. อุณหภูมิ
    ค. พื้นที่ผิว ง. ตัวเร่งปฏิกิริยา

(ระดับ: การนำไปใช้)

25. ข้อใดผิด
    ก. ความเข้มข้นลดลง ทำให้เพิ่มโอกาสการชน
    ข. อุณหภูมิทำให้สารตั้งต้นมีพลังงานจลน์มากขึ้น
    ค. พื้นที่ผิวมากทำให้มีโอกาสในการชนมาก
    ง. ตัวเร่งปฏิกิริยาช่วยลดพลังงานก่อกัมมันต์

(ระดับ: การจำ)

26. ในฤดูร้อนแบคทีเรียในอาหารจะเติบโตได้ดี ทำให้คนเป็นโรคท้องร่วงกันมาก จึงควรกินอาหารที่ปรุงสุกใหม่ เป็นเพราะปัจจัยในข้อใด

ก. ความเข้มข้น ข. อุณหภูมิ

ค. พื้นที่ผิว ง. ตัวเร่งปฏิกิริยา

(ระดับ: การนำไปใช้)

27. เพราะเหตุใดเราควรเคี้ยวอาหารก่อนกลืน เป็นเพราะปัจจัยในข้อใด

ก. ความเข้มข้น ข. อุณหภูมิ

ค. พื้นที่ผิว ง. ตัวเร่งปฏิกิริยา

(ระดับ: การนำไปใช้)

28. อาหารที่มีสารกันบูด ต่างกับอาหารที่ไม่มีสารกันบูดอย่างไร

ก. ลด Ea อัตราการเกิดปฏิกิริยาเกิดไวขึ้น

ข. ลด Ea อัตราการเกิดปฏิกิริยาเกิดช้าลง

ค. เพิ่ม Ea อัตราการเกิดปฏิกิริยาเกิดไวขึ้น

ง. เพิ่ม Ea อัตราการเกิดปฏิกิริยาเกิดไวช้าลง

(ระดับ: การเข้าใจ)

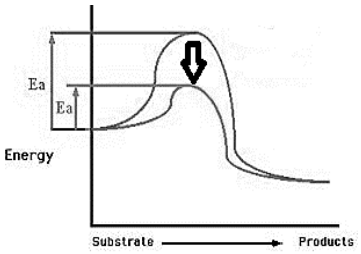
29. ผลไม้บางชนิด เช่น มะม่วง อะโวคาโด สามารถทำให้สุกไวขึ้นได้ด้วยแก๊สเอทีลีน เอทีลีนคือปัจจัยในข้อใด

ก. ความเข้มข้น ข. อุณหภูมิ

ค. พื้นที่ผิว ง. ตัวเร่งปฏิกิริยา

(ระดับ: การนำไปใช้)

30. จากรูป เกี่ยวข้องกับปัจจัยใด




ก. ความเข้มข้น ข. อุณหภูมิ

ค. พื้นที่ผิว ง. ตัวเร่งปฏิกิริยา

(ระดับ : การจำ)

# แบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ก่อนเรียน

**คำชี้แจง**

1. แบบวัดมีทั้งหมด 3 สถานการณ์ โดยแต่ละสถานการณ์ประกอบด้วย 4 คำถามที่ต้องสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ คะแนนเต็มทั้งหมด 24 คะแนน ระยะเวลาในการทำ 60 นาที โดยให้ผู้ตอบแบบวัดเขียนคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ ตามองค์ประกอบของคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์อย่างละเอียด

| กรอบองค์ประกอบของคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ |
|---|
| **คำกล่าวอ้าง(Claim)**<br>ข้อสรุปที่เป็นคำตอบของคำถามหรือปัญหาที่กำหนด |
| **ข้อมูล (Evidence)**<br>ข้อมูลเชิงวิทยาศาสตร์ที่สนับสนุนคำกล่าวอ้างหรือข้อสรุป ข้อมูลนี้จะต้องเหมาะสม และเพียงพอสำหรับสนับสนุนคำกล่าวอ้างหรือข้อสรุป |
| **เหตุผล (Reasoning)**<br>ข้อความที่เป็นความรู้ ทฤษฎี/ หลักการ/ ข้อเท็จจริงที่เป็นที่รับรู้และยอมรับได้ นำมาใช้สนับสนุนคำกล่าวอ้างที่มีการเชื่อมโยงกับข้อมูลแล้วตัดสินว่าข้อมูลที่ใช้สนับสนุนคำกล่าวอ้างหรือข้อสรุป นั้นเหมาะสมเพียงพอ และอ้างอิงได้ตามหลักการทางวิทยาศาสตร์/ ข้อเท็จจริงที่พิสูจน์ได้/ ความคิดเห็นที่มีความน่าเชื่อถือ |

**สถานการณ์ที่ 1: หินกักเก็บปิโตรเลียม**

จากข้อมูลของเว็ปไซด์ Scimath.org เรื่อง จากปิโตรเลียมสู่ผลิตภัณฑ์ กล่าวว่า หินกักเก็บปิโตรเลียม (Reservoir Rocks) เป็นหินที่มีความพรุน และมีความสามารถให้ของเหลวไหลผ่านได้ มีรอยแตกมีโพรง ที่จะให้ปิโตรเลียมกักเก็บได้ หลายคนคงสงสัยว่า หินกักเก็บปิโตรเลียมมีลักษณะอย่างไร เพราะเหตุใดปิโตรเลียมจึงสามารถไหลเข้าไปสะสมตัวอยู่ได้ ข้อสงสัยนี้สามารถหาคำตอบได้การทำกิจกรรมให้ใช้แว่นขยายพิจารณาลักษณะเนื้อหิน จำนวน 3 ชนิด ได้แก่ หินทราย หินปูน

และหินแกรนิต จากนั้นให้หยดน้ำมันพืช 1 หยด ลงบนผิวหน้าหินทั้ง 3 ชนิด และสังเกตการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้น ซึ่งในกิจกรรมนี้จะให้น้ำมันพืชแทนน้ำมันดิบ

**ผลการทำกิจกรรม**

| **ชนิดหิน** | **ลักษณะเนื้อหิน** | **การเปลี่ยนแปลงของน้ำมันพืช** |
|---|---|---|
| หินทราย | เนื้อหยาบ ประกอบด้วยเม็ดแร่ขนาดเล็ก ที่ผิวหน้าของหินสามารถมอง**เห็น**รอยต่อระหว่างเม็ดแร่ได้บ้าง | น้ำมันพืชซึมลงไปในเนื้อหินได้ |
| หินปูน | เนื้อเนียนละเอียดมาก มอง**ไม่เห็น**รอยต่อหรือช่องว่างระหว่างผลึกแร่ | น้ำมันพืชยังคงปรากฏอยู่ที่ผิวหน้าของหิน |
| หินแกรนิต | เนื้อหยาบ ผลึกแร่เกาะกันแน่นแข็ง มอง**ไม่เห็น**รอยต่อหรือช่องว่างระหว่างผลึกแร่ | น้ำมันพืชยังคงปรากฏอยู่ที่ผิวหน้าของหิน |

**ที่มา:**

อรนิษฐ์ โชคชัย. จากปิโตรเลียมสู่ผลิตภัณฑ์ [ออนไลน์]. 2023. แหล่งที่มา: https://www.scimath.org/article-science/item/12805-2023-01-20-06-43-01 [19 มิถุนายน

**จากข้อมูลข้างต้น จงตอบคำถามเหล่านี้โดยการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์(CER)**

1. หินชนิดใด สามารถกักเก็บปิโตเลียมได้

.หินทราย เป็นหินกักเก็บปิโตเลียมได้.....

.....

.....

2. ระบุข้อมูลของคำตอบข้อ 1 จากข้อมูลที่กำหนดให้

.ข้อมูลคือ ลักษณะของหินทรายที่ผิวหน้าของหินสามารถมองเห็นรอยต่อระหว่างเม็ดแร่ และผลการทดลองหยดน้ำมันพืชลงไปในหิน ปรากฏว่า น้ำมันพืชซึมลงไปในเนื้อของหินทรายได้ แต่ไม่ซึมไปในเนื้อหินปูนและหินแกรนิต ที่ไม่เห็นรอยต่อระหว่างแร่.....

.....

3. ระบุเหตุผลที่ใช้สนับสนุนคำตอบข้อ 1 จากความรู้/ประสบการณ์เดิมของนักเรียน

หินกักเก็บปิโตรเลียม ต้องเป็นหินที่มีความพรุน และมีความสามารถให้ของเหลวไหลผ่านได้ มีรอยแตกมีโพรง ที่จะให้ปิโตรเลียมกักเก็บได้ สอดคล้องกับการสังเกตลักษณะของเนื้อหินทรายด้วยแว่นขยาย พบว่าหินทรายมีผลึกไม่แน่นผิวหน้าของหินทรายสามารถมองเห็นรอยต่อระหว่างเม็ดแร่ แสดงว่า

หินทรายมีรูพรุน ทำให้น้ำมันพืชหรือปิโตเลียม สามารถซึมไปกักเก็บในหินทรายได้ ต่างจากหินปูนและหินแกรนิตที่ไม่เห็นรอยต่อระหว่างเม็ดแร่ หรือไม่มีรูพรุน ทำให้น้ำมันไม่สามารถซึมลงเนื้อหินได้

4. ให้สรุปข้อค้นพบเกี่ยวกับเรื่องการหินกักเก็บปิโตรเลียม (สรุปเป็นข้อความที่มีการเชื่อมโยง CER)

หินกักเก็บปิโตเลียม มีลักษณะเป็นหินที่มีความพรุน และมีความสามารถให้ปิโตเลียมไหลผ่านได้ มีรอยแตก มีโพรง เพื่อจะให้ปิโตรเลียมกักเก็บและสะสมในเนื้อหินได้ ยกตัวอย่างเช่น หินทราย ที่เมื่อส่องด้วยแว่นขยายเห็นเป็นหินที่มีช่องว่างระหว่างรอยต่อเม็ดแร่ จากการทดลองสามารถให้ปิโตเลียมไหลซึมกักเก็บในเนื้อหินได้ สังเกตได้จากการทดลองที่น้ำมันที่เปรียบเทียบเป็นปิโตรเลียม ซึมไปในเนื้อหินทราย ดังนั้นการมีรูพรุนในเนื้อหินเพื่อให้ปิโตเลียมซึมผ่านจึงเป็นลักษณะสำคัญของหินกักเก็บปิโตเลียม

.....

