ผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง พันธะเคมี ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมีและความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนวัดสุทธิวราราม กรุงเทพมหานคร

นางสาวเสาวรภย์ แสงอรุณ

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต
วิชาเอกวิทยาศาสตร์ศึกษา สาขาวิชาศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช
พ.ศ. 2563

The Effects of Using the Model-Based Instruction in the Topic of Chemical Bonding on Chemistry Learning Achievement and Scientific Creative Thinking of Grade 10 Students at Wat Suthi Wararam School in Bangkok Metropolis

Miss Saowarop Saengaroon

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for
the Degree of Master of Education in Science Educational
School of Educational Studies
Sukhothai Thammathirat Open University
2020

หัวข้อวิทยานิพนธ์	ผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง พันธะเคมี ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมีและความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนวัดสุทธิวราราม กรุงเทพมหานคร
ชื่อและนามสกุล	นางสาวเสาวรภย์ แสงอรุณ
วิชาเอก	วิทยาศาสตร์ศึกษา
สาขาวิชา	ศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช
อาจารย์ที่ปรึกษา	1. รองศาสตราจารย์ ดร.นวลจิตต์ เชาวกีรติพงศ์ 2. รองศาสตราจารย์ ดร.ดวงเดือน สุวรรณจินดา

วิทยานิพนธ์นี้ ได้รับความเห็นชอบให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรระดับปริญญาโท เมื่อวันที่ 25 กุมภาพันธ์ 2564

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(อาจารย์ ดร.กุลธิดา นุกูลธรรม)

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

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

..... ประธานกรรมการบัณฑิตศึกษา
(รองศาสตราจารย์ ดร.สมพร พุทธาพิทักษ์ผล)

ชื่อวิทยานิพนธ์ ผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง พันธะเคมี ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน วิชาเคมีและความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนวัดสุทธิวราราม กรุงเทพมหานคร

ผู้วิจัย นางสาวเสาวรภย์ แสงอรุณ **รหัสนักศึกษา** 2612001145 **ปริญญา** ศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต (วิทยาศาสตร์ศึกษา) **อาจารย์ที่ปรึกษา** (1) รองศาสตราจารย์ ดร.นวลจิตต์ เชาวกีรติพงศ์ (2) รองศาสตราจารย์ ดร.ดวงเดือน สุวรรณจินดา **ปีการศึกษา** 2563

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่อง พันธะเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานกับนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ 2) เปรียบเทียบความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานกับนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ และ 3) เปรียบเทียบความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียน

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์ - คณิตศาสตร์ โรงเรียนวัดสุทธิวราราม 2 ห้องเรียน จำนวน 89 คน ได้มาโดยการสุ่มแบบกลุ่ม แล้วจับสลากให้ห้องหนึ่งเป็นกลุ่มทดลอง อีกห้องหนึ่งเป็นกลุ่มควบคุม เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ 1) แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน 2) แผนการจัดการเรียนรู้แบบปกติ 3) แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี และ 4) แบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้ร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน การวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วม และการทดสอบค่าที

ผลการวิจัยพบว่า 1) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่อง พันธะเคมี ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานสูงกว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 2) ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานสูงกว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และ 3) ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

คำสำคัญ การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี พันธะเคมี ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ มัธยมศึกษา

Thesis title: The Effects of Using the Model-based Instruction in the Topic of Chemical Bonding on Chemistry Learning Achievement and Scientific Creative Thinking of Grade 10 Students at Wat Suthi Wararam School in Bangkok Metropolis
Researcher: Miss Saowarop Saengaroon; **ID:** 2612001145;
Degree: Master of Education (Science Education);
Thesis advisors: (1) Dr.Nuanjid Chaowakeratipong, Associate Professor;
(2) Dr.Duongdearn Suwanjinda, Associate Professor; **Academic year:** 2020

Abstract

The purposes of this research were to 1) compare chemistry learning achievement in the topic of chemical bonding of grade 10 students who learned by using the model-based instruction and students who learned by using the traditional instruction, 2) compare scientific creative thinking of students who learned by using the model-based instruction and students who learned by using the traditional instruction, and 3) compare scientific creative thinking of the students before and after learning by using the model-based instruction.

The research sample consisted of 89 Grade 10 students in 2 intact classrooms in the Science-Mathematic Program of Wat Suthi Wararam School in Bangkok Metropolis, obtained by cluster random sampling. One class was randomly assigned as an experimental group and the other class was assigned as a control group. The research instruments were 1) learning management plans by using the model-based instruction, 2) learning management plans by using the traditional instruction, 3) a chemistry learning achievement test, and 4) a scientific creative thinking test. The statistics used for data analysis were the percentage, mean, standard deviation, analysis of covariance and t-test.

The results showed that; 1) the chemistry learning achievement in the topic of chemical bonding of the students who learned by using the model-based instruction was significantly higher than that of the students who learned by using the traditional instruction at the .05 level of statistical significance, 2) the scientific creative thinking of the students who learned by using the model-based instruction was significantly higher than that of the students who learned by using the traditional instruction at the .05 level of statistical significance, and 3) the scientific creative thinking of the students after learning by using the model-based instruction was significantly higher than that of their before learning at the .05 level of statistical significance.

Keywords: Model-based instruction, Chemistry Learning Achievement, Chemical Bonding, Scientific Creative Thinking, Secondary Education

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จสมบูรณ์ลุล่วงด้วยดีเนื่องจากได้รับความกรุณา คำชี้แนะและความช่วยเหลืออย่างดียิ่งจาก รองศาสตราจารย์ ดร.นวลจิตต์ เชาวกีรติพงศ์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และรองศาสตราจารย์ ดร.ดวงเดือน สุวรรณจินดา อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งและขอขอบพระคุณในความกรุณาของท่านทั้งสองมาไว้ ณ โอกาสนี้

ขอขอบพระคุณ อาจารย์ดร.กุลธิดา นุกูลธรรม ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ที่ให้ความกรุณาในการให้คำแนะนำและแนะแนวทางในการปรับปรุงวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ให้สมบูรณ์ รวมถึงคณาจารย์ผู้ทรงคุณวุฒิ 3 ท่าน ได้แก่ คุณครูขนิษฐา สารปรัง ครูชำนาญการพิเศษ โรงเรียนกุมภวาปี จังหวัดอุดรธานี คุณครูสุชาดา จิตจำ ครูชำนาญการพิเศษ โรงเรียนนวมินทราชูทิศ ทักษิณ จังหวัดสงขลา และคุณครูณัฐชา พัฒนา ครู โรงเรียนปากช่อง จังหวัดนครราชสีมา ที่กรุณาเป็นผู้เชี่ยวชาญในการตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย และให้คำแนะนำที่เป็นประโยชน์ในการพัฒนาเครื่องมือวิจัยเป็นอย่างดี

ขอขอบพระคุณ ผู้อำนวยการโรงเรียนวัดสุทธิวราราม ที่ให้การส่งเสริมและสนับสนุนการทำวิจัยในครั้งนี้ และขอขอบคุณนักเรียนที่ให้ความร่วมมือในการวิจัยเป็นอย่างดี

ขอขอบคุณ ครอบครัวของผู้วิจัยที่คอยสนับสนุนและให้กำลังใจ รวมทั้งขอขอบคุณเพื่อน พี่ น้อง เอกวิทยาศาสตร์ศึกษาทุกคนที่ให้ความช่วยเหลือและให้กำลังใจแก่ผู้วิจัยเสมอมา

คุณค่าและประโยชน์พึงมีจากการศึกษาวิจัยนี้ ผู้วิจัยขอน้อมบูชาพระคุณบิดามารดาและบูรพาจารย์ทุกท่านที่ได้อบรมสั่งสอนวิชาความรู้ ให้ความเมตตาแก่ผู้วิจัยตลอดมา และเป็นกำลังใจสำคัญที่ทำให้การวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี

เสาวรภย์ แสงอรุณ

กุมภาพันธ์ 2564

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ
กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ
สารบัญตาราง ..... ฌ
สารบัญภาพ ..... ญ
บทที่ 1 บทนำ 1
ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1
วัตถุประสงค์การวิจัย 5
กรอบแนวคิดการวิจัย 5
สมมติฐานการวิจัย 5
ขอบเขตการวิจัย 6
นิยามศัพท์เฉพาะ 6
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 7
บทที่ 2 วรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง 8
แนวคิดเกี่ยวกับแบบจำลอง 9
การใช้แบบจำลองในการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ 11
การใช้แบบจำลองในการจัดการเรียนรู้วิชาเคมี 21
ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ 25
ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ 31
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 39
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย 43
ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง 43
เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย 43
การเก็บรวบรวมข้อมูล 50
การวิเคราะห์ข้อมูล 50

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล 53

ตอนที่ 1 การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมีของนักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน กับนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ 53

ตอนที่ 2 การศึกษาความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน กับนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ 54

ตอนที่ 3 การศึกษาความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียน 55

บทที่ 5 สรุปการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ 57

สรุปการวิจัย 57

อภิปรายผล 59

ข้อเสนอแนะ 65

บรรณานุกรม 67

ภาคผนวก 73

ก รายชื่อผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือวิจัย 74

ข ตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้ 76

ค ตัวอย่างเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล 96

ประวัติผู้วิจัย 108

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 2.1 บทบาทของครูและนักเรียนในการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน 20
ตารางที่ 2.2 การแปลความหมายค่าความยาก 30
ตารางที่ 2.3 การแปลความหมายค่าอำนาจจำแนก 30
ตารางที่ 3.1 กรอบแนวคิดการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน 44
ตารางที่ 3.2 ตารางวิเคราะห์ข้อสอบ 47
ตารางที่ 4.1 ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมีของนักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน กับนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ 53
ตารางที่ 4.2 ผลการเปรียบเทียบความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน กับนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ 54
ตารางที่ 4.3 ผลการเปรียบเทียบความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียน 55
ตารางที่ 4.4 ผลการเปรียบเทียบความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ด้านความคิดคล่อง (Fluency) ด้านความคิดยืดหยุ่น (Flexibility) ด้านความคิดริเริ่ม (Originality) และด้านความคิดละเอียดละออ (Elaboration) ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียน 56

สารบัญภาพ

หน้า

ภาพที่ 1.1 กรอบแนวคิดในการวิจัย) 5
ภาพที่ 2.1 รูปแบบการจัดเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน 18
ภาพที่ 2.2 การนำเสนอแนวคิดทางเคมี 3 ระดับ 21