.....

.....

.....

**เกณฑ์การให้คะแนน**

| องค์ประกอบ | ระดับคะแนน | | |
|---|---|---|---|
| | 2 | 1 | 0 |
| **ข้อกล่าวอ้าง (ข้อ 1)** | เขียนข้อกล่าวอ้างได้ถูกต้องและชัดเจน (หินทราย เป็นหินกักเก็บปิโตเลียมได้) | เขียนข้อกล่าวอ้างถูกต้องแต่ไม่ชัดเจนหรือไม่ครบถ้วน (หินที่มีรูพรุน เป็นหินที่กักเก็บปิโตเลียมได้/ หินที่มีช่องว่างระหว่างผลึก แต่ไม่ระบุว่า หินทราบ) | ไม่เขียนข้อกล่าวอ้าง หรือเขียนข้อกล่าวอ้างไม่ถูกต้อง |
| **ข้อมูล (ข้อ 2)** | แสดงข้อมูลได้เหมาะสมและมีจำนวนเพียงพอต่อการสนับสนุน ข้อกล่าวอ้าง (ข้อมูลคือ ลักษณะของหินทรายที่ผิวหน้าของหินสามารถมองเห็นรอยต่อระหว่างเม็ดแร่ และผลการทดลองหยดน้ำมันพืชลงไปในหิน ปรากฏว่า น้ำมันพืชซึม | แสดงข้อมูลได้เหมาะสมแต่ไม่เพียงพอ มีข้อมูลบางประการที่ไม่เหมาะสมอยู่ด้วย (กล่าวถึงลักษณะการซึมบนหินแต่ไม่มีการกล่าวถึงรอยต่อระหว่างเม็ดแร่) | ไม่มีการแสดงข้อมูล หรือแสดงข้อมูลที่ไม่เหมาะสม ข้อมูลไม่สนับสนุนข้อกล่าวอ้าง (ไม่มีคำตอบที่ถูกต้องหรือไม่มีคำตอบ) |

| องค์ประกอบ | ระดับคะแนน | | |
|---|---|---|---|
| | 2 | 1 | 0 |
| | ลงไปในเนื้อของหินทรายได้ แต่ไม่ซึมไปในเนื้อหินปูนและหินแกรนิตที่ไม่เห็นรอยต่อระหว่างแร่) | | |
| **การให้เหตุผล (ข้อ 3)** | แสดงเหตุผลที่เชื่อมโยงข้อมูลไปสู่ข้อกล่าวอ้าง รวมถึงใช้ข้อมูลเชิงวิทยาศาสตร์ได้อย่างเหมาะสม เพียงพอ (หินกักเก็บปิโตรเลียม ต้องเป็นหินที่มีความพรุน และมีความสามารถให้ของเหลวไหลผ่านได้ มีรอยแตก มีโพรง ที่จะให้ปิโตรเลียมกักเก็บได้ สอดคล้องกับการสังเกตลักษณะของเนื้อหินทรายด้วยแว่นขยายพบว่าหินทรายมีผลึกไม่แน่นผิวหน้าของหินทรายสามารถมองเห็นรอยต่อระหว่างเม็ดแร่ แสดงว่าหินทรายมีรูพรุน ทำให้น้ำมันพืชหรือปิโตเลียมสามารถซึมไปกักเก็บในหินทรายได้ ต่างจากหินปูนและหินแกรนิตที่ไม่เห็นรอยต่อระหว่างเม็ดแร่ หรือไม่มีรูพรุน ทำให้น้ำมันไม่สามารถซึมลงเนื้อหินได้) | มีการแสดงเหตุผลที่เชื่อมโยงกับข้อกล่าวอ้าง แต่ไม่เพียงพอ (กล่าวถึงรอยต่อระหว่างเม็ดแร่ทำให้น้ำมันไหลซึม แต่ไม่กล่าวถึงการไหลซึมของปิโตรเลียม จากรูพรุนหรือช่องระหว่างหิน หรือไม่มีการเปรียบเทียบหินอีก 2 ชนิด | ไม่มีการแสดงเหตุผลหรือแสดงเหตุผลที่ไม่เชื่อมโยงข้อมูลกับข้อกล่าวอ้าง มีการให้เหตุผลที่ไม่เหมาะสม (ไม่มีคำตอบที่ถูกต้องหรือไม่มีคำตอบ) |
| **สร้างคำอธิบาย (ข้อ 4)** | แสดงเหตุผลที่เชื่อมโยงข้อมูลไปสู่ข้อกล่าวอ้าง รวมถึงใช้ข้อมูลเชิงวิทยาศาสตร์ได้อย่างเหมาะสม เพียงพอ (หิน | มีการแสดงเหตุผลที่เชื่อมโยงกับข้อกล่าวอ้าง แต่ไม่เพียงพอ (บอกลักษณะของหินกักเก็บปิโตเลียมได้ | ไม่มีการแสดงเหตุผลหรือแสดงเหตุผลที่ไม่เชื่อมโยงข้อมูลกับข้อกล่าวอ้าง มีการให้เหตุผลที่ไม่ |

| องค์ประกอบ | ระดับคะแนน | | |
|---|---|---|---|
| | 2 | 1 | 0 |
| | กักเก็บปิโตเลียม มีลักษณะเป็นหินที่มีความพรุนและมีความสามารถให้ปิโตเลียมไหลผ่านได้ มีรอยแตก มีโพรง เพื่อจะให้ปิโตรเลียมกักเก็บและสะสมในเนื้อหินได้ **ยกตัวอย่างเช่น** หินทราย ที่เมื่อส่องด้วยแว่นขยายเห็นเป็นหินที่มีช่องว่างระหว่างรอยต่อเม็ดแร่ จากการทดลองสามารถให้ปิโตเลียมไหลซึมกักเก็บในเนื้อหินได้ สังเกตได้จากการทดลองที่น้ำมันที่เปรียบเทียบเป็นปิโตรเลียมซึมไปในเนื้อหินทราย ดังนั้นการมีรูพรุนในเนื้อหินเพื่อให้ปิโตเลียมซึมผ่านจึงเป็นลักษณะสำคัญของหินกักเก็บปิโตเลียม) | ไม่ครบ เชื่อมโยงเหตุผลไม่ครบถ้วน ขาดเหตุผลหรือข้อมูลประกอบ) | เหมาะสม (ไม่มีคำตอบที่ถูกต้องหรือไม่มีคำตอบ) |

**สถานการณ์ที่ 2: โรคเลือดออกตามไรฟัน**

โรคเลือดออกตามไรฟัน หรือ โรคลักปิดลักเปิด (Scurvy) เป็นโรคที่เกิดจากการขาดวิตามินซี ซึ่งจำเป็นต่อการสังเคราะห์คอลลาเจนในร่างกายของเรา โรคเลือดออกตามไรฟัน เป็นเพียงอาการเริ่มต้นของโรคเหงือกอักเสบและโรคทางช่องปาก และบาดแผลบริเวณเหงือก เป็นที่สะสมของเชื้อแบคทีเรียก่อให้เกิดโรคเหงือกและฟันต่าง ๆ มากมายตามมา คำแนะนำสำหรับการป้องกันและรักษาโรคเลือดออกตามไรฟัน เบื้องต้น ควรรับประทานวิตามิน ซี ให้เพียงพอต่อความต้องการของร่างกาย สามารถพบวิตามินซีได้จากรับประทานผักผลไม้ที่ให้วิตามิน ซี สูงจะสามารถช่วยป้องกันและรักษาโรคเลือดออกตามไรฟันได้ ปริมาณวิตามินซี ในผักผลไม้สดชนิดต่าง ๆ 100 กรัม มีดังนี้

| ผักผลไม้ | ปริมาณวิตามินซีใน 100 กรัม |
|---|---|
| มะนาว | มีวิตามินซี 29.1 มิลลิกรัม |
| มะม่วง | มีวิตามินซี 36.4 มิลลิกรัม |
| สับปะรด | มีวิตามินซี 47.8 มิลลิกรัม |
| กะหล่ำดอก | มีวิตามินซี 48.2 มิลลิกรัม |
| ชะอม | มีวิตามินซี 58 มิลลิกรัม |
| สตรอว์เบอร์รี | มีวิตามินซี 58.8 มิลลิกรัม |
| มะละกอ | มีวิตามินซี 60.9 มิลลิกรัม |
| ส้มโอ | มีวิตามินซี 61 มิลลิกรัม |
| พุทรา | มีวิตามินซี 69 มิลลิกรัม |
| กะหล่ำดาว | มีวิตามินซี 85 มิลลิกรัม |
| บรอกโคลี | มีวิตามินซี 89.2 มิลลิกรัม |
| ระกำ | มีวิตามินซี 91.72 มิลลิกรัม |
| กีวี | มีวิตามินซี 92.7 มิลลิกรัม |
| ผักเคล | มีวิตามินซี 120 มิลลิกรัม |
| ผักปวยเล้ง | มีวิตามินซี 120 มิลลิกรัม |
| ใบมะรุม | มีวิตามินซี 141 มิลลิกรัม |
| ผักคะน้า | มีวิตามินซี 147 มิลลิกรัม |
| ฝรั่ง | มีวิตามินซี 160 มิลลิกรัม |
| พริกหวานสีเหลือง | มีวิตามินซี 183.5 มิลลิกรัม |
| มะขามป้อม | มีวิตามินซี 276 มิลลิกรัม |

**ที่มา:**

โรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์สภากาชาดไทย. โรคเลือดออกตามไรฟัน [ออนไลน์]. 2022. แหล่งที่มา: https://citly.me/Tvu7c [16 กรกฎาคม 2566]

**จากข้อมูลข้างต้น จงตอบคำถามเหล่านี้โดยการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์(CER)**

1. หากนักเรียนต้องการป้องกันโรคเลือดออกตามไรฟัน ควรรับประทานผักผลไม้ชนิดใด

ผักผลไม้ที่มีวิตามินซีสูง ได้แก่ ฝรั่ง มะขามป้อม มะละกอ ระกำ ผักคะน้า ผักป่วยเล้ง พริกหวานสีเหลือง

2. ระบุข้อมูลของคำตอบข้อ 1 จากข้อมูลที่กำหนดให้

ข้อมูล คือ จากข้อมูลปริมาณวิตามินซี ในผักผลไม้เหล่านี้ พบว่าแต่ละชนิดมีวิตามินซีมากกว่า 100 มิลลิกรัมต่อผักผลไม้ 100 กรัม จึงสรุปได้ว่าเป็นผลไม้ที่มีวิตามินซีสูง

3. ระบุเหตุผลที่ใช้สนับสนุนคำตอบข้อ 1 จากความรู้/ ประสบการณ์เดิมของนักเรียน

วิตามินซี ในผักผลไม้ สามารถช่วยป้องกันและรักษาโรคเลือดออกตามไรฟันได้ สอดคล้องกับข้อมูลสาเหตุโรคเลือดออกตามไรฟัน หรือ โรคลักปิดลักเปิด เป็นโรคที่เกิดจากการขาดวิตามินซี ซึ่งจำเป็นต่อการสังเคราะห์คอลลาเจนในร่างกายของเรา เมื่อขาดวิตามินซี จึงทำเลือดออกตามไรฟัน ดังนั้นหากเป็นโรคเลือดออกตามไรฟัน จึงควรรับประทานผลไม้ที่มีวิตามินซีสูง

4. สรุปข้อค้นพบเกี่ยวกับเรื่องวิตามินซีกับโรคเลือดออกตามไรฟันสรุปเป็นข้อความที่มีการเชื่อมโยง CER

โรคเลือดออกตามไรฟัน สามารถป้องกันและรักษาได้โดยการรับประทานผักผลไม้ที่มีวิตามินซีสูง ยกตัวอย่างเช่น ฝรั่ง มะขามป้อม มะละกอ ระกำ ผักคะน้า ผักป่วยเล้ง พริกหวานสีเหลือง ที่มีปริมาณวิตามินซีสูงกว่า 100 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม เนื่องเกิดจากร่างกายขาดวิตามินซี ทำให้การสร้างคลอลาเจนผิดปกติ เกิดเลือดออกตามไรฟัน การรับประทานผักผลไม้ที่มีวิตามินซี สูงจะช่วยให้การสร้างคลอลาเจนเป็นปกติ และไม่เป็นโรคเลือดออกตามไรฟันได้

**เกณฑ์การให้คะแนน**

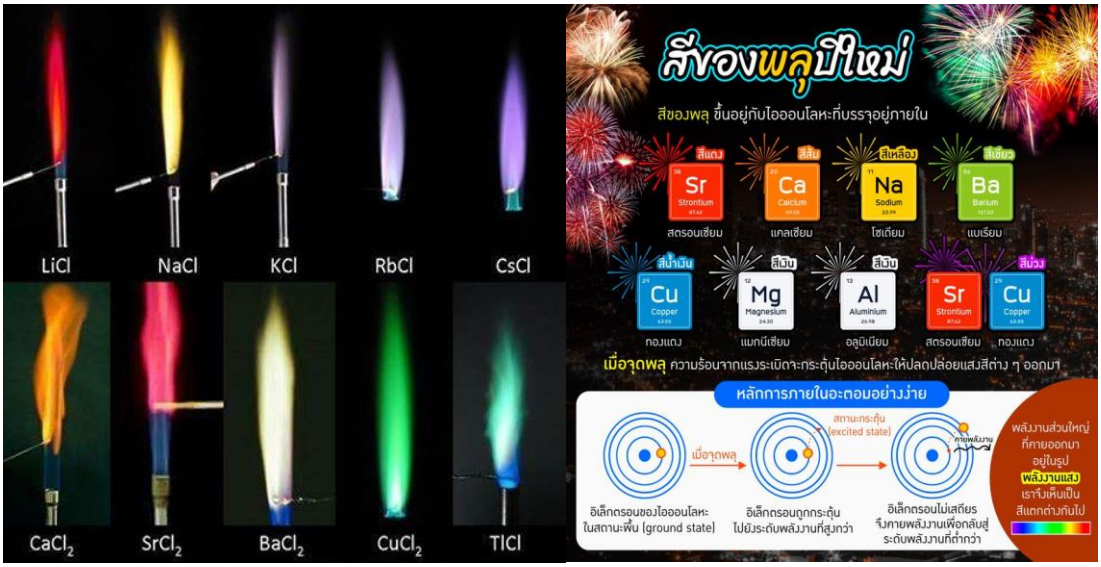
| องค์ประกอบ | ระดับคะแนน | | |
|---|---|---|---|
| | 2 | 1 | 0 |
| **ข้อกล่าวอ้าง (ข้อ 1)** | เขียนข้อกล่าวอ้างได้ถูกต้องและชัดเจน (ผักผลไม้ที่มีวิตามินซีสูง ได้แก่ ฝรั่ง มะขามป้อม มะละกอ ระกำ ผักคะน้า ผักป่วยเล้ง พริกหวานสีเหลือง *ชนิดของผัก/ ผลไม้มาก หรือน้อยกว่านี้ได้) | เขียนข้อกล่าวอ้างถูกต้อง แต่ไม่ชัดเจน หรือไม่ครบถ้วน (ผลไม้ที่มีรสเปรี้ยว หรือผัก/ ผลไม้ที่มีวิตามินซี สูง) | ไม่เขียนข้อกล่าวอ้าง หรือเขียนข้อกล่าวอ้างไม่ถูกต้อง (ไม่มีคำตอบที่ถูกต้อง หรือไม่มีคำตอบ) |
| **ข้อมูล (ข้อ 2)** | แสดงข้อมูลได้เหมาะสมและมีจำนวนเพียงพอต่อการสนับสนุน ข้อกล่าวอ้าง (ข้อมูลคือ จากข้อมูลปริมาณวิตามินซี ในผักผลไม้เหล่านี้ พบว่าแต่ละชนิดมีวิตามินซีมากกว่า 100 มิลลิกรัมต่อผักผลไม้ 100 กรัม จึงสรุปได้ว่าเป็นผลไม้ที่มีวิตามินซีสูง) | แสดงข้อมูลได้เหมาะสมแต่ไม่เพียงพอ มีข้อมูลบางประการที่ไม่เหมาะสมอยู่ด้วย (ขาดวิตามินซี แต่ไม่กล่าวถึงการสังเคราะห์คอลลาเจน) | ไม่มีการแสดงข้อมูล หรือแสดงข้อมูลที่ไม่เหมาะสม ข้อมูลไม่สนับสนุนข้อกล่าวอ้าง (ไม่มีคำตอบที่ถูกต้อง หรือไม่มีคำตอบ) |
| **การให้เหตุผล (ข้อ 3)** | แสดงเหตุผลที่เชื่อมโยงข้อมูลไปสู่ข้อกล่าวอ้าง (วิตามินซี ในผักผลไม้สามารถช่วยป้องกันและรักษาโรคเลือดออกตามไรฟันได้ สอดคล้องกับข้อมูลสาเหตุโรคเลือดออกตามไรฟัน หรือ โรคลักปิดลักเปิด เป็นโรคที่เกิดจากการขาดวิตามินซี ซึ่งจำเป็นต่อการสังเคราะห์คอลลาเจนในร่างกายของเรา เมื่อขาดวิตามินซี จึงทำเลือดออกตามไรฟัน ดังนั้น หากเป็นโรคเลือดออกตามไรฟัน จึงควรรับประทานผลไม้ที่มีวิตามินซีสูง) | มีการแสดงเหตุผลที่เชื่อมโยงกับข้อกล่าวอ้าง แต่ไม่เพียงพอ (ผลไม้ที่มีรสเปรี้ยว ส่วนมากจะให้วิตามินซีสูง แต่ไม่ได้กล่าวถึงความเป็นกรดของวิตามินซี) | ไม่มีการแสดงเหตุผลหรือแสดงเหตุผลที่ไม่เชื่อมโยงข้อมูลกับข้อกล่าวอ้าง มีการให้เหตุผลที่ไม่เหมาะสม (ไม่มีคำตอบที่ถูกต้อง หรือไม่มีคำตอบ) |

| องค์ประกอบ | ระดับคะแนน | | |
|---|---|---|---|
| | 2 | 1 | 0 |
| **สร้างคำอธิบาย (ข้อ 4)** | แสดงเหตุผลที่เชื่อมโยงข้อมูลไปสู่ข้อกล่าวอ้าง รวมถึงใช้ข้อมูลเชิงวิทยาศาสตร์ได้อย่างเหมาะสม เพียงพอ (โรคเลือดออกตามไรฟัน สามารถป้องกันและรักษาได้โดยการรับประทานผักผลไม้ที่มีวิตามินซีสูง ยกตัวอย่างเช่น ฝรั่ง มะขามป้อม มะละกอ ระกำ ผักคะน้า ผักป่วยเล้ง พริกหวานสีเหลือง ที่มีปริมาณวิตามินซีสูงกว่า 100 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม เนื่องเกิดจากร่างกายขาดวิตามินซี ทำให้การสร้างคลอลาเจนผิดปกติ เกิดเลือดออกตามไรฟัน การรับประทานผักผลไม้ที่มีวิตามินซีสูงจะช่วยให้การสร้างคลอลาเจน เป็นปกติ และไม่เป็นโรคเลือดออกตามไรฟันได้) | มีการแสดงเหตุผลที่เชื่อมโยงกับข้อกล่าวอ้าง แต่ไม่เพียงพอ (กล่าวถึงการวิตามินซีช่วยป้องกันโรคเลือกออกตามไรฟันได้ แต่ขาดการเชื่อมโยงข้อมูล หรือเหตุผลประกอบ) | ไม่มีการแสดงเหตุผลหรือแสดงเหตุผลที่ไม่เชื่อมโยงข้อมูลกับข้อกล่าวอ้าง มีการให้เหตุผลที่ไม่เหมาะสม (ไม่มีคำตอบที่ถูกต้อง หรือไม่มีคำตอบ) |