บทที่ 1
บทนำ

1. ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

วิทยาศาสตร์มีบทบาทสำคัญอย่างยิ่งในสังคมโลกปัจจุบันและอนาคต เพราะวิทยาศาสตร์เกี่ยวข้องกับชีวิตของทุกคน ทั้งในชีวิตประจำวันและในอาชีพต่าง ๆ รวมถึงสิ่งของเครื่องใช้ ผลผลิตต่าง ๆ ที่อำนวยความสะดวกในชีวิตและการทำงาน สิ่งเหล่านี้ล้วนเป็นผลของความรู้ทางวิทยาศาสตร์ผสมผสานกับความคิดสร้างสรรค์และศาสตร์อื่น ๆ ความรู้ทางวิทยาศาสตร์มีส่วนช่วยในการพัฒนาเทคโนโลยีอย่างมาก อีกทั้งวิทยาศาสตร์ยังช่วยให้คนได้พัฒนาวิธีคิด ทั้งความคิดเป็นเหตุเป็นผล คิดสร้างสรรค์ คิดวิเคราะห์ มีทักษะในการค้นคว้าหาความรู้ และสามารถแก้ปัญหาได้อย่างเป็นระบบ ดังนั้น ทุกคนจึงจำเป็นต้องได้รับการพัฒนาให้รู้วิทยาศาสตร์ (กระทรวงศึกษาธิการ, 2551) นอกจากนี้ความเข้มแข็งทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยียังเป็นพื้นฐานสำคัญที่จะทำให้เกิดการพัฒนาเศรษฐกิจของประเทศ และเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันกับประเทศอื่น ๆ (ณัฐชา พัฒนา, 2562)

แผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติฉบับที่ 12 (พ.ศ. 2560 - 2564) จึงมุ่งเน้นการพัฒนาประเทศไปสู่ประเทศที่พัฒนาแล้ว โดยเร่งพัฒนาปัจจัยพื้นฐานเชิงยุทธศาสตร์ในทุกด้าน รวมถึงการพัฒนาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และนวัตกรรม ซึ่งจะต้องให้ความสำคัญกับการใช้องค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ผลงานวิจัยและพัฒนา ความก้าวหน้าทางเทคโนโลยี นวัตกรรมและความคิดสร้างสรรค์อย่างเข้มข้น (สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ, 2560) สำนักงานนวัตกรรมแห่งชาติได้กำหนดยุทธศาสตร์การดำเนินงานในช่วงปี 2562 – 2565 โดยมุ่งผลักดันประเทศไทยให้ไปสู่ “ประเทศแห่งนวัตกรรม (Innovation Nation)” กล่าวคือ เป็นประเทศที่พร้อมเติบโตและสามารถสร้างนวัตกรรมอันนำไปสู่ความเปลี่ยนแปลงในการขับเคลื่อนเศรษฐกิจและสังคมได้ (สำนักงานนวัตกรรมแห่งชาติ, 2562) และทักษะหนึ่งที่ทำให้เกิดการพัฒนานวัตกรรมได้ คือ ความคิดสร้างสรรค์ ซึ่งถือเป็นหนึ่งในทักษะสำคัญของการเรียนรู้และนวัตกรรมในศตวรรษที่ 21 (อารี พันธ์มณี, 2537) เพราะความคิดสร้างสรรค์จะนำไปสู่การค้นพบใหม่ ๆ ทางวิทยาศาสตร์ การเคลื่อนไหวทางด้านศิลปะ การประดิษฐ์คิดค้นสิ่งใหม่ ตลอดจนการแก้ปัญหา และการพัฒนาสังคมในรูปแบบใหม่ ความคิดสร้างสรรค์จึงเข้ามามีบทบาทสำคัญทั้งในระดับโลก ระดับชาติ ระดับองค์กร ระดับสถาบันการศึกษา จนถึงระดับปัจเจกบุคคล (เกรียงศักดิ์ เจริญวงศ์ศักดิ์, 2563) ระบบการศึกษาจึงต้องให้ความสำคัญกับการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียน อีกทั้งในศตวรรษที่ 21 สถานการณ์โลกมีความแตกต่างจากศตวรรษที่ 20 และ 19 เนื่องจากความก้าวหน้าทาง

เทคโนโลยีทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงวิถีการดำเนินชีวิตของคนในปัจจุบันหลายด้าน รวมถึงการเข้าถึงแหล่งข้อมูลและการเรียนรู้ที่ไม่มีข้อจำกัด ระบบการศึกษาต้องมีการพัฒนาเพื่อให้สอดคล้องกับภาวะความเป็นจริง ดังนั้น เครือข่ายองค์กรความร่วมมือเพื่อทักษะการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 (Partnership for 21st Century Skills) หรือเครือข่าย P21 มีความเห็นว่า เด็กและเยาวชนจำเป็นต้องมีทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม (วรางรัตน์ เสนาสิงห์, 2562) เพื่อเป็นการเตรียมความพร้อมสำหรับโลกในศตวรรษที่ 21 และตอบสนองนโยบายของรัฐบาลในการผลักดันประเทศไทยสู่ประเทศแห่งนวัตกรรม โดยมุ่งพัฒนากำลังคนด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี ให้สามารถแข่งขันได้ในระดับนานาชาติ เพื่อนำไปสู่การสร้างสรรค์นวัตกรรมใหม่ ๆ แต่ในช่วงหลายปีที่ผ่านมา กำลังคนด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยีมีแนวโน้มลดลง เป็นผลมาจากนักเรียนที่สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนปลายเลือกศึกษาต่อด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ลดลง (ณัฐชา พัฒนา, 2562) และจากผลการประเมินสมรรถนะนักเรียนมาตรฐานสากล (Programme for International Student Assessment หรือ PISA) ในปี 2018 พบว่าประเทศไทยมีคะแนนเฉลี่ยด้านวิทยาศาสตร์ เท่ากับ 426 คะแนน ซึ่งอยู่ในระดับต่ำกว่ากลุ่มองค์การความร่วมมือทางเศรษฐกิจและการพัฒนา (Organization for Economic Co-operation and Development หรือ OECD) ที่มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 489 (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2562)

เคมีเป็นสาขาหนึ่งของวิชาวิทยาศาสตร์ที่มีความสำคัญต่อการดำรงชีวิตของมนุษย์ ซึ่งจะเห็นได้ว่าในปัจจุบันมีการนำความรู้ทางด้านเคมีมาประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมหลายประเภท เช่น อาหาร ยารักษาโรค เครื่องสำอาง และสิ่งทอ เป็นต้น การศึกษาในประเทศไทย ได้กำหนดให้เนื้อหาวิชาเคมีอยู่ในสาระที่ 2 วิทยาศาสตร์กายภาพ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ฉบับปรับปรุง 2560 (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2560) จากการพิจารณารายงานการประเมินผลการศึกษาระดับชาติ (O-net) โดยสถาบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ (องค์การมหาชน) พบว่า ผลการทดสอบวิชาวิทยาศาสตร์ ในสาระสารและสมบัติของสารซึ่งเป็นสาระการเรียนรู้ในวิชาเคมี ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนวัดสุทธิวราราม ปีการศึกษา 2562 มีคะแนนเฉลี่ยต่ำกว่าคะแนนเฉลี่ยระดับประเทศ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4-6 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ โรงเรียนวัดสุทธิวราราม ยังไม่เป็นที่น่าพอใจ โดยในปีการศึกษา 2561 มีผลการเรียนวิชาเคมีอยู่ในระดับระดับต่ำกว่าระดับดี (ต่ำกว่าเกรด 3) คิดเป็น ร้อยละ 40.32 และในการศึกษา 2562 มีผลการเรียนวิชาเคมีอยู่ในระดับระดับต่ำกว่าระดับดี (ต่ำกว่าเกรด 3) คิดเป็นร้อยละ 48.56 สะท้อนให้เห็นถึงปัญหาในการจัดการเรียนรู้และควรได้รับการแก้ไข ซึ่งการที่ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมีต่ำ อาจเป็นเพราะวิชาเคมีเป็นวิชาที่มีเนื้อหาที่เป็นนามธรรมซับซ้อน ไม่สามารถสังเกตได้โดยง่าย จึงเป็นเรื่องยากสำหรับนักเรียนที่จะเข้าใจแนวคิดทางเคมี การอธิบายด้วยศัพท์เฉพาะทางวิทยาศาสตร์ การใช้ภาษาสัญลักษณ์ การทับศัพท์ภาษาอังกฤษ หรือการบัญญัติคำภาษาไทยเป็นคำที่ไม่คุ้นเคย ทำให้นักเรียนอาจไม่เข้าใจภาษาสัญลักษณ์ทางเคมี จึงเป็นอุปสรรคในการ

เรียนวิชาเคมี ซึ่ง Johnstone, A.H. (1993) อ้างถึงใน พัชรี ร่มพยอม วิชัยดิษฐ (2562) ได้จำแนกการนำเสนอแนวคิดทางเคมีไว้ 3 ระดับ คือ ระดับมหภาค (Macroscopic Level) หมายถึง ปรากฏการณ์ที่ผู้เรียนสามารถสังเกตเห็นหรือจับต้องได้ ระดับอนุภาค (Microscopic Level) หมายถึง คำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ในระดับอะตอม โมเลกุล หรือไอออน และระดับภาษาสัญลักษณ์ (Symbolic Level) หมายถึง การใช้สัญลักษณ์ทางเคมี สูตร สมการ รูปภาพแสดงโครงสร้างโมเลกุล แผนภาพหรือแบบจำลอง เพื่อนำเสนอแนวคิดทางเคมีในระดับมหภาคหรืออนุภาค สัญลักษณ์ทางเคมีจะเป็นการเชื่อมโยงแนวคิดทางเคมีระดับมหภาคและระดับอนุภาค ซึ่งในการเรียนรู้วิชาเคมีนักเรียนจำเป็นต้องเข้าใจปรากฏการณ์ทั้ง 3 ระดับนี้ แต่การจัดการเรียนรู้วิชาเคมี นักเรียนส่วนใหญ่มักประสบปัญหาในการเรียน และเห็นว่าเนื้อหาวิชาเคมีนั้นเข้าใจยาก (พัชรี ร่มพยอม วิชัยดิษฐ์, 2558) และการจัดการเรียนรู้วิชาเคมีมักขัดแย้งกับธรรมชาติการเรียนรู้ของนักเรียน (Johnstone, 1993 อ้างถึงใน พัชรี ร่มพยอม วิชัยดิษฐ์, 2562) จากข้อมูลข้างต้นจะพบว่าอุปสรรคของการเรียนรู้วิชาเคมีของนักเรียนคือธรรมชาติของวิชาเคมีเองและการจัดการเรียนการสอนที่ไม่สอดคล้องกับธรรมชาติการเรียนรู้ของนักเรียน นักเรียนไม่สามารถเชื่อมโยงแนวคิดทั้ง 3 ระดับได้ ก็จะทำให้เรียนวิชาเคมีด้วยการท่องจำ ไม่ได้เรียนด้วยความเข้าใจ ทำให้วิชาเคมีเป็นวิชาที่ยากสำหรับนักเรียน