**สถานการณ์ที่ 3: สีพลุปีใหม่**

เทศกาลปีใหม่ถือเป็นงานเฉลิมฉลองวันแห่งความสุขสุดยิ่งใหญ่ นอกจากกิจกรรมการแสดงและร้านค้าขายของต่าง ๆ แล้ว อีกหนึ่งไฮไลท์ของงาน ก็คือ การจุดพลุเฉลิมฉลองการก้าวเข้าสู่ปีใหม่ สร้างความตื่นตาตื่นใจทุกครั้งที่ได้รับชม **กลไกที่เกิดขึ้นในพลุ** พลุมีส่วนผสมหลัก คือ ดินปืนกับสารประกอบโลหะ เมื่อเราจุดไฟที่ชนวนของพลุ พลุระเบิดออก สารประกอบโลหะคายความพลังงานออกมาให้สีสันสวยงามอย่างที่เราเห็นบนท้องฟ้า

สีของพลุ ต่างชนิดกันและให้สีสันที่แตกต่างกันขึ้นกับชนิดของโลหะในสารประกอบ เช่นเดียวกับการทดลองตรวจดูสีของเปลวไฟ (flam test) เมื่อนำสารประกอบโลหะหลายชนิดไปเผา ให้แสงสีสวยงามต่างกัน จึงใช้หลักการนี้ในการผลิตพลุสีสวยงามในงานเฉลิมฉลอง




**ที่มา:**

IPST Thailand. สีของพลุปีใหม่[ออนไลน์]. 2022. แหล่งที่มา: https://www.scimath.org/article-science/item/12736-2022-12-29-07-15-10 [19 มิถุนายน 2566]

**จากข้อมูลข้างต้น จงตอบคำถามเหล่านี้โดยการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ (CER)**

1. ทำไมพลุให้แสงสีแตกต่างกัน

โลหะในสารประกอบแต่ละชนิดในส่วนประกอบของพลุให้แสงสีแตกต่างกัน พลุจึงให้แสงสีที่หลากหลาย

2. ระบุข้อมูลของคำตอบข้อ 1 จากข้อมูลที่กำหนดให้

จากการทดลองตรวจดูสีของเปลวไฟ (flam test) เมื่อนำสารประกอบที่มีโลหะต่างชนิดกัน ไปเผาให้แสงสีต่างกัน

3. ระบุเหตุผลที่ใช้สนับสนุนคำตอบข้อ 1 จากความรู้/ ประสบการณ์เดิมของนักเรียน

เมื่อจุดพลุ จะเกิดการระเบิดและความร้อน โลหะในสารประกอบที่อยู่พลุจะทำการคายความร้อนออกมาในรูปแบบแสงสีต่างๆกัน โลหะแต่ละชนิดคายพลังงานออกมาไม่เท่ากัน พลุสีจึงแตกต่างกัน

.....

.....

.....

4. สรุปข้อค้นพบเกี่ยวกับเรื่องสีพลุปีใหม่ (สรุปเป็นข้อความที่มีการเชื่อมโยง CER)

สีของพลุปีใหม่ พลุให้สีสันที่แตกต่างกันขึ้นกับชนิดของโลหะในสารประกอบ ข้อมูลจากการทดสอบสีของเปลวไฟ พบว่า โลหะในสารประกอบแต่ละชนิดให้เปลวไฟที่สีต่างกัน สอดคล้องกับการคายพลังงานของโลหะ เมื่อจุดพลุ จะเกิดการระเบิดและความร้อน โลหะในสารประกอบที่อยู่พลุจะทำการคายความร้อนออกมาในรูปแบบแสงสีต่างๆกัน โลหะแต่ละชนิดคายพลังงานออกมาไม่เท่ากัน พลุสีจึงแตกต่างกัน .....

.....

.....

**เกณฑ์การให้คะแนน**

| **องค์ประกอบ** | **ระดับคะแนน** | | |
|---|---|---|---|
| | **2** | **1** | **0** |
| **ข้อกล่าวอ้าง (ข้อ 1)** | เขียนข้อกล่าวอ้างได้ถูกต้องและชัดเจน (สารประกอบแต่ละชนิดในส่วนประกอบของพลุให้แสงสีแตกต่างกัน) | เขียนข้อกล่าวอ้างถูกต้องแต่ไม่ชัดเจนหรือไม่ครบถ้วน (แตกต่างแต่ไม่บอกว่าต่างอย่างไร) | ไม่เขียนข้อกล่าวอ้างหรือเขียนข้อกล่าวอ้างไม่ถูกต้อง (ไม่มีคำตอบที่ถูกต้อง หรือไม่มีคำตอบ) |
| **ข้อมูล (ข้อ 2)** | แสดงข้อมูลได้เหมาะสมและมีจำนวนเพียงพอต่อการสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง (จากการทดลองตรวจดูสีของเปลวไฟ (flam test) เมื่อนำ | แสดงข้อมูลได้เหมาะสมแต่ไม่เพียงพอ มีข้อมูลบางประการที่ไม่เหมาะสมอยู่ด้วย (สีที่ต่างกัน แต่ไม่กล่าวถึงโลหะที่ต่างชนิดกัน) | ไม่มีการแสดงข้อมูลหรือแสดงข้อมูลที่ไม่เหมาะสม ข้อมูลไม่สนับสนุนข้อกล่าวอ้าง (ไม่มีคำตอบ |

| องค์ประกอบ | ระดับคะแนน | | |
|---|---|---|---|
| | 2 | 1 | 0 |
| | สารประกอบที่มีโลหะต่างชนิดกัน ไปเผา ให้แสงสีต่างกัน) | | ที่ถูกต้อง หรือไม่มีคำตอบ) |
| **การให้เหตุผล (ข้อ 3)** | แสดงเหตุผลที่เชื่อมโยงข้อมูลไปสู่ข้อกล่าวอ้าง รวมถึงใช้ข้อมูลเชิงวิทยาศาสตร์ได้อย่างเหมาะสม เพียงพอ (เมื่อจุดพลุ จะเกิดการระเบิดและความร้อน โลหะในสารประกอบที่อยู่พลุจะทำการคายความร้อนออกมาในรูปแบบแสงสีต่าง ๆ กัน โลหะแต่ละชนิดคายพลังงานออกมาไม่เท่ากัน พลุสีจึงแตกต่างกัน) | มีการแสดงเหตุผลที่เชื่อมโยงกับข้อกล่าวอ้าง แต่ไม่เพียงพอ (กล่าวถึงความแตกต่างของชนิดของสารประกอบโลหะ แต่ไม่กล่าวถึง โลหะการคายพลังงานรูปแสงที่ต่างกันที่ต่างกันแล้วเกิดสีพลุต่างกัน) | ไม่มีการแสดงเหตุผลหรือแสดงเหตุผลที่ไม่เชื่อมโยงข้อมูลกับข้อกล่าวอ้าง มีการให้เหตุผลที่ไม่เหมาะสม (ไม่มีคำตอบที่ถูกต้องหรือไม่มีคำตอบ) |
| **การสร้างคำอธิบาย (ข้อ 4)** | แสดงเหตุผลที่เชื่อมโยงข้อมูลไปสู่ข้อกล่าวอ้าง รวมถึงใช้ข้อมูลเชิงวิทยาศาสตร์ได้อย่างเหมาะสม เพียงพอ (สีของพลุปีใหม่ พลุให้สีสันที่แตกต่างกันขึ้นกับชนิดของโลหะในสารประกอบ ข้อมูลจากการทดสอบสีของเปลวไฟ พบว่า โลหะในสารประกอบแต่ละชนิด | มีการแสดงเหตุผลที่เชื่อมโยงกับข้อกล่าวอ้าง แต่ไม่เพียงพอ (โลหะแค่ละชนิดมีการคายพลังงานรูปของสีต่างกัน แต่ไม่ยกตัวอย่าง/ ข้อมูลหรือเหตุผลประกอบครบถ้วน) | ไม่มีการแสดงเหตุผลหรือแสดงเหตุผลที่ไม่เชื่อมโยงข้อมูลกับข้อกล่าวอ้าง มีการให้เหตุผลที่ไม่เหมาะสม (ไม่มีคำตอบที่ถูกต้องหรือไม่มีคำตอบ) |

| องค์ประกอบ | ระดับคะแนน | | |
|---|---|---|---|
| | 2 | 1 | 0 |
| | ให้เปลวไฟที่สีต่างกัน สอดคล้องกับการคาย พลังงานของโลหะ เมื่อจุด พลุ จะเกิดการระเบิด และความร้อน โลหะใน สารประกอบที่อยู่พลุจะทำ การคายความร้อนออกมา ในรูปแบบแสงสีต่าง ๆ กัน โลหะแต่ละชนิดคาย พลังงานออกมาไม่เท่ากัน พลุสีจึงแตกต่างกัน) | | |

# แบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์หลังเรียน

## แบบวัดการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์หลังเรียน

**คำชี้แจง**

1. แบบวัดมีทั้งหมด 3 สถานณการณ์ โดยแต่ละสถานการณ์ประกอบด้วย 4 คำถามที่ต้องสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ คะแนนเต็มทั้งหมด 24 คะแนน ระยะเวลาในการทำ 60 นาที โดยให้ผู้ตอบแบบวัดเขียนคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ ตามองค์ประกอบของคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์อย่างละเอียด

| กรอบองค์ประกอบของคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ |
|---|
| **คำกล่าวอ้าง(Claim)**<br>ข้อสรุปที่เป็นคำตอบของคำถามหรือปัญหาที่กำหนด |
| **ข้อมูล (Evidence)**<br>ข้อมูลเชิงวิทยาศาสตร์ที่สนับสนุนคำกล่าวอ้างหรือข้อสรุป ข้อมูลนี้จะต้องเหมาะสม และเพียงพอสำหรับสนับสนุนคำกล่าวอ้างหรือข้อสรุป |
| **เหตุผล (Reasoning)**<br>ข้อความที่เป็นความรู้ ทฤษฎี/ หลักการ/ ข้อเท็จจริงที่เป็นที่รับรู้และยอมรับได้ นำมาใช้สนับสนุนคำกล่าวอ้างที่มีการเชื่อมโยงกับข้อมูลแล้วตัดสินว่าข้อมูลที่ใช้สนับสนุนคำกล่าวอ้างหรือข้อสรุป นั้นเหมาะสมเพียงพอและอ้างอิงได้ตามหลักการทางวิทยาศาสตร์/ ข้อเท็จจริงที่พิสูจน์ได้/ ความคิดเห็นที่มีความน่าเชื่อถือ |

**สถานการณ์ที่ 1: พืชดอก**

**พืชดอก** เป็นพืชที่มีดอก เป็นส่วนต่อจากกิ่ง มีขนาด รูปร่าง และสีแตกต่างกันไปตามชนิดของพืช ดอกเป็นอวัยวะของพืชที่ทำหน้าที่สืบพันธุ์ ดอกของพืชส่วนใหญ่มีสีสวยงามและกลิ่นหอม เพื่อล่อแมลงให้มาช่วยผสมเกสรให้แก่พืช การจำแนกประเภทของพืชดอก โดยใช้เกณฑ์ดังนี้

1. ดอกสมบูรณ์ คือ ดอกที่มีกลีบเลี้ยง กลีบดอก เกสรตัวผู้ เกสรตัวเมีย ครบทั้ง 4 ส่วน
2. ดอกไม่สมบูรณ์ คือ ดอกที่มีส่วนประกอบไม่ครบทั้ง 4 ส่วน
3. ดอกสมบูรณ์เพศ คือ ดอกที่มีทั้งเกสรตัวผู้และเกสรตัวเมียอยู่ในดอกเดียวกัน
4. ดอกไม่สมบูรณ์เพศ คือ ดอกที่มีแต่เกสรตัวผู้หรือเกสรตัวเมียอย่างใดอย่างหนึ่ง

**ตารางข้อมูลส่วนประกอบของดอกไม้แต่ละชนิด**

| ชนิดดอกไม้ | องค์ประกอบใน 1 ดอก | | | |
|---|---|---|---|---|
| | กลีบดอก | กลีบเลี้ยง | เกสรเพศผู้ | เกสรเพศเมีย |
| **ดอกพริก** | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ |
| **ดอกบัว** | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ |
| **ดอกมะเขือ** | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ |
| **ดอกหน้าวัว** | - | - | ✓ | ✓ |
| **ดอกเฟื่องฟ้า** | ✓ | ✓ | อยู่คนละดอก | |
| **ดอกมะพร้าว** | ✓ | - | อยู่คนละดอก | |

**จากข้อมูลข้างต้น จงตอบคำถามเหล่านี้โดยการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์(CER)**

1. ดอกสมบูรณ์เพศต้องเป็นดอกสมบูรณ์ด้วยหรือไม่

ดอกสมบูรณ์เพศ ไม่จำเป็นต้องเป็นดอกสมบูรณ์เสมอไป

2. ระบุข้อมูลของคำตอบข้อ 1 จากข้อมูลที่กำหนดให้

อ้างอิงจากส่วนประกอบของดอกไม้ ในตาราง เช่น ดอกหน้าวัว มีเกสรตัวผู้และเกสรตัวเมีย เป็นดอกสมบูรณ์เพศแต่ไม่ใช่ดอกสมบูรณ์ ส่วนดอกบัว ดอกพริก ดอกมะเขือ มีส่วนประกอบทั้ง เกสรตัวผู้ เกสรตัวเมีย กลีบเลี้ยง กลีบดอก จึงเป็นดอกสมบูรณ์เพศและเป็นดอกสมบูรณ์

3. ระบุเหตุผลที่ใช้สนับสนุนคำตอบข้อ 1 จากความรู้/ประสบการณ์เดิมของนักเรียน

การจำแนกประเภทของพืชดอก ดอกสมบูรณ์และดอกสมบูรณ์เพศ โดยใช้เกณฑ์ต่างกันดังนี้ ดอกสมบูรณ์ คือ ดอกที่มีกลีบเลี้ยง กลีบดอก เกสรตัวผู้ เกสรตัวเมีย ครบทั้ง 4 ส่วน ส่วนดอกสมบูรณ์เพศ คือ ดอกที่มีทั้งเกสรตัวผู้และเกสรตัวเมียอยู่ในดอกเดียวกัน

4. สรุปข้อค้นพบเกี่ยวกับเรื่องดอกสมบูรณ์ และดอกสมบูรณ์เพศ (สรุปเป็นข้อความที่มีการเชื่อมโยง CER)

ดังนั้น ดอกสมบูรณ์ทุกชนิดเป็นดอกสมบูรณ์เพศ แต่ดอกสมบูรณ์เพศทุกชนิดไม่ใช่ดอกสมบูรณ์ อ้างอิงจากส่วนประกอบของดอกไม้ ในตาราง เช่น ดอกหน้าวัว มีเกสรตัวผู้และเกสรตัวเมีย เป็นดอกสมบูรณ์เพศแต่ไม่ใช่ดอกสมบูรณ์ ส่วนดอกบัว ดอกพริก ดอกมะเขือ มีส่วนประกอบทั้ง เกสรตัวผู้ เกสรตัวเมีย กลีบเลี้ยง กลีบดอก จึงเป็นดอกสมบูรณ์เพศและเป็นดอกสมบูรณ์ด้วย จากหลักการการจำแนกประเภทของพืชดอก ดอกสมบูรณ์และดอกสมบูรณ์เพศ โดยใช้เกณฑ์ต่างกันดังนี้ ดอกสมบูรณ์ คือ ดอกที่มีกลีบเลี้ยง กลีบดอก เกสรตัวผู้ เกสรตัวเมีย ครบทั้ง 4 ส่วน ส่วนดอกสมบูรณ์เพศ คือ ดอกที่มีทั้งเกสรตัวผู้และเกสรตัวเมียอยู่ในดอกเดียวกัน

**เกณฑ์การให้คะแนน**

| องค์ประกอบ | ระดับคะแนน | | |
|---|---|---|---|
| | 2 | 1 | 0 |
| **ข้อกล่าวอ้าง (ข้อ 1)** | เขียนข้อกล่าวอ้างได้ถูกต้องและชัดเจน ดังนี้ (ดอกสมบูรณ์เพศไม่จำเป็นต้องเป็นดอกสมบูรณ์เสมอไป) | เขียนข้อกล่าวอ้างถูกต้องแต่ไม่ชัดเจนหรือไม่ครบถ้วน (ดอกสมบูรณ์เป็นดอกสมบูรณ์เพศเพราะมีเกสรเพศผู้และเกสรเพศเมีย) | ไม่เขียนข้อกล่าวอ้างหรือเขียนข้อกล่าวอ้างไม่ถูกต้อง (ไม่มีคำตอบที่ถูกต้อง หรือไม่มีคำตอบ) |
| **ข้อมูล (ข้อ 2)** | จากการบันทึกข้อมูลของการสังเกตแสดงข้อมูลได้เหมาะสมและมีจำนวนเพียงพอต่อการสนับสนุน | แสดงข้อมูลไม่ครบครอบคลุมข้อกล่าวอ้างทั้งหมดได้เหมาะสม แต่ไม่เพียงพอ มีข้อมูลบาง | ไม่มีการแสดงข้อมูลหรือแสดงข้อมูลที่ไม่เหมาะสม ข้อมูลไม่สนับสนุนข้อกล่าวอ้าง |

| องค์ประกอบ | ระดับคะแนน | | |
|---|---|---|---|
| | 2 | 1 | 0 |
| | ข้อกล่าวอ้าง ดังนี้ (จากตารางส่วนประกอบของดอกไม้ เช่น ดอกหน้าวัว มีเกสรตัวผู้และเกสรตัวเมีย เป็นดอกสมบูรณ์เพศแต่ไม่ใช่ดอกสมบูรณ์ ส่วนดอกบัว ดอกพริก ดอกมะเขือ มีส่วนประกอบทั้ง เกสรตัวผู้ เกสรตัวเมีย กลีบเลี้ยง กลีบดอก จึงเป็นดอกสมบูรณ์เพศและเป็นดอกสมบูรณ์) | ประการที่ไม่เหมาะสมอยู่ด้วย (ดอกหน้าวัวมีส่วนประกอบเกสรเพศผู้ เกสรเพศเมีย แต่ไม่ได้กล่าวถึงตารางข้อมูล) | (ไม่มีคำตอบที่ถูกต้องหรือไม่มีคำตอบ) |
| **การให้เหตุผล (ข้อ 3)** | แสดงเหตุผลที่เชื่อมโยงข้อมูลไปสู่ข้อกล่าวอ้าง รวมถึงใช้ข้อมูลเชิงวิทยาศาสตร์ได้อย่างเหมาะสม เพียงพอ (จากนิยามความรู้ทางชีววิทยา จำแนกประเภทของพืชดอก ดอกสมบูรณ์และดอกสมบูรณ์เพศ โดยใช้เกณฑ์ต่างกันดังนี้ ดอกสมบูรณ์ คือ ดอกที่มีกลีบเลี้ยง กลีบดอก เกสรตัวผู้ เกสรตัวเมีย ครบทั้ง 4 ส่วน ส่วนดอกสมบูรณ์เพศ คือ | มีการแสดงเหตุผลที่เชื่อมโยงกับข้อกล่าวอ้าง แต่ไม่เพียงพอ (บอกนิยามของดอกสมบูรณ์ แต่ไม่อ้างอิงกับนิยามของดอกสมบูรณ์เพศ ที่มีเกสรเพศผู้และเกสรเพศ เมียอยู่ภายในดอกเดียวกัน) | ไม่มีการแสดงเหตุผล หรือแสดงเหตุผลที่ไม่เชื่อมโยงข้อมูลกับข้อกล่าวอ้าง มีการให้เหตุผลที่ไม่เหมาะสม (ไม่มีคำตอบที่ถูกต้อง หรือไม่มีคำตอบ) |