เนื่องจากแนวคิดทางเคมีมีความเป็นนามธรรม นักเคมีจึงสร้างแบบจำลองขึ้นมาเพื่ออธิบายสสารและการเปลี่ยนแปลงของสสารโดยนำเสนอออกมาเป็นรูปภาพ สมการทางคณิตศาสตร์ ภาษาหรือสัญลักษณ์ที่เกี่ยวกับเคมี แบบจำลองจึงเป็นสิ่งที่ใช้เชื่อมระหว่างทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์กับความเป็นจริง ช่วยอธิบายสิ่งที่เป็นนามธรรมให้เป็นรูปธรรม เพื่อให้เข้าใจได้ง่ายขึ้น หากไม่มีการสร้างแบบจำลอง สิ่งที่นักวิทยาศาสตร์ค้นพบจะเป็นเรื่องนามธรรม (ชาตรี ฝ่ายคำตา, 2563) จึงถือได้ว่าแบบจำลองเป็นหัวใจสำคัญในการเรียนวิทยาศาสตร์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งวิชาเคมี ซึ่งมีเนื้อหาที่ซับซ้อน เป็นนามธรรม หากนักเรียนเข้าใจแบบจำลองและการสร้างแบบจำลองก็จะทำให้เข้าใจแนวคิดทางเคมีได้ดียิ่งขึ้น (Gilbert, 2000 อ้างถึงใน ภรทิพย์ สุภัทรชัยวงศ์, 2556) วิธีการจัดการเรียนรู้วิธีหนึ่งที่จะทำให้นักเรียนเข้าใจแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ได้ดี คือ การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เนื่องจากเป็นวิธีการที่จะทำให้นักเรียนได้นำความรู้เกี่ยวกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ในการสร้างแบบจำลองเพื่อทำนายหรืออธิบายเหตุการณ์และปรากฏการณ์ทางธรรมชาติ โดยนักเรียนจะต้องคิดหาคำตอบให้ได้มากที่สุดหลากหลายทิศทางที่สุด ภายในเวลาที่จำกัด แล้วเลือกคำตอบที่ดีที่สุดมาสร้างแบบจำลอง ซึ่งแบบจำลองของนักเรียนที่สร้างขึ้นในครั้งแรกอาจไม่สอดคล้องกับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ (scientific model) แต่นักเรียนจะได้ทำกิจกรรมเพื่อปรับเปลี่ยนแบบจำลองของนักเรียนให้สอดคล้องกับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ โดยนักเรียนจะต้องพิจารณาว่าแบบจำลองที่นักเรียนสร้างขึ้น สอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์ที่ได้รับหรือไม่ อย่างไร และจะต้องปรับปรุงแก้ไขอย่างไร ซึ่งนักเรียนจะได้ปรับเปลี่ยนแนวคิดของตนเองเพื่อปรับปรุงแก้ไขแบบจำลองให้สมบูรณ์ แล้วนำเสนอต่อเพื่อนในชั้นเรียน เพื่อร่วมกันอภิปรายแบบจำลอง

ของแต่ละกลุ่มเพื่อให้ได้แบบจำลองที่ดีที่สุด และสามารถอธิบายแนวคิดนั้น ๆ ได้อย่างละเอียด สมบูรณ์ยิ่งขึ้น จากนั้นจึงนำแบบจำลองดังกล่าวไปใช้ในการอธิบายสถานการณ์อื่นซึ่งจะได้ประยุกต์ใช้แนวคิดให้กว้างยิ่งขึ้น การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานจึงเป็นวิธีการจัดการเรียนรู้ที่นอกจากจะพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแล้ว ยังน่าจะสามารถพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนได้ด้วย เนื่องจากกิจกรรมที่นักเรียนได้ปฏิบัติสอดคล้องกับองค์ประกอบของความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ทั้ง 4 ด้าน ได้แก่ ความคิดคล่อง ความคิดยืดหยุ่น ความคิดริเริ่ม และความคิดละเอียดลออ นอกจากนี้ยังเป็นวิธีการจัดการเรียนรู้ที่เปิดโอกาสให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติด้วยตนเอง ได้ใช้จินตนาการในการสร้างแบบจำลอง ได้ฝึกคิด ดัดแปลง ปรับปรุงสิ่งต่าง ๆ รวมถึงมีการอภิปรายและแสดงความคิดเห็นด้วยเหตุผล ซึ่งสอดคล้องกับกลวิธีการสอนที่ส่งเสริมการใช้ความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียน (Williams, 1970 อ้างถึงใน อารี พันธ์มณี, 2545) และสอดคล้องกับงานวิจัยของ สิทธิโชค เอี่ยมบุญ (2563) ที่พบว่า ความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนหลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานสูงกว่าหลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบปกติ

เนื้อหาเรื่องพันธะเคมี เป็นเนื้อหาที่เป็นพื้นฐานสำคัญในการเรียนเคมี (Taber and Coll, 2002) ซึ่งมีลักษณะเนื้อหาที่เป็นนามธรรม ไม่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า จึงทำให้ยากต่อการทำความเข้าใจ และจากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการสอนวิชาเคมีพบว่าเนื้อหาเรื่องพันธะเคมี เป็นหนึ่งในเนื้อหาที่นักเรียนประสบปัญหาในการเรียน และมีความเข้าใจที่คาดเคลื่อน ดังงานวิจัยของ ณัชกฤต เกื้อทาน (2557) ที่พบว่านักเรียนมีความสับสนระหว่างแบบจำลองที่นำมาใช้ในการอธิบายพันธะไอออนิกกับพันธะโคเวเลนต์ นักเรียนคิดว่ารูปร่างโมเลกุลโคเวเลนต์ทำนายได้จากอิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยวรอบอะตอมกลางเพียงอย่างเดียว นักเรียนเข้าใจว่าโลหะเป็นตัวนำไฟฟ้าที่ดีแต่ไม่สามารถอธิบายเหตุผลได้ว่าเพราะอะไร เป็นต้น อีกทั้งเนื้อหาเรื่องพันธะเคมี จัดอยู่ในวิชาเคมีเพิ่มเติม 1 สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 แผนการเรียนที่เน้นวิทยาศาสตร์ ซึ่งเป็นชั้นปีแรกของการเรียนในระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย ดังนั้นจึงเป็นพื้นฐานสำคัญที่จะทำให้นักเรียนมีความพร้อมในการศึกษาในระดับชั้นที่สูงขึ้นต่อไป พันธะเคมีจึงเป็นเนื้อหาที่เหมาะกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ซึ่งจะทำให้นักเรียนสามารถพัฒนาได้ทั้งผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ เนื่องจากนักเรียนต้องฝึกการใช้จินตนาการหลายครั้งในระหว่างกิจกรรม จึงน่าจะมีผลให้พัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ได้ด้วย

จากเหตุผลดังกล่าว ผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะนำการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานมาใช้ในการจัดการเรียนรู้วิชาเคมีเพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมีและความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน ผู้วิจัยจึงได้ทำการวิจัยเรื่อง ผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานเรื่องพันธะเคมี ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมีและความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนวัดสุทธิวราราม กรุงเทพมหานคร เพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและ

ส่งเสริมให้นักเรียนมีความรู้ความเข้าใจในเนื้อหาวิชาเคมีตลอดจนพัฒนาทักษะของนักเรียนให้มีความพร้อมสำหรับศตวรรษที่ 21

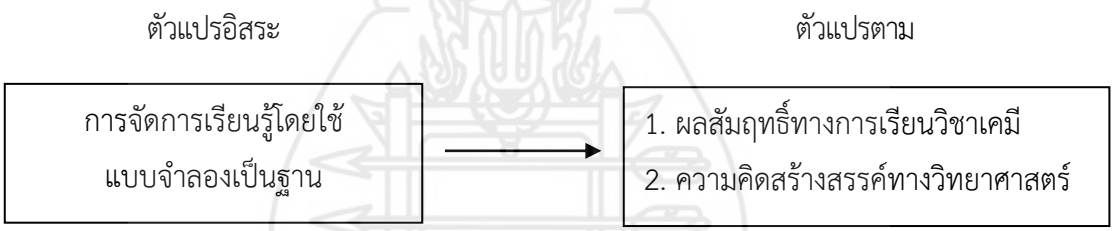
2. วัตถุประสงค์การวิจัย

2.1 เพื่อเปรียบเทียบสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานกับนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ

2.2 เพื่อเปรียบเทียบความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานกับนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ

2.3 เพื่อเปรียบเทียบความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียน

3. กรอบแนวคิดการวิจัย



ภาพที่ 1.1 กรอบแนวคิดในการวิจัย

4. สมมติฐานการวิจัย

4.1 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมีของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานสูงกว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

4.2 ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานสูงกว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

4.3 ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

5. ขอบเขตของการวิจัย

5.1 ประชากร

ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์ - คณิตศาสตร์ โรงเรียนวัดสุทธิวราราม จำนวน 179 คน จัดเป็น 4 ห้องเรียน แบบคละความสามารถ

5.2 กลุ่มตัวอย่าง

ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนวัดสุทธิวราราม 2 ห้องเรียน จำนวน 89 คน ได้มาโดยการสุ่มแบบกลุ่ม แล้วจับสลากให้ห้องหนึ่งเป็นกลุ่มทดลอง อีกห้องหนึ่งเป็นกลุ่มควบคุม

5.3 ตัวแปรที่ศึกษา

5.3.1 **ตัวแปรอิสระ** การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

5.3.2 **ตัวแปรตาม** ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมีและความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์

5.4 ระยะเวลาในการศึกษา

15 กันยายน – 15 พฤศจิกายน 2563

6. นิยามศัพท์เฉพาะ

6.1 การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน หมายถึง การจัดการเรียนรู้ที่ให้นักเรียนได้สร้างแบบจำลองขึ้นมาเพื่ออธิบายปรากฏการณ์ต่าง ๆ และเปิดโอกาสให้นักเรียนได้ทำกิจกรรมเพื่อปรับแบบจำลองให้สอดคล้องกับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ และสามารถใช้แบบจำลองนั้นในการอธิบายปรากฏการณ์อื่นได้ ประกอบด้วยองค์ประกอบสำคัญ 4 องค์ประกอบ ได้แก่ การสร้างแบบจำลอง การประเมินแบบจำลอง การดัดแปลงแก้ไขแบบจำลอง และ การขยายแบบจำลอง

6.2 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี หมายถึง ความรู้ ความเข้าใจ และทักษะที่เกิดจากการเรียนวิชาเคมี ซึ่งสามารถวัดได้จากคุณลักษณะที่แสดงออกโดยใช้เครื่องมือในการวัด ได้แก่ แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น ตามระดับพฤติกรรมด้านพุทธิพิสัย คือ ความเข้าใจ การนำไปใช้ และการวิเคราะห์ ตามแนวคิดของบลูม (Bloom)

6.3 ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง กระบวนการคิดอย่างเป็นระบบในการแก้ปัญหา โดยใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ รวมถึงดัดแปลง เติมแต่งผสมผสาน จินตนาการ ทำให้เกิดการค้นพบสิ่งใหม่ที่เป็นประโยชน์ องค์ประกอบของความคิดสร้างสรรค์ ประกอบด้วย 4 องค์ประกอบ ได้แก่

6.3.1 ความคิดคล่อง หมายถึง ความสามารถในการคิดหาคำตอบได้อย่างคล่องแคล่ว รวดเร็ว และได้คำตอบปริมาณมาก ภายในเวลาที่จำกัด

6.3.2 ความคิดยืดหยุ่น หมายถึง ความสามารถในการคิดหาคำตอบที่หลากหลายภายในเวลาที่จำกัด

6.3.3 ความคิดริเริ่ม หมายถึง ลักษณะความคิดที่แปลกใหม่ แตกต่างจากความคิดทั่วไป เกิดจากการนำความรู้มาดัดแปลงให้เกิดสิ่งใหม่

6.3.4 ความคิดละเอียดลออ หมายถึง ลักษณะความคิดในรายละเอียดเป็นขั้นตอนเพื่อขยายความคิดหลักให้สมบูรณ์

7. ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

7.1 นักเรียนได้พัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี และเข้าใจแนวคิดทางเคมีได้ดียิ่งขึ้น มีผลให้คะแนนการทดสอบระดับชาติและผลการประเมินสมรรถนะนักเรียนมาตรฐานสากลสูงขึ้น

7.2 นักเรียนมีความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งเป็นทักษะสำคัญในศตวรรษที่ 21 และเป็นทักษะที่จะนำไปสู่การสร้างนวัตกรรม มีผลให้นักเรียนสามารถสร้างผลงานหรือนวัตกรรมที่เกิดประโยชน์ต่อสังคม หรือเป็นแนวทางในการศึกษาต่อในระดับอุดมศึกษา

บทที่ 2
วรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

ในการศึกษาผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง พันธะเคมี ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมีและความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนวัดสุทธิวราราม กรุงเทพมหานคร ผู้วิจัยได้สืบค้นข้อมูล ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ดังนี้

1. แนวคิดเกี่ยวกับแบบจำลอง
    1.1 ความหมาย และประเภทของแบบจำลอง
    1.2 ความสำคัญของการใช้แบบจำลองในการจัดการเรียนรู้
2. การใช้แบบจำลองในการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์
    2.1 ความเป็นมาของการใช้แบบจำลองในการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์
    2.2 แนวคิด ทฤษฎีการเรียนรู้พื้นฐานของการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน
    2.3 องค์ประกอบสำคัญในการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน
    2.4 บทบาทของครูและนักเรียนในการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน
3. การใช้แบบจำลองในการจัดการเรียนรู้วิชาเคมี
    3.1 ธรรมชาติของเนื้อหาวิชาเคมี
    3.2 ประเภทของแบบจำลองที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้วิชาเคมี
    3.3 ตัวอย่างการใช้แบบจำลองในการจัดการเรียนรู้วิชาเคมี
4. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์
    4.1 ความหมายและขอบเขตของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์
    4.2 การสร้างและหาคุณภาพของเครื่องมือวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์
5. ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์
    5.1 ความหมายและองค์ประกอบของความคิดสร้างสรรค์
    5.2 ลักษณะของผู้ที่มีความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์
    5.3 การจัดการเรียนรู้เพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์
    5.4 การสร้างและหาคุณภาพของเครื่องมือวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์
6. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
    6.1 งานวิจัยในประเทศ
    6.2 งานวิจัยต่างประเทศ

1. แนวคิดเกี่ยวกับแบบจำลอง

1.1 ความหมาย และประเภทของแบบจำลอง

1.1.1 ความหมายของแบบจำลอง

จากการศึกษาข้อมูลที่เกี่ยวข้องได้มีผู้เสนอความหมายของแบบจำลองไว้ ดังนี้

Bill and Hardgrave (1973) กล่าวว่า แบบจำลองคือตัวแทนหรือคำอธิบายโลกแห่งความจริงในรูปของทฤษฎีและทำให้ง่ายแก่ความเข้าใจ

Good (1992) กล่าวว่า แบบจำลอง หมายถึง แบบจำลองหรือสิ่งที่มีรูปทรงสามมิติ และสิ่งแสดงกระบวนการ

Justi and Gilbert (2003) กล่าวว่า แบบจำลองคือสิ่งที่ใช้แทนความคิด เหตุการณ์ วัตถุ กระบวนการ และอื่น ๆ แบบจำลองสามารถใช้ในจุดมุ่งหมายที่แตกต่างกัน เช่น เพื่อการสร้างสรรค์ เพื่อการทดสอบ เพื่อการทำนาย เพื่อสนับสนุน เพื่อใช้แทนแนวคิด

Gilbert (2005) กล่าวว่า แบบจำลอง หมายถึง สิ่งที่เป็นตัวแทนของปรากฏการณ์ เป็นวัตถุ หรือความคิด

1.1.2 ประเภทของแบบจำลอง

ประเภทของแบบจำลองสามารถแบ่งได้หลากหลาย ขึ้นอยู่กับเกณฑ์ในการแบ่ง ดังนี้

Gilbert (2005) ได้แบ่งประเภทของแบบจำลอง โดยใช้การเป็นตัวแทนในการแสดงออกเป็นเกณฑ์ แบ่งได้ 5 ประเภท ได้แก่

1. แบบจำลองเชิงรูปธรรม (Concrete model) เป็นแบบจำลองที่สร้างวัสดุคงทนสร้างเป็นสามมิติ เช่น แบบจำลองอะตอมพลาสติก เป็นต้น

2. แบบจำลองเชิงคำพูด (Verbal model) เป็นแบบจำลองคำพูดหรือใช้ภาษาในการอธิบาย หรือเปรียบเทียบอุปมาอุปไมยปรากฏการณ์ต่าง ๆ

3. แบบจำลองเชิงคณิตศาสตร์ (Mathematical model) เป็นแบบจำลองสัญลักษณ์ สูตร หรือสมการที่แสดงความสัมพันธ์เชิงสมการ

4. แบบจำลองเชิงรูปภาพ (Visual or Diagrammatic model) เป็นแบบจำลอง 2 มิติ ในรูปแบบต่าง ๆ เช่น กราฟ รูปภาพ ภาพเคลื่อนไหว

5. แบบจำลองเชิงลักษณะท่าทาง (Gestural model) เป็นแบบจำลองที่ใช้การเคลื่อนไหวของส่วนต่างๆ ของร่างกายเพื่อจำลองถึงสิ่งต่าง ๆ

นอกจากนี้ Frigg and Hartmann (2006) ได้แบ่งประเภทของแบบจำลองออกเป็น 5 ประเภท ได้แก่

1. แบบจำลองวัตถุ (Physical object) เป็นแบบจำลองที่เป็นวัสดุ เช่น แบบจำลองอวัยวะภายในต่าง ๆ

2. แบบจำลองประดิษฐ์ (Fictional object) เป็นแบบจำลองที่แสดงถึงหน้าที่กลไกการทำงานของแบบจำลอง

3. แบบจำลองโครงสร้างทฤษฎี (Set-theoretic structures) เป็นแบบจำลองที่แสดงความสัมพันธ์ของทฤษฎี เช่น แบบจำลองทางคณิตศาสตร์

4. แบบจำลองพรรณนา (Descriptions) เป็นแบบจำลองที่นำเสนอความสัมพันธ์ภายในระบบ เช่น แบบจำลองระบบสุริยะ อธิบายได้ว่า ระบบสุริยะประกอบด้วยการโคจรเป็นรูปวงรีของดาวเคราะห์รอบดวงอาทิตย์

5. แบบจำลองสมการ (Equations) เป็นสมการในรูปแบบจำลองทางคณิตศาสตร์

สรุปได้ว่า แบบจำลอง หมายถึง สิ่งที่ใช้เป็นตัวแทนในการอธิบายความคิด เหตุการณ์ ปรากฏการณ์ กระบวนการ และอื่น ๆ เพื่อให้ง่ายแก่การทำความเข้าใจ การแบ่งประเภทแบบจำลองสามารถแบ่งได้หลากหลาย ขึ้นอยู่กับเกณฑ์ที่ใช้ในการแบ่ง จากข้อมูลข้างต้นพอจะสรุปได้ว่า แบบจำลองมีทั้งที่เป็นรูปธรรมและนามธรรม แบบจำลองที่เป็นรูปธรรม เช่น แบบจำลองเชิงรูปภาพ แบบจำลองเชิงวัตถุ เป็นต้น แบบจำลองที่เป็นนามธรรม เช่น แบบจำลองเชิงคำพูด แบบจำลองสมการ เป็นต้น ในการจัดการเรียนรู้จะต้องเลือกใช้แบบจำลองแต่ละประเภทอย่างเหมาะสม หรืออาจใช้แบบจำลองหลายประเภทร่วมกันก็ได้