| องค์ประกอบ | ระดับคะแนน | | |
|---|---|---|---|
| | 2 | 1 | 0 |
| | ดอกที่มีทั้งเกสรตัวผู้และเกสรตัวเมียอยู่ในดอกเดียวกัน | | |
| **การสร้างคำอธิบาย (ข้อ 4)** | แสดงเหตุผลที่เชื่อมโยงข้อมูลไปสู่ข้อกล่าวอ้าง รวมถึงใช้ข้อมูลเชิงวิทยาศาสตร์ได้อย่างเหมาะสม เพียงพอ (ดังนั้น ดอกสมบูรณ์ทุกชนิดเป็นดอกสมบูรณ์เพศ แต่ดอกสมบูรณ์เพศทุกชนิดไม่ใช่ดอกสมบูรณ์ อ้างอิงจากส่วนประกอบของดอกไม้ ในตาราง เช่น ดอกหน้าวัว มีเกสรตัวผู้และเกสรตัวเมีย เป็นดอกสมบูรณ์เพศแต่ไม่ใช่ดอกสมบูรณ์ ส่วนดอกบัว ดอกพริก ดอกมะเขือ มีส่วนประกอบทั้ง เกสรตัวผู้ เกสรตัวเมีย กลีบเลี้ยง กลีบดอก จึงเป็นดอกสมบูรณ์เพศและเป็นดอกสมบูรณ์ด้วย จากหลักการการจำแนกประเภทของพืชดอก ดอกสมบูรณ์และดอกสมบูรณ์เพศ โดยใช้เกณฑ์ต่างกันดังนี้ ดอกสมบูรณ์ | มีการแสดงเหตุผลที่เชื่อมโยงกับข้อกล่าวอ้าง แต่ไม่เพียงพอ (ดอกสมบูรณ์เพศทุกดอกเป็นดอกสมบูรณ์ แต่ขาดการอธิบายความต่างของ ส่วนประกอบของดอกสมบูรณ์เพศต่างจากดอกสมบูรณ์ ที่ดอกสมบูรณ์เพศ ต้องมี เกสรเพศผู้และเพศเมีย ส่วนดอกสมบูรณ์ ต้องมีครบทั้ง 4 ส่วน คือ เกสรเพศผู้เพศเมีย กลีบดอก กลีบเลี้ยง) | ไม่มีการแสดงเหตุผลหรือแสดงเหตุผลที่ไม่เชื่อมโยงข้อมูลกับข้อกล่าวอ้าง มีการให้เหตุผลที่ไม่เหมาะสม (ไม่มีคำตอบที่ถูกต้อง หรือไม่มีคำตอบ) |

| องค์ประกอบ | ระดับคะแนน | | |
|---|---|---|---|
| | 2 | 1 | 0 |
| | คือ ดอกที่มีกลีบเลี้ยง กลีบดอก เกสรตัวผู้ เกสรตัวเมีย ครบทั้ง 4 ส่วน ส่วนดอกสมบูรณ์เพศ คือ ดอกที่มีทั้งเกสรตัวผู้และเกสรตัวเมียอยู่ในดอกเดียวกัน) | | |

**สถานการณ์ที่ 2:** ลูกโป่งสวรรค์

ลูกโป่งสวรรค์ข้างในจะถูกบรรจุด้วยแก๊สที่มีน้ำหนักเบากว่าอากาศภายนอก ได้แก่ แก๊สไฮโดรเจน หรือแก๊สฮีเลียม ซึ่งมีน้ำหนักเบากว่าอากาศและทำให้ลูกโป่งสามารถลอยขึ้นบนอากาศได้ แม้แก๊สทั้ง 2 ชนิดนี้จะมีคุณสมัติที่คล้ายกันคือเบากว่าอากาศ แต่ยังมีคุณสมบัติด้านอื่น ๆ ที่แตกต่างกัน และต้องให้ความสำคัญอย่างมากก่อนนำมาใช้ทำลูกโป่งสวรรค์

ภาพสาธิตแสดงให้เห็นอันตรายจากการระเบิดของลูกโป่งไฮโดรเจนเมื่อกระทบความร้อนหรือประกายไฟ

แก๊สไฮโดรเจน ($H_2$) มีความว่องไวในการเกิดปฏิกิริยาสูง เป็นแก๊สไวไฟ เมื่อมีการจุดไฟ หรือมีประกายไฟ แก๊สจะสามารถลุกติดไฟ และสามารถขยายออกให้เป็นลูกไฟหรืออาจลุกติดไฟลามต่อไปได้ ถ้าลูกโป่งอยู่ติดกันเป็นจำนวนมากหรือติดกันเป็นพวง แล้วเกิดประกายไฟขึ้น

ส่วนแก๊สฮีเลียมนั้น (He) มีคุณสมบัติเบากว่าอากาศเช่นเดียวกัน แต่แตกต่างกันตรงที่แก๊สชนิดนี้ไม่ไวไฟและเฉื่อยต่อการเกิดปฏิกิริยาอย่างมาก แต่มีข้อเสียตรงที่มีราคาที่สูงกว่า

**จากข้อมูลข้างต้น จงตอบคำถามเหล่านี้โดยการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์(CER)**

1. แก๊สที่ควรใช้บรรจุในลูกโป่งสวรรค์ควรเป็นแก๊สใด และมีสมบัติอย่างไร

แก๊สฮีเลียม เพราะมีสมบัติ มีน้ำหนักเบากว่าอากาศและไม่ไวไฟ .....

.....

2. ระบุข้อมูลของคำตอบข้อ 1 จากข้อมูลที่กำหนดให้

แก๊สฮีเลียม เมื่อบรรจุในลูกโป่งสวรรค์เป็นแก๊สที่มีน้ำหนักเบากว่าอากาศจึงจะทำให้ลูกโป่งลอยได้ และแก๊สฮีเลียมมีสมบัติไม่ไวไฟ อ้างอิงจากภาพเพราะแก๊สที่ไวไฟอย่างแก๊สไฮโดรเจน จะเสี่ยงเกิดอันตราย เกิดการระเบิดและลุกไหม้ เมื่อลูกโป่งสวรรค์กระทบความร้อนหรือประกายไฟสามารถขยายออกให้เป็นลูกไฟหรืออาจลุกติดไฟลามต่อไปได้.....

.....

3. ระบุเหตุผลที่ใช้สนับสนุนคำตอบข้อ 1 จากความรู้/ ประสบการณ์เดิมของนักเรียน

แก๊สฮีเลียม และแก๊สไฮโดรเจน ซึ่งมีน้ำหนักเบากว่าอากาศและทำให้ลูกโป่งสามารถลอยขึ้นบนอากาศได้เหมือนกันแต่ความปลอดภัยต่างกัน เพราะ ฮีเลียม เป็นแก๊สไม่ไวไฟและเฉื่อยต่อการเกิดปฏิกิริยาอย่างมากจึงปลอดภัยเมื่ออยู่ใกล้ประกายไฟและแต่แก๊สไฮโดรเจนไวไฟและไวต่อการเกิดปฏิกิริยามาก ง่ายต่อการระเบิดและติดไฟ.....

.....

4. สรุปข้อค้นพบเกี่ยวกับเรื่องแก๊สที่ใช้บรรจุในลูกโป่งสวรรค์ (สรุปเป็นข้อความที่มีการเชื่อมโยง CER)

แก๊สที่บรรจุในลูกโป่งสวรรค์ ต้องมีสมบัติเบากว่าอากาศและไม่ไวไฟ เช่น แก๊สฮีเลียม อ้างอิงจากภาพแก๊สที่มีสมบัติไวไฟอย่างแก๊สไฮโดรเจน จะเสี่ยงเกิดอันตรายจากการระเบิดและลุกไหม้ เมื่อลูกโป่งกระทบความร้อนหรือประกายไฟ สอดคล้องกับสมบัติทางเคมี แก๊สฮีเลียม และแก๊สไฮโดรเจน ซึ่งมีน้ำหนักเบากว่าอากาศและทำให้ลูกโป่งสามารถลอยขึ้นบนอากาศได้เหมือนกันแต่ความปลอดภัยต่างกัน เพราะ ฮีเลียม เป็นแก๊สไม่ไวไฟและเฉื่อยต่อการเกิดปฏิกิริยาอย่างมากจึงปลอดภัยเมื่ออยู่ใกล้ประกายไฟและแต่แก๊สไฮโดรเจนไวไฟและไวต่อการเกิดปฏิกิริยามาก ง่ายต่อการระเบิดและติดไฟ จึงควรใช้แก๊สฮีเลียมบรรจุลูกโป่งสวรรค์เพื่อความปลอดภัย

.....

.....