1.2 ความสำคัญของการใช้แบบจำลองในการจัดการเรียนรู้

แบบจำลองเป็นสิ่งที่สร้างขึ้นเพื่อวัตถุประสงค์ที่เฉพาะเจาะจง เพื่อใช้เป็นตัวแทนของเป้าหมาย เพื่ออธิบายปรากฏการณ์ที่ซับซ้อนให้เข้าใจง่ายขึ้น โดยแบบจำลองอาจมีขนาดเล็กกว่า หรือใหญ่กว่าเป้าหมายก็ได้ แบบจำลองจึงเป็นสิ่งที่เชื่อมระหว่างทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์ที่เป็นนามธรรมกับความเป็นจริง และช่วยอธิบายสิ่งต่างๆ ที่เป็นนามธรรมให้เข้าใจได้ง่ายขึ้น (Gilbert, 2005) การสร้างแบบจำลองจึงมีความสำคัญสำหรับการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์โดยจะสนับสนุนการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ 3 ประการ ได้แก่ 1) การสร้างแบบจำลองจะช่วยพัฒนาความเข้าใจปรากฏการณ์ต่าง ๆ 2) การใช้แบบจำลองช่วยให้เข้าใจสาระสำคัญของวิทยาศาสตร์ และ 3) แบบจำลองประวัติศาสตร์และวิทยาศาสตร์เป็นผลผลิตหลักของความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (Hodson, 1993) ถึงแม้ว่าแบบจำลองที่สร้างขึ้นจะมีข้อจำกัด มีความไม่สมบูรณ์ในการเป็นตัวแทนของเป้าหมาย การนำแบบจำลองไปใช้ต้องตีความหมายเพื่อทำความเข้าใจ ซึ่งการตีความหมายจะยากง่ายไม่เท่ากัน ขึ้นอยู่กับประเภทของแบบจำลอง (Gilbert and Ireton, 2003 อ้างถึงใน ธีระศักดิ์ ไชยสัตย์, 2560) แต่แบบจำลองก็ถือว่าเป็นสิ่งที่ใช้อธิบายสิ่งที่เป็นนามธรรมให้เป็นรูปธรรมที่

สามารถสังเกตเห็นได้ ทำให้เข้าใจได้ง่ายขึ้น ดังนั้นจึงถือได้ว่าแบบจำลองมีความสำคัญต่อการสื่อสารและช่วยให้เข้าใจแนวคิดต่างๆ ทั้งยังช่วยให้มองเห็นและอธิบายปรากฏการณ์ต่าง ๆ ได้ เช่น แบบจำลองอะตอมของทอมสัน เป็นต้น (Coll, 2006) แบบจำลองจึงเป็นหัวใจสำคัญในการเรียนวิทยาศาสตร์ โดยเฉพาะวิชาเคมีซึ่งมีเนื้อหาที่ซับซ้อน เป็นนามธรรม ยากต่อการทำความเข้าใจ แต่หากนักเรียนเข้าใจแบบจำลองและการสร้างแบบจำลองก็จะทำให้เข้าใจแนวคิดทางเคมีได้ดียิ่งขึ้น (Gilbert, 2000 อ้างถึงใน ภรทิพย์ สุภัทรชัยวงศ์, 2556)

สรุปได้ว่า แบบจำลองเป็นสิ่งที่สร้างขึ้นเพื่อใช้เชื่อมระหว่างทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์กับความเป็นจริง ช่วยอธิบายสิ่งที่เป็นนามธรรมให้เป็นรูปธรรม เพื่อให้เข้าใจได้ง่ายขึ้น แบบจำลองจึงมีความสำคัญต่อการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โดยเฉพาะวิชาเคมี ที่มีเนื้อหาเป็นนามธรรม ซับซ้อน เมื่อใช้แบบจำลองในการจัดการเรียนรู้จะทำให้คำอธิบายหรือปรากฏการณ์ที่เป็นนามธรรมกลายเป็นรูปธรรมมากขึ้น ซึ่งจะทำให้นักเรียนเข้าใจแนวคิดทางเคมีได้ดี

2. การใช้แบบจำลองในการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

2.1 ความเป็นมาของการใช้แบบจำลองในการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

การศึกษาเกี่ยวกับการสร้างแบบจำลองเริ่มจากงานวิจัยของ Johnson - Laird (1980) ที่กล่าวว่า มนุษย์สร้างแบบจำลองทางความคิด (mental model) ขึ้นจากการเชื่อมโยงของความคิดภายในขณะที่บุคคลกำลังแก้ปัญหา บุคคลนั้นจะสร้างแบบจำลองขึ้นมาและตรวจสอบความถูกต้อง

Nersesian (1990) ได้อธิบายเกี่ยวกับกระบวนการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ว่า นักวิทยาศาสตร์สร้างแบบจำลองทางความคิดที่แสดงตัวแทนของระบบ โดยจะเกิดขึ้นเมื่อต้องการแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระบบและเพื่อทำให้เกิดทฤษฎีใหม่ เช่น นักวิทยาศาสตร์พบว่าเมื่อมวลและความดันของแก๊สคงที่ ปริมาตรของแก๊สจะแปรผันตรงกันอุณหภูมิ แต่การรู้ความสัมพันธ์นี้ไม่ได้เท่ากับการรู้ว่าเหตุใดแก๊สจึงมีพฤติกรรมดังกล่าว นักวิทยาศาสตร์จึงสร้างแบบจำลองมาอธิบายการเคลื่อนที่ของโมเลกุลของแก๊ส เป็นต้น และนอกจากนี้ Rea - Ramirez, Clement and Núñez - Oviedo (2008) ยังได้อธิบายทฤษฎีการสร้างแบบจำลองทางความคิดว่า มนุษย์สร้างแบบจำลองทางความคิดของตนเองขึ้นมาเพื่อใช้เปรียบเทียบหรือจำลองโลกแห่งความเป็นจริง

จากการศึกษาเกี่ยวกับการสร้างแบบจำลองจะเห็นว่า กระบวนการสร้างแบบจำลองเกิดจากการที่นักวิทยาศาสตร์ได้ค้นคว้า ทดลอง จนได้ข้อสรุป แล้วพิจารณาว่าแบบจำลองเชิงทฤษฎีที่มีอยู่สามารถอธิบายข้อสรุปนั้นได้หรือไม่ ถ้าแบบจำลองที่มีอยู่ไม่สามารถอธิบายได้ก็จะปรับปรุงแบบจำลองขึ้นมาใหม่ ดังนั้นแบบจำลองจึงไม่ใช่เพียงสิ่งที่ทำให้เห็นภาพชัดเจนขึ้นเท่านั้น แต่เป็นการสร้างทฤษฎีใหม่ได้อีกด้วย จึงกล่าวได้ว่าแบบจำลองเป็นสิ่งที่นักวิทยาศาสตร์สร้างขึ้นเพื่อใช้อธิบายแนวคิด หลักการ ทฤษฎี

หรือกฎ โดยแบบจำลองเป็นตัวแทนของวัตถุ แนวคิด กระบวนการที่เชื่อมโยงทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์กับความจริงให้เข้าใจง่ายขึ้น รวมถึงการนำไปใช้อธิบายหรือทำนายปรากฏการณ์ทางธรรมชาติ และช่วยให้มองเห็นภาพปรากฏการณ์ทางธรรมชาติที่ไม่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า (ชาตรี ฝ่ายคำตา, 2563) ด้วยเหตุนี้แบบจำลองจึงมีความสำคัญต่อการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

สรุปได้ว่า การสร้างแบบจำลองเริ่มจากการที่นักวิทยาศาสตร์ทดลอง ค้นคว้า จนได้ข้อสรุป แล้วสร้างแบบจำลองขึ้นมาเพื่ออธิบายแนวคิดนั้น โดยแบบจำลองอาจไม่สามารถอธิบายแนวคิดได้ทั้งหมด และสามารถปรับปรุงหรือเปลี่ยนแปลงได้ แต่แบบจำลองจะช่วยให้เข้าใจทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์ได้ง่ายขึ้น ดังนั้นแบบจำลองจึงถูกนำมาใช้ในการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

2.2 แนวคิด ทฤษฎีการเรียนรู้พื้นฐานของการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

ทฤษฎีการเรียนรู้พื้นฐานของการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ได้แก่ ทฤษฎีพัฒนาการทางสติปัญญาของเพียเจต์ ทฤษฎีการสร้างความรู้ตามแนวคิดของเพียเจต์และวีก็อทสกี้ และทฤษฎีกระบวนการทางสมองในการประมวลข้อมูลของคลอสเมียร์ โดยมีรายละเอียดดังนี้

2.2.1 ทฤษฎีพัฒนาการทางสติปัญญาของเพียเจต์

กิ่งฟ้า สินธุวงษ์ (2547) กล่าวถึง พัฒนาการทางสติปัญญา (intellectual development) ของผู้เรียนตามทฤษฎีพัฒนาการทางสติปัญญาของเพียเจต์ไว้ว่า การเรียนรู้เป็นกระบวนการที่เกิดขึ้นเฉพาะบุคคลและเฉพาะเรื่อง โดยที่ผู้เรียนต้องกระทำต่อวัตถุและปรากฏการณ์ในสิ่งแวดล้อม เนื่องจากมีสิ่งเร้าชักจูงให้เกิดการกระทำ และเชื่อว่าบุคคลมีการพัฒนาการทางสติปัญญาในลักษณะเดียวกันแต่แตกต่างกันตามวัย ดังนี้

1. ขั้นประสาทสัมผัสและการเคลื่อนไหว (sensory - motor stage) เป็นขั้นพัฒนาการตั้งแต่แรกเกิดจนถึง 2 ปี เด็กจะรับรู้ด้วยประสาทสัมผัสทั้งห้า มีพัฒนาการเรื่องการใช้อวัยวะต่าง ๆ เริ่มใช้ภาษาสื่อสารได้ เป็นขั้นที่สำคัญและเป็นรากฐานในการพัฒนาขั้นต่อไป

2. ขั้นก่อนปฏิบัติการ (preoperational stage) เป็นขั้นพัฒนาการตั้งแต่ 2 – 7 ปี ใช้จินตนาการและภาษาของตนเองในการสื่อสาร มีความคิดแบบทางเดียว แปรกลับไปมาไม่ได้ ไม่เข้าใจเหตุผลของคนอื่นไม่สามารถเชื่อมโยงเหตุการณ์ต่าง ๆ เข้าด้วยกัน เริ่มแยกประเภทหรือเรียงลำดับเหตุการณ์ได้บ้าง

3. ขั้นปฏิบัติการรูปธรรม (concrete operational stage) เป็นขั้นพัฒนาการตั้งแต่ 7 – 11 หรือ 12 ปี สามารถรับรู้เข้าใจเหตุการณ์ มีความคิดเชิงเหตุผลที่ต้องอาศัยสิ่งของที่มีตัวตนสัมผัสจับต้องได้ คำนึงถึงเหตุผลของคนอื่น ยังไม่สามารถจำแนกหรือวิเคราะห์สาเหตุของปัญหาอย่างเป็นระบบ

4. ขั้นปฏิบัติการนามธรรม (formal operational stage) เป็นขั้นพัฒนาการตั้งแต่ 11 หรือ12 ปีขึ้นไป สามารถแสดงความคิดเห็นเชิงนามธรรมเกี่ยวกับข้อคิด ปัญหา และเรื่องราวได้