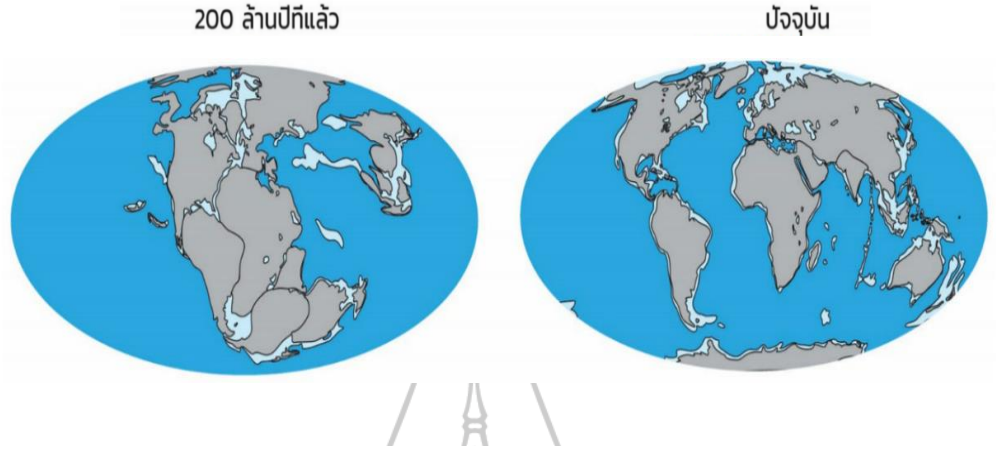
**เกณฑ์การให้คะแนน**

| องค์ประกอบ | ระดับคะแนน | | |
|---|---|---|---|
| | 2 | 1 | 0 |
| **ข้อกล่าวอ้าง (ข้อ 1)** | เขียนข้อกล่าวอ้างได้ถูกต้องและชัดเจน (แก๊สฮีเลียม เพราะมีสมบัติมีน้ำหนักเบากว่าอากาศและไม่ไวไฟ) | เขียนข้อกล่าวอ้างถูกต้องแต่ไม่ชัดเจนหรือไม่ครบถ้วน (ตอบเพียงบรรจุด้วยแก๊สฮีเลียม หรือ แก๊สที่ไม่ติดไฟ หรือไม่บอกสมบัติครบถ้วน) | ไม่เขียนข้อกล่าวอ้างหรือเขียนข้อกล่าวอ้างไม่ถูกต้อง (ไม่มีคำตอบที่ถูกต้อง หรือไม่มีคำตอบ) |
| **ข้อมูล (ข้อ 2)** | แสดงข้อมูลได้เหมาะสมและมีจำนวนเพียงพอต่อ การสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง (แก๊สฮีเลียมเมื่อบรรจุในลูกโป่งสวรรค์เป็นแก๊สที่มีน้ำหนักเบากว่าอากาศจึงจะทำให้ลูกโป่งลอยได้ และแก๊สฮีเลียมมีสมบัติไม่ไวไฟ อ้างอิงจากภาพเพราะแก๊สที่ไวไฟอย่างแก๊สไฮโดรเจนจะเสี่ยงเกิดอันตราย เกิดการระเบิดและลุกไหม้เมื่อลูกโป่งสวรรค์กระทบความร้อนหรือประกายไฟสามารถขยายออกให้เป็นลูกไฟหรืออาจลุกติดไฟลามต่อไปได้ ) | แสดงข้อมูลได้เหมาะสมแต่ไม่เพียงพอ มีข้อมูลบางประการที่ไม่เหมาะสมอยู่ด้วย (ลูกโป่งที่บรรจุด้วยแก๊สฮีเลียมไม่ไวไฟและเฉื่อยต่อการเกิดปฏิกิริยาอย่างมาก จึงมีความปลอดภัย ขาดการเปรียบเทียบ สมบัติของแก๊สไฮโดรเจน) | ไม่มีการแสดงข้อมูลหรือแสดงข้อมูลที่ไม่เหมาะสม ข้อมูลไม่สนับสนุนข้อกล่าวอ้าง (ไม่มีคำตอบที่ถูกต้องหรือไม่มีคำตอบ) |

| องค์ประกอบ | ระดับคะแนน | | |
|---|---|---|---|
| | 2 | 1 | 0 |
| **การให้เหตุผล (ข้อ 3)** | แสดงเหตุผลที่เชื่อมโยงข้อมูลไปสู่ข้อกล่าวอ้าง รวมถึงใช้ข้อมูลเชิงวิทยาศาสตร์ได้อย่างเหมาะสม เพียงพอ (แก๊สฮีเลียม และแก๊สฮไฮโดรเจน ซึ่งมีน้ำหนักเบากว่าอากาศและทำให้ลูกโป่งสามารถลอยขึ้นบนอากาศได้เหมือนกัน แต่ความปลอดภัยต่างกัน เพราะฮีเลียม เป็นแก๊สไม่ไวไฟและเฉื่อยต่อการเกิดปฏิกิริยาอย่างมาก จึงปลอดภัยเมื่ออยู่ใกล้ประกายไฟและแต่แก๊สไฮโดรเจนไวไฟและไวต่อการเกิดปฏิกิริยามาก ง่ายต่อการระเบิดและติดไฟ) | มีการแสดงเหตุผลที่เชื่อมโยงกับข้อกล่าวอ้าง แต่ไม่เพียงพอ (บอกสมบัติของแก๊สไฮโดรเจน หรือ แก๊สฮีเลียมไม่ครบถ้วนพอที่ให้เห็นถึงความแตกต่าง) | ไม่มีการแสดงเหตุผล หรือแสดงเหตุผลที่ไม่เชื่อมโยงข้อมูลกับข้อกล่าวอ้าง มีการให้เหตุผลที่ไม่เหมาะสม (ไม่มีคำตอบที่ถูกต้อง หรือไม่มีคำตอบ) |
| **การสร้างคำอธิบาย (ข้อ 4)** | แสดงเหตุผลที่เชื่อมโยงข้อมูลไปสู่ข้อกล่าวอ้าง รวมถึงใช้ข้อมูลเชิงวิทยาศาสตร์ได้อย่างเหมาะสม เพียงพอ (แก๊สที่บรรจุในลูกโป่งสวรรค์ต้องมีสมบัติเบากว่าอากาศและไม่ไวไฟ เช่น แก๊สฮีเลียม อ้างอิงจาก | มีการแสดงเหตุผลที่เชื่อมโยงกับข้อกล่าวอ้าง แต่ไม่เพียงพอ (ขาดการเชื่อมโยงถึงสมบัติของแก๊สไวไฟและไม่ไวไฟ ที่เกี่ยวข้องกับอันตราย หรือ ขาดการเชื่อมโยงแก๊สต้องมีนน้ำหนักเบากว่าอากาศ) | ไม่มีการแสดงเหตุผล หรือแสดงเหตุผลที่ไม่เชื่อมโยงข้อมูลกับข้อกล่าวอ้าง มีการให้เหตุผลที่ไม่เหมาะสม (ไม่มีคำตอบที่ถูกต้อง หรือไม่มีคำตอบ) |

| องค์ประกอบ | ระดับคะแนน | | |
|---|---|---|---|
| | 2 | 1 | 0 |
| | ภาพแก๊สที่มีสมบัติไวไฟ อย่างแก๊สไฮโดรเจน จะเสี่ยงเกิดอันตรายจาก การระเบิดและลุกไหม้ เมื่อลูกโป่งกระทบความ ร้อนหรือประกายไฟ. สอดคล้องกับสมบัติ ทางเคมี. แก๊สฮีเลียม และแก๊สไฮโดรเจน ซึ่งมี น้ำหนักเบากว่าอากาศ และทำให้ลูกโป่งสามารถ ลอยขึ้นบนอากาศ ได้เหมือนกันแต่ความ ปลอดภัยต่างกัน เพราะ ฮีเลียม เป็นแก๊สไม่ ไวไฟและเฉื่อยต่อการ เกิดปฏิกิริยาอย่างมาก จึงปลอดภัยเมื่ออยู่ใกล้ ประกายไฟและแต่แก๊ส ไฮโดรเจนไวไฟและไวต่อ การเกิดปฏิกิริยามาก ง่าย ต่อการระเบิดและติดไฟ จึงควรใช้แก๊สฮีเลียมบรรจุ ลูกโป่งสวรรค์เพื่อความ ปลอดภัย) | | |

**สถานการณ์ที่ 3:** แนวคิดทวีปเคลื่อน




ภาพที่ 1 มหาทวีป "พันเจีย" และแผนที่โลกปัจจุบัน

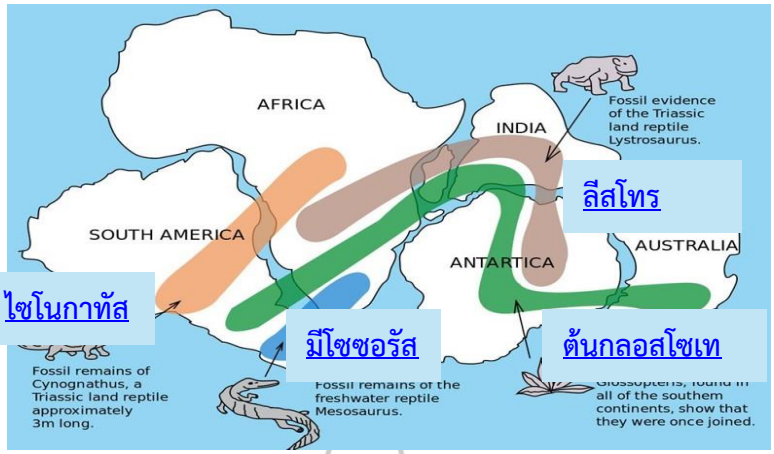
อัลเฟรด เวเกเนอร์ (Alfred Wegener) นักอุตุนิยมวิทยาชาวเยอรมันในต้นคริสต์ศตวรรษที่ 20 เขาได้ตั้งสมมติฐานว่า เมื่อประมาณสองร้อยล้านปีมาแล้ว ทวีปทั้งหลายเคยอยู่ชิดติดกันเป็นมหาทวีปชื่อว่า พันเจีย หนึ่งในข้อมูลสนับสนุนแนวคิดทวีปเคลื่อนของเวเกเนอร์ คือ ฟอสซิล นักธรณีวิทยาพบว่าทวีปที่สันนิษฐานว่า เคยอยู่ชิดติดกัน จะมีซากฟอสซิลที่เหมือนกัน เช่น