โดยไม่ต้องอาศัยสิ่งของประกอบ จำแนกและวิเคราะห์ปัญหาที่ซับซ้อนได้อย่างเป็นระบบ คิดย้อนกลับไปยังเรื่องราวในอดีตได้ วิเคราะห์ เปรียบเทียบ วิพากษ์วิจารณ์ได้

แม้ว่านักเรียนจะมีพัฒนาการตามลำดับขั้นทั้ง 4 ขั้นที่กล่าวมาแล้วนั้น นักเรียนแต่ละคนก็มีความคิดและการแสดงออกที่แตกต่างกัน บางครั้งนักเรียนอยู่ในช่วงอายุที่ควรจะมีพัฒนาการในขั้นปฏิบัติการนามธรรมได้แล้ว แต่ก็ยังไม่สามารถเข้าใจเรื่องที่เป็นนามธรรมอย่างสมบูรณ์ได้ เพียเจต์กล่าวว่าองค์ประกอบที่ทำให้พัฒนาการทางสติปัญญาเป็นได้ช้าหรือเร็วแตกต่างกันมี 4 องค์ประกอบ คือ

1. วุฒิภาวะ คือ ความพร้อมที่จะเรียนรู้ตามลักษณะของขั้นพัฒนาการต่าง ๆ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อมทางสังคม วัฒนธรรม และการศึกษาที่ช่วยเร่งหรือถ่วงให้วุฒิภาวะนั้นแตกต่างกัน พัฒนาการของแต่ละบุคคลจึงเป็ไปได้ช้าหรือเร็วไม่เท่ากัน

2. ประสบการณ์ทางด้านกายภาพและทางสมอง หมายถึงสิ่งแวดล้อมที่นักเรียนมีปฏิสัมพันธ์ด้วย ซึ่งจะต้องมีการจัดประสบการณ์ในทุกขั้นพัฒนาการ ให้มีจำนวนมาก พรั่งพร้อมและเหมาะสมกับความสามารถ ซึ่งจะช่วยให้นักเรียนมีพัฒนาการอย่างสมบูรณ์

3. ประสบการณ์ทางสังคมหรือการสืบทอดทางสังคม เป็นประสบการณ์ที่นักเรียนได้รับเมื่อได้เข้าสังคมและมีปฏิสัมพันธ์กับผู้อื่นในสังคม รวมทั้งมรดกทางวัฒนธรรมและการศึกษาที่ได้รับ ซึ่งนักเรียนแต่ละคนได้รับประสบการณ์ทางสังคมที่แตกต่างกัน จึงส่งผลต่อพัฒนาการทางสติปัญญาด้วย

4. สภาวะสมดุล สิ่งมีชีวิตมีกลไกอัตโนมัติภายในที่สามารถปรับตัวให้เหมาะสมสิ่งแวดล้อมเพื่อให้เกิดสภาะสมดุลได้ สภาวะนี้ประกอบด้วยกระบวนการย่อย 2 กระบวนการ คือ กระบวนการดูดกลืน (assimilation) และกระบวนการปรับให้เหมาะ (accommodation) กระบวนการดูดกลืน คือ การรับสิ่งเร้าจากสิ่งแวดล้อมให้เข้าไปอยู่ในโครงสร้างของความรู้ที่มีอยู่ กระบวนการปรับให้เหมาะ คือ การปรับโครงสร้างของความรู้ที่มีอยู่ หรือสร้างโครงสร้างของความรู้ขึ้นใหม่เพื่อให้เข้ากับสิ่งเร้า พัฒนาการทางสติปัญญาจะเกิดขึ้นเมื่อบุคคลมีกิจกรรมทางสมองขณะที่มีปฏิสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อม และพยายามปรับตัวให้เกิดภาวะสมดุล โดยมีกระบวนการดูดกลืนและกระบวนการปรับให้เหมาะเกิดขึ้นพร้อมกันหรือสลับกันไป

สอดคล้องกับ พัชรี ร่มพยอม วิชัยดิษฐ (2562) ที่ได้กล่าวถึงทฤษฎีพัฒนาการทางสติปัญญาของเพียเจต์เกี่ยวกับการสอนวิชาเคมีไว้ว่า การเรียนรู้ตามทฤษฎีพัฒนาการทางสติปัญญาจะเกิดขึ้นได้ก็ต่อเมื่อนักเรียนได้รับข้อมูลใหม่มาโดยตรง (assimilation) หรือเกิดการปรับและจัดระบบ (accommodation) ในการเรียนวิชาเคมี ความรู้ที่นักเรียนได้รับอาจไม่สอดคล้องกับประสบการณ์เดิมของนักเรียน การเรียนรู้ของนักเรียนจึงเป็นการปรับและจัดระบบ (accommodation) ซึ่งนักเรียนจะต้องใช้ความรู้หรือประสบการณ์เดิมในการรับข้อมูลใหม่เพื่อให้เกิดเป็นโครงสร้างทางปัญญา (cognitive structure) การจัดการเรียนรู้วิชาเคมีจึงเป็นการเทียบเคียงแนวคิดหลักทางเคมีที่ซับซ้อนให้ตรงกับประสบการณ์ที่นักเรียนสังเกตเห็นหรือเข้าใจง่าย เช่น การอุปมาอุปมัย การใช้แบบจำลอง เป็นต้น

สรุปได้ว่า นักเรียนจะเรียนรู้ได้โดยการมีปฏิสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อมและปรับตัวให้อยู่ในสภาวะสมดุล โดยใช้กระบวนการทางสมอง 2 กระบวนการ คือ กระบวนการดูดกลืน (assimilation) และกระบวนการปรับให้เหมาะ (accommodation) ประกอบกัน ซึ่งการจะทำให้นักเรียนเกิดสภาวะสมดุล ครูต้องเข้าใจลักษณะเฉพาะของพัฒนาการในแต่ละขั้น และจัดประสบการณ์ให้สิ่งที่ต้องการให้นักเรียนเรียนรู้ตรงกับประสบการณ์ที่นักเรียนสามารถสังเกตเห็นหรือเข้าใจได้ง่าย ซึ่งหากนักเรียนได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน จะเป็นการให้นักเรียนนำความรู้ที่เป็นนามธรรมมาแสดงเป็นรูปธรรมโดยการสร้างแบบจำลอง ซึ่งเป็นสิ่งที่นักเรียนสังเกตเห็นได้ มีการนำเสนอแนวคิด และเปิดโอกาสให้นักเรียนอภิปรายร่วมกัน จนกระทั่งสามารถปรับเปลี่ยนแบบจำลองของตนเป็นแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ได้ ซึ่งจะทำให้นักเรียนเกิดกระบวนการดูดกลืนและกระบวนการปรับให้เหมาะ จนเกิดสภาวะสมดุล อีกทั้งการใช้แบบจำลองในการจัดการเรียนรู้จะต้องคำนึงถึงช่วงวัยที่เหมาะสม ของนักเรียน โดยช่วงอายุที่เหมาะสม คือ อายุตั้งแต่ 12 ปีขึ้นไป ซึ่งมีพัฒนาการทางสติปัญญาอยู่ในขั้นปฏิบัติการนามธรรม (formal operational stage) เนื่องจากเป็นขั้นที่นักเรียนสามารถแสดงความคิดเห็นเชิงนามธรรม สามารถคิด วิเคราะห์ปัญหาได้อย่างเป็นระบบ รวมถึงสามารถเปรียบเทียบ และวิพากษ์วิจารณ์ได้

2.2.2 ทฤษฎีการสร้างความรู้ตามแนวคิดของเพียเจต์และวีก็อทสกี้

ทฤษฎีการสร้างความรู้ด้วยตนเอง (Constructivism) เชื่อว่าการเรียนรู้เป็นกระบวนการที่เกิดขึ้นภายในตัวนักเรียน นักเรียนเป็นผู้สร้างความรู้จากความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งที่พบเห็นกับความเข้าใจที่มีอยู่เดิม มีรากฐานจากทฤษฎีของเพียเจต์ (Piaget) และวีก็อทสกี้ (Vygotsky) ดังรายละเอียดต่อไปนี้

1. Cognitive Constructivism ตามแนวคิดของเพียเจต์ ที่อธิบายว่า บุคคลจะพยายามนำความเข้าใจเกี่ยวกับประสบการณ์ที่พบเห็นมาสร้างเป็นโครงสร้างทางปัญญา (cognitive structure) หรือที่เรียกว่า “schema” นักเรียนสร้างความหมายโดยใช้เครื่องมือทางปัญญาของตน ซึ่งไม่สามารถถ่ายทอดจากครูไปสู่นักเรียนได้ แต่จะถูกสร้างขึ้นในสมองของนักเรียน การพัฒนาการทางปัญญาจะเกิดขึ้นผ่านกระบวนดูดซึม (assimilation) และกระบวนการปรับให้เหมาะ (accommodation) เมื่อนักเรียนได้รับข้อมูลหรือประสบการณ์ใหม่ไปสัมพันธ์กับโครงสร้างทางปัญญาที่มีอยู่เดิม และเมื่อข้อมูลหรือประสบการณ์ใหม่ที่ได้รับไม่สัมพันธ์กับโครงสร้างทางปัญญาที่มีอยู่เดิม จะทำให้เกิดภาวะไม่สมดุล (disequilibrium) นักเรียนจะพยายามปรับตัวให้อยู่ในภาวะสมดุล (equilibrium) โดยจะพยายามปรับความเข้าใจที่มีอยู่เดิมให้เข้ากับประสบการณ์ใหม่ ส่งผลให้เกิดการปรับเปลี่ยนโครงสร้างทางปัญญา เรียกว่ากระบวนการปรับให้เหมาะ (accommodation) (ทิศนา แขมมณี และคณะ, 2544)

2. Social Constructivism ตามแนวคิดของวีก็อทสกี้ ซึ่งจะให้ความสำคัญกับสังคมและวัฒนธรรมมาก วีก็อทสกี้อธิบายว่ามนุษย์ได้รับอิทธิพลจากสิ่งแวดล้อมตั้งแต่แรกเกิด สิ่งแวดล้อมนี้รวมถึงสิ่งแวดล้อมทางสังคม ซึ่งก็คือ วัฒนธรรมที่แต่ละสังคมสร้างขึ้น การสร้างความรู้จึงเกิดจากการที่

นักเรียนมีปฏิสัมพันธ์ทางสังคมกับผู้อื่น โดยการปฏิสัมพันธ์ทางสังคมจะทำให้นักเรียนสร้างความรู้และปรับเปลี่ยนความเข้าใจเดิมให้ถูกต้อง (Vygotsy อ้างถึงใน กิ่งฟ้า สินธุวงษ์ และสุจินต์วิศวธีรานนท์, 2560) ดังนั้นสถาบันทางสังคมเริ่มตั้งแต่สถาบันครอบครัวจึงมีอิทธิพลอย่างมากต่อการเรียนรู้และพัฒนาการทางเชาวน์ปัญญาของแต่ละบุคคล นอกจากนี้ภาษาก็ถือเป็นเครื่องมือสำคัญของการคิด พัฒนาการทางภาษาและพัฒนาการทางการคิดของนักเรียนจะเริ่มด้วยการพัฒนาที่แยกจากกัน แต่เมื่ออายุมากขึ้นพัฒนาการทั้ง 2 ด้าน จะพัฒนาร่วมกันไปรวมทั้งภาษาซึ่งเป็นเครื่องมือสำคัญของการคิด พัฒนาการทางภาษาและพัฒนาการทางการคิดของนักเรียนจะเริ่มด้วยการพัฒนาที่แยกจากกัน แต่เมื่ออายุมากขึ้นพัฒนาการทั้ง 2 ด้าน จะพัฒนาร่วมกันไป (ทิศนา แขมมณี และคณะ, 2544)

จากแนวคิดดังกล่าวนักวิทยาศาสตร์ศึกษาได้นำทฤษฎีการสร้างความรู้มาใช้ในการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โดยยึดนักเรียนเป็นศูนย์กลาง และครูเป็นเพียงผู้ตรวจสอบความเข้าใจของนักเรียน และพัฒนาเทคนิคการสอนเพื่อช่วยให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ โดยจัดกิจกรรมที่ให้นักเรียนได้มีโอกาสสะท้อนความคิด สร้างความหมาย และกระตุ้นการเรียนรู้ (วรรณทิพา รอดแรงค้า, 2540) ซึ่งวิธีการเหล่านี้ ได้แก่

1. กระตุ้นให้นักเรียนได้แสดงความคิดเห็นของตนเอง
2. เสนอเหตุการณ์ที่ท้าทายความคิดของนักเรียน
3. กระตุ้นกระบวนการสร้างสมมติฐานและการตีความหมายข้อมูลที่หลากหลาย
4. จัดสถานการณ์ให้นักเรียนได้มีโอกาสสำรวจทางเลือกที่หลากหลายด้วยวิธีการต่างๆ โดยใช้การอภิปรายกลุ่มย่อย
5. จัดสถานการณ์ให้นักเรียนได้มีโอกาสในการใช้ความคิดใหม่ ๆ เพื่อให้นักเรียนได้ชื่นชมความสามารถของตนเอง

สรุปได้ว่า ทฤษฎีการสร้างความรู้ด้วยตนเองเชื่อว่าการเรียนรู้เป็นกระบวนการที่เกิดขึ้นภายในตัวนักเรียน นักเรียนเป็นผู้สร้างความรู้จากความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งที่พบเห็นกับความรู้ความเข้าใจที่มีอยู่เดิมด้วยตนเอง ในการจัดการเรียนรู้ตามทฤษฎีการสร้างความรู้ด้วยตนเองครูจึงต้องเป็นผู้จัดกิจกรรมที่ให้นักเรียนได้ศึกษาค้นคว้าด้วยตนเอง กระตุ้นให้นักเรียนแสดงความคิดเห็น มีการอภิปรายรวมถึงการมีปฏิสัมพันธ์ในห้องเรียน ซึ่งจะทำให้นักเรียนเกิดความข้าใจ และเกิดการเรียนรู้อย่างมีความหมาย ซึ่งวิธีการดังกล่าวได้พัฒนามาเป็นขั้นตอนสำคัญในการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานที่ให้นักเรียนนำความรู้มาสร้างแบบจำลอง และนำเสนอ แลกเปลี่ยนความคิดเห็นร่วมกัน ทำให้เกิดปฏิสัมพันธ์ระหว่างเพื่อนและครู นักเรียนได้เรียนรู้และปรับเปลี่ยนความคิดของตนเองจนสามารถเข้าใจแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ และสรุปเป็นความรู้ใหม่ได้ด้วยตนเอง

2.2.3 ทฤษฎีกระบวนการทางสมองในการประมวลข้อมูลของคลอสเมียร์

ทิศนา แขมมณีและคณะ (2544) กล่าวว่า ทฤษฎีกระบวนการทางสมองในการประมวลข้อมูล (Information Processing Theory) มีแนวคิดว่า การทำงานของสมองมีความคล้ายคลึงกับการทำงานของคอมพิวเตอร์ โดยคลอสเมียร์ (Klausmeier, 1985) ได้อธิบายการเรียนรู้ของมนุษย์โดยเปรียบเทียบการทำงานของคอมพิวเตอร์กับการทำงานของสมอง ซึ่งมีขั้นตอน คือ 1) การรับรู้ข้อมูล (input) โดยผ่านทางอุปกรณ์หรือเครื่องรับข้อมูล 2) การเข้ารหัส (encoding) โดยอาศัยชุดคำสั่งหรือซอฟต์แวร์ (software) 3) การส่งข้อมูลออก (output) โดยผ่านทางอุปกรณ์

คลอสเมียร์ได้อธิบายกระบวนการประมวลข้อมูล โดยเริ่มต้นจากการที่มนุษย์รับสิ่งเร้าเข้ามาทางประสาทสัมผัสทั้ง 5 สิ่งเร้าที่เข้ามาจะได้รับการบันทึกไว้ในความทรงจำระยะสั้น (Short - Term Memory หรือ STM) ซึ่งจะคงอยู่ในระยะเวลาที่จำกัดมาก เมื่อต้องการจะเก็บข้อมูลไว้ใช้ในภายหลัง ข้อมูลนี้จำเป็นต้องได้รับการประมวลและเปลี่ยนรูป โดยการเข้ารหัส (encoding) เพื่อนำไปเก็บไว้ในความจำระยะยาว (Long Term Memory) ซึ่งอาจต้องใช้เทคนิคต่าง ๆ เช่น การท่องซ้ำหลาย ๆ ครั้ง การทำความเข้าใจในข้อมูลนั้น หรือการทำให้ข้อมูลมีความหมายกับตนเอง โดยการสัมพันธ์สิ่งที่เรียนรู้ใหม่กับสิ่งเก่าที่เคยเรียนรู้มาก่อน เรียกว่า กระบวนการขยายความคิด (elaborative operations process) เมื่อข้อมูลได้รับการบันทึกไว้ในความจำระยะยาวแล้ว บุคคลนั้นก็จะสามารถเรียกข้อมูลต่าง ๆ ออกมาใช้ได้ ซึ่งในการเรียกข้อมูลออกมาใช้ก็จำเป็นต้องถอดรหัสข้อมูล (decoding) จากความทรงจำระยะยาวนั้น และส่งต่อไปสู่พฤติกรรมตอบสนอง

กระบวนการทางสมองในการประมวลข้อมูลดังกล่าวจะได้รับการบริหารควบคุมอีกชั้นหนึ่ง เปรียบเทียบได้กับโปรแกรมสั่งงานหรือ “software” ของคอมพิวเตอร์ การควบคุมการประมวลผลข้อมูลของสมอง ก็คือ การที่บุคคลรู้ถึงการคิดของตน และสามารถควบคุมการคิดของตนให้เป็นไปในทางที่ต้องการ การรู้ในลักษณะนี้เรียกว่า metacognition หรือ การควบคุมการรู้คิด ซึ่งหมายถึง การตระหนักรู้ (awareness) เกี่ยวกับความรู้และความสามารถของตนเอง และควบคุมกระบวนการคิด การทำงานของตนด้วยกลวิธีต่าง ๆ

สรุปได้ว่า การทำงานของสมองเปรียบเทียบได้กับการทำงานของคอมพิวเตอร์ โดยการเรียนรู้เริ่มจากนักเรียนได้รับข้อมูลผ่านทางประสาทสัมผัสทั้ง 5 จากนั้นข้อมูลจะถูกเก็บไว้ในความทรงจำระยะสั้น ซึ่งจะอยู่ได้ไม่นาน ถ้าต้องการให้ข้อมูลนั้นอยู่ในความทรงจำระยะยาวจะต้องได้รับการประมวลและเปลี่ยนรูป ซึ่งต้องใช้เทคนิคต่าง ๆ เช่น การท่องซ้ำหลายๆ ครั้ง การทำความเข้าใจในข้อมูลนั้น หรือการทำให้ข้อมูลมีความหมายกับตนเองโดยการสัมพันธ์สิ่งที่เรียนรู้ใหม่กับสิ่งเก่าที่เคยเรียนรู้มาก่อน เมื่อข้อมูลอยู่ในความทรงจำระยะยาวแล้วก็จะสามารถเรียกใช้ข้อมูลนั้นได้เมื่อต้องการ เชื่อมโยงได้กับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ที่เป็นการจัดการเรียนรู้ที่ให้นักเรียนได้เรียนรู้สิ่งใหม่ โดยผ่านกระบวนการสร้างแบบจำลอง ประเมินแบบจำลอง ดัดแปลงแก้ไขแบบจำลอง และขยายแบบจำลอง ซึ่งจะ

ทำให้นักเรียนได้ทำความเข้าใจแบบจำลองจากแบบจำลองที่นักเรียนสร้าง จนนำไปสู่ความเข้าใจแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ ส่งผลให้ความรู้ที่ถูกบันทึกในความทรงจำระยะสั้นเข้าไปอยู่ในความทรงจำระยะยาว

2.3 องค์ประกอบสำคัญในการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

นักวิทยาศาสตร์ศึกษาหลายท่านได้นำเสนอรูปแบบการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เช่น Rea - Ramirez, Clement, Núñez - Oviedo (2008) ได้เสนอรูปแบบการจัดการเรียนการสอนโดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน โดยแบ่งออกเป็น 4 องค์ประกอบ ได้แก่ การสร้างแบบจำลอง (Generating model) การประเมินแบบจำลอง (evaluating model) การดัดแปลงแก้ไขแบบจำลอง (Modifying model) และการดัดแปลงแก้ไขแบบจำลอง (Modifying model) ดังรายละเอียดต่อไปนี้