ไซโนกาทัส สัตว์เลื้อยคลานในยุคไทรแอสสิคอาศัยอยู่ในบราซิลและแอฟริกา

ลีสโทรซอรัส อาศัยอยู่ในแอฟริกา อินเดีย และแอนตาร์กติก

มีโซซอรัส อาศัยอยู่ในตอนใต้ของอเมริกาใต้และแอฟริกา

ต้นกลอสโซเทรีส เคยแพร่พันธุ์อยู่ในอเมริกา แอฟริกา อินเดีย แอนตาร์กติก




ภาพที่ 2 การแพร่พันธุ์ของสัตว์ในอดีต

**ที่มา:**

สันติ ภัยหลบลี้. 4 ข้อมูลชวนเชื่อ “ทวีปเคลื่อนที่ได้” กับความซอกช้ำของเวเกเนอร์[ออนไลน์]. 2022. แหล่งที่มา: www.mitrearth.org [6 สิงหาคม 2566]

**จากข้อมูลข้างต้น จงตอบคำถามเหล่านี้โดยการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์(CER)**

1. ตำแหน่งของทวีปที่อยู่บนโลกตามแผ่นที่สามารถขยับปรับเปลี่ยนได้หรือไม่

ทวีปต่าง ๆ บนโลกมีการเคลื่อนที่ได้

2. ระบุข้อมูลของคำตอบข้อ 1 จากข้อมูลที่กำหนดให้

ข้อมูลจาก นักธรณีพบฟอสซิลเหมือนกันในหลายทวีป ที่ปัจจุบันอยู่ห่างกัน ยกตัวอย่างเช่น ลีสโทรซอรัส พบเคยอาศัยอยู่ในแอฟริกา อินเดีย และแอนตาร์กติก

3. ระบุเหตุผลที่ใช้สนับสนุนคำตอบข้อ 1 จากความรู้/ ประสบการณ์เดิมของนักเรียน

จากข้อมูลของฟอสซิลที่เหมือนกัน ในหลายทวีป ที่ปัจจุบันอยู่ห่างกันมาก เวเนเกอร์จึงตั้งสันนิฐานได้ว่าทวีปเหล่านี้เคยอยู่ชิดติดกัน และทวีปค่อยๆเคลื่อนตัวแยกออกจากกันในเวลาต่อมา เสนอเป็นแนวคิดทวีปเคลื่อน

4. สรุปข้อค้นพบเกี่ยวกับเรื่องทวีปเคลื่อน สรุปเป็นข้อความที่มีการเชื่อมโยง CER

แนวคิดทวีปเคลื่อน กล่าวว่า ทวีปต่าง ๆ บนโลกมีการเลื่อนเคลื่อนที่ได้ จากข้อมูลที่นักธรณีพบฟอสซิลของพืชและสัตว์เคยอาศัยอยู่ในหลายทวีป ที่ปัจจุบันอยู่ห่างกันมาก ตัวอย่างเช่น ลีสโทรซอรัส เคยอาศัยอยู่ในแอฟริกา อินเดีย และแอนตาร์กติก จึงสันนิฐานได้ว่า ทวีปเหล่านี้เคยอยู่ชิดติดกัน และทวีปค่อย ๆ เคลื่อนตัวแยกออกจากกันในเวลาต่อมา จนกลายเป็นแผนที่โลกปัจจุบัน

**เกณฑ์การให้คะแนน**

| องค์ประกอบ | ระดับคะแนน | | |
|---|---|---|---|
| | 2 | 1 | 0 |
| **ข้อกล่าวอ้าง (ข้อ 1)** | เขียนข้อกล่าวอ้างได้ถูกต้องและชัดเจน (ทวีปต่าง ๆ บนโลกมีการเคลื่อนที่ได้) | เขียนข้อกล่าวอ้างถูกต้อง แต่ไม่ชัดเจนหรือไม่ครบถ้วน (คิดว่าได้/ อาจจะได้) | ไม่เขียนข้อกล่าวอ้าง หรือเขียนข้อกล่าวอ้างไม่ถูกต้อง (ไม่มีคำตอบที่ถูกต้อง หรือไม่มีคำตอบ) |
| **ข้อมูล (ข้อ 2)** | แสดงข้อมูลได้เหมาะสมและมีจำนวนเพียงพอต่อการสนับสนุน ข้อกล่าวอ้าง (ข้อมูลจาก นักธรณีพบฟอสซิลเหมือนกัน ในหลายทวีป ที่ปัจจุบันอยู่ห่างกัน ยกตัวอย่าง เช่น ลีสโทรซอรัส พบเคยอาศัยอยู่ในแอฟริกา อินเดีย และแอนตาร์กติก) | แสดงข้อมูลได้เหมาะสม แต่ไม่เพียงพอ มีข้อมูลบางประการที่ไม่เหมาะสมอยู่ด้วย (ข้อมูลจากภาพที่ 1 แผนที่โลกอดีตที่จำลองขึ้นและปัจจุบัน) | ไม่มีการแสดงข้อมูล หรือแสดงข้อมูลที่ไม่เหมาะสม ข้อมูลไม่สนับสนุนข้อกล่าวอ้าง (ไม่มีคำตอบที่ถูกต้อง หรือไม่มีคำตอบ) |
| **การให้เหตุผล (ข้อ 3)** | แสดงเหตุผลที่เชื่อมโยงข้อมูลไปสู่ข้อกล่าวอ้าง รวมถึงใช้ข้อมูลเชิงวิทยาศาสตร์ได้อย่างเหมาะสม เพียงพอ (จากข้อมูลของฟอสซิลที่เหมือนกัน ในหลายทวีปที่ปัจจุบันอยู่ห่างกันมาก เวเนเกอร์จึงตั้งสันนิฐานได้ว่า | มีการแสดงเหตุผลที่เชื่อมโยงกับข้อกล่าวอ้าง แต่ไม่เพียงพอ (พบฟอซิสเหมือนกันในหลายทวีป แสดงว่าในอดีตทวีปอยู่ติดกัน ไม่กล่าวถึง แนวคิดทวีปเลื่อนของเวเกเนอร์) | ไม่มีการแสดงเหตุผล หรือแสดงเหตุผลที่ไม่เชื่อมโยงข้อมูลกับข้อกล่าวอ้าง มีการให้เหตุผลที่ไม่เหมาะสม (ไม่มีคำตอบที่ถูกต้อง หรือไม่มีคำตอบ) |

| องค์ประกอบ | ระดับคะแนน | | |
|---|---|---|---|
| | 2 | 1 | 0 |
| | ทวีปเหล่านี้เคยอยู่ชิดติดกัน และทวีปค่อยๆเคลื่อนตัวแยกออกจากกันในเวลาต่อมา เสนอเป็นแนวคิดทวีปเคลื่อน) | | |
| **การสร้างคำอธิบาย (ข้อ 4)** | แสดงเหตุผลที่เชื่อมโยงข้อมูลไปสู่ข้อกล่าวอ้าง รวมถึงใช้ข้อมูลเชิงวิทยาศาสตร์ได้อย่างเหมาะสม เพียงพอ (แนวคิดทวีปเคลื่อน เชื่อว่า ทวีปต่าง ๆ บนโลกมีการเลื่อนเคลื่อนที่ได้ จากข้อมูลที่นักธรณีพบฟอสซิลของพืชและสัตว์เคยอาศัยอยู่ในหลายทวีป ที่ปัจจุบันอยู่ห่างกันมาก ตัวอย่างเช่น ลีสโทรซอรัส เคยอาศัยอยู่ในแอฟริกา อินเดีย และแอนตาร์กติก จึงสันนิฐานได้ว่า ทวีปเหล่านี้เคยอยู่ชิดติดกัน และทวีปค่อย ๆ เคลื่อนตัวแยกออกจากกันในเวลาต่อมา จนกลายเป็นแผนที่โลกปัจจุบัน) | มีการแสดงเหตุผลที่เชื่อมโยงกับข้อกล่าวอ้าง หรือข้อกล่าวอ้างแต่ไม่เพียงพอ (แนวคิดทวีปเคลื่อน เชื่อว่า ทวีปต่าง ๆ บนโลกมีการเลื่อนเคลื่อนที่ได้ ไม่เชื่อมโยงข้อมูลและเหตุผลประกอบ) | ไม่มีการแสดงเหตุผลหรือแสดงเหตุผลที่ไม่เชื่อมโยงข้อมูลกับข้อกล่าวอ้าง มีการให้เหตุผลที่ไม่เหมาะสม (ไม่มีคำตอบที่ถูกต้องหรือไม่มีคำตอบ) |

# ประวัติผู้วิจัย

| | |
|---|---|
| **ชื่อ** | นางสาวเนตรทราย ประเสริฐผล |
| **วัน เดือน ปี เกิด** | 2 พฤษภาคม 2536 |
| **สถานที่เกิด** | อำเภอเมืองตาก จังหวัดตาก |
| **ประวัติการศึกษา** | ศึกษาศาสตรบัณฑิต (ศษ.บ. การสอนวิทยาศาสตร์) มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ พ.ศ. 2559 |
| **สถานที่ทำงาน** | โรงเรียนผดุงปัญญา อำเภอเมืองตาก จังหวัดตาก |
| **ตำแหน่ง** | ครูชำนาญการ |

มหาวิทยาลัย
สุโขทัยธรรมาธิราช