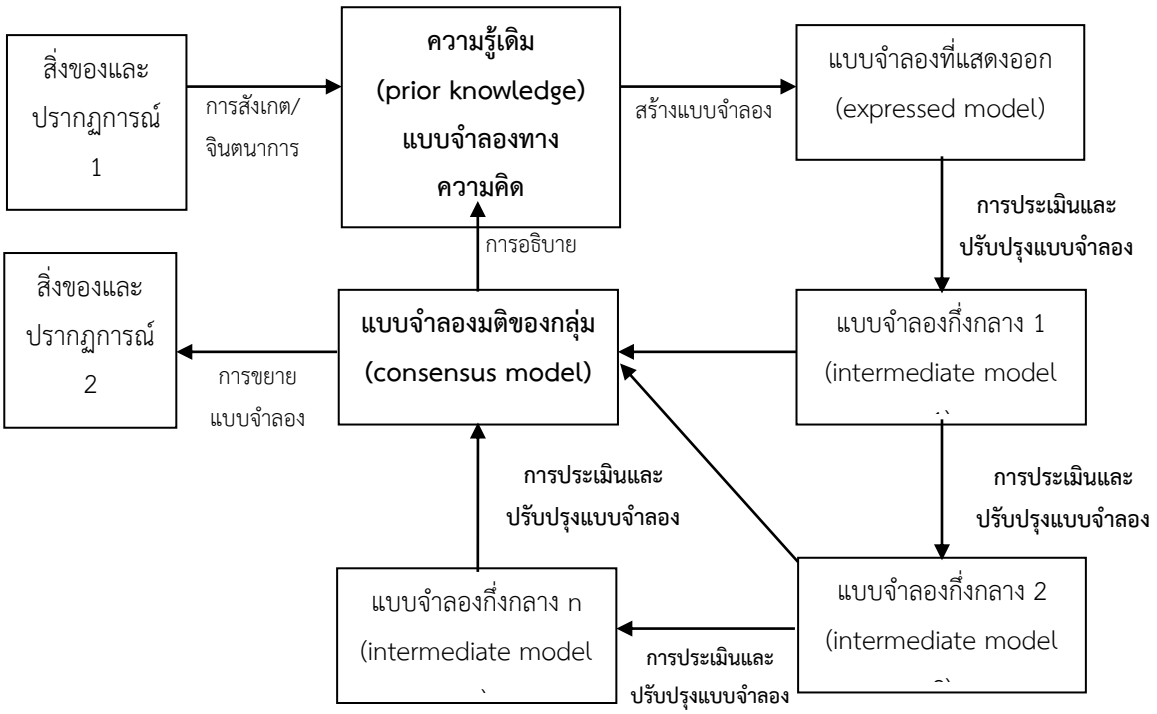
1. การสร้างแบบจำลอง (Generating model) โดยครูใช้คำถามหรือกิจกรรมที่เร้าความสนใจของนักเรียน เพื่อกระตุ้นให้นักเรียนสังเกตและสร้างแบบจำลองทางความคิดเพื่ออธิบายหรือทำนายปรากฏการณ์ต่าง ๆ ทางธรรมชาติ ซึ่งครูจะได้ทราบว่านักเรียนมีแบบจำลองทางความคิดอย่างไร เหมือนหรือแตกต่างจากแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ เพื่อที่ครูจะสามารถส่งเสริมแบบจำลองทางความคิดของนักเรียนให้เป็นแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ได้

2. การประเมินแบบจำลอง (evaluating model) โดยครูกระตุ้นให้นักเรียนประเมินความสอดคล้องของแบบจำลองที่นักเรียนสร้างขึ้นกับหลักฐานที่เป็นข้อมูลเชิงประจักษ์ อาจให้นักเรียนออกแบบการทดลอง ดำเนินการทดลอง หรือค้นคว้าข้อมูลเพื่อรวบรวมข้อมูลเชิงประจักษ์ เพื่อนำมาประเมินแบบจำลองของที่นักเรียนสร้างขึ้นว่ามีความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์หรือไม่ มากน้อยเพียงใด และแบบจำลองของนักเรียนสามารถใช้อธิบายปรากฏการณ์อื่นได้กว้างขวางเพียงใด

3. การดัดแปลงแก้ไขแบบจำลอง (Modifying model) เมื่อนักเรียนพบว่าแบบจำลองที่นักเรียนสร้างขึ้นไม่สามารถอธิบายปรากฏการณ์ ข้อเท็จจริง หลักการ หรือกฎเกณฑ์ใหม่ ๆ ได้ จึงจำเป็นต้องดัดแปลงแก้ไขแบบจำลองจนกระทั่งแบบจำลองสามารถอธิบายข้อมูลได้อย่างถูกต้อง โดยอาจเปรียบเทียบแบบจำลองของกลุ่มเพื่อนที่สร้างขึ้นและรวบรวมแบบจำลองของแต่ละกลุ่มเข้าด้วยกัน เพื่อสร้างเป็นแบบจำลองมติของกลุ่มหรือของชั้นเรียน นักเรียนสามารถแลกเปลี่ยนความคิดซึ่งกันและกันเพื่อสร้างเป็นแบบจำลองที่ดีที่สุดและสอดคล้องกับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ ขั้นตอนนี้เป็นขั้นตอนสำคัญที่จะทำให้นักเรียนเข้าใจกระบวนการสร้างแบบจำลองและพัฒนาความรู้ทางวิทยาศาสตร์

4. การขยายแบบจำลอง (Elaborating model) ในขั้นนี้นักเรียนจะใช้แบบจำลองที่ผ่านการดัดแปลงแก้ไขแล้วมาอธิบายและทำนายปรากฏการณ์อื่นๆ หรือสถานการณ์อื่น ซึ่งจะทำให้นักเรียนเชื่อและเข้าใจแบบจำลองที่ตนสร้างขึ้นหรือได้เรียนรู้ว่าแบบจำลองที่สร้างขึ้นสามารถอธิบายหรือทำนายปรากฏการณ์อื่นได้หรือไม่

องค์ประกอบสำคัญทั้ง 4 ส่วนดังกล่าวข้างต้น นำมาเขียนแสดงความสัมพันธ์เชื่อมโยงกัน ดังแผนผังที่ ชาตรี ฝ่ายคำตา (2563) ได้นำเสนอไว้ดังนี้



ภาพที่ 2.1 รูปแบบการจัดเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

ที่มา: ชาตรี ฝ่ายคำตา, 2563, น. 138

ซึ่งสอดคล้องกับที่ Gilbert and Buckley (2002) อ้างถึงใน ธณัฏฐา คงทน (2557) ได้อธิบายการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานไว้เป็นลำดับ ดังนี้

1. นักเรียนสร้างแบบจำลองทางความคิดเกี่ยวกับปรากฏการณ์ที่ศึกษา และครูทำการประเมินเพื่อสรุปแบบจำลองทางความคิดของนักเรียนจากเหตุผลที่นักเรียนใช้ในการอธิบายปรากฏการณ์ที่ศึกษา

2. นักเรียนลงมือสร้างแบบจำลอง โดยรวบรวมข้อมูลต่างๆ เข้าด้วยกัน ทั้งข้อมูลเกี่ยวกับโครงสร้าง หน้าที่การทำงาน พฤติกรรม และสาเหตุการเกิดขึ้นของปรากฏการณ์นั้น ๆ เขียนเป็นแผนผังแนวคิด (concept mapping) โดยเปรียบเทียบจากปรากฏการณ์ที่คล้ายคลึงกันที่นักเรียนทราบ จากนั้นตรวจสอบข้อมูล แล้วจึงลงมือสร้างแบบจำลอง

3. นำแบบจำลองไปใช้และประเมิน ซึ่งอาจจะพบว่าแบบจำลองที่นักเรียนสร้างขึ้นถูกปฏิเสธ เนื่องจากใช้อธิบายปรากฏการณ์ที่ศึกษาได้ไม่ดีพอ นักเรียนต้องกลับไปปรับปรุงและแก้ไขแบบจำลองเพื่อให้สามารถอธิบายปรากฏการณ์ที่ศึกษาได้ดีขึ้น

4. ขยายแบบจำลอง โดยนักเรียนอาจจะนำแบบจำลองเดิมไปสร้างเพิ่มเติมหรือนำไปรวมกับแบบจำลองอื่นเพื่อขยายแนวคิดให้กว้างขึ้น

สรุปได้ว่า การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เป็นการจัดการเรียนรู้ที่ให้นักเรียนได้เรียนรู้ผ่านกระบวนการสร้างแบบจำลอง การประเมินแบบจำลอง การดัดแปลงแก้ไขแบบจำลอง และการขยายแบบจำลอง โดยแบบจำลองของนักเรียนที่สร้างขึ้นในครั้งแรกอาจไม่สอดคล้องกับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ แต่ครูจะเปิดโอกาสให้นักเรียนได้ทำกิจกรรมเพื่อปรับแบบจำลองของนักเรียนให้สอดคล้องกับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ และสามารถใช้แบบจำลองนั้นในการอธิบายปรากฏการณ์อื่นได้

2.4 บทบาทของครูและนักเรียนในการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

บทบาทของครูในการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน สรุปตามแนวคิดของ ชาตรี ฝ่ายคำตา (2563) ได้ดังนี้

1. กระตุ้นนักเรียนให้คิดและสะท้อนความคิดเกี่ยวกับจุดเด่นและจุดด้อยในการเรียนรู้ กระบวนที่ใช้ในการเรียนรู้ กิจกรรมที่ทำให้เกิดการเรียนรู้ของตนเอง

2. กระตุ้นและให้นักเรียนแสดงแบบจำลองความคิดของนักเรียนโดยใช้การสัมภาษณ์สั้น ๆ อภิปราย สาธิตเหตุการณ์ที่นักเรียนคุ้นเคยแล้วอภิปรายเกี่ยวกับเหตุการณ์ดังกล่าว

3. ส่งเสริมนักเรียนให้ปรับแบบจำลองความคิดให้เป็นรูปธรรมมากขึ้น

4. ร่วมแสดงความคิดเห็น สาธิตการเรียนรู้ การแก้ปัญหาให้นักเรียนได้เห็นในระหว่างกิจกรรม

5. สนับสนุนให้นักเรียนแสดงปัญหาในหลาย ๆ รูปแบบ

6. ให้นักเรียนแสดงบทบาทเป็นครูเพื่อถ่ายทอดความรู้ให้เพื่อนร่วมชั้นเข้าใจ

7. ใช้วิธีการอ่าน เขียน อภิปราย และโต้วาทีเพื่อส่งเสริมความสนใจ เจตคติและความเชื่อของนักเรียน

8. ถามคำถามนักเรียนว่า ใคร อะไร เมื่อไหร่ ที่ไหน ทำไม และอย่างไร โดยให้นักเรียนอธิบายคำตอบที่ถูกและผิด และถามว่าทำไมจึงคิดเช่นนั้น ให้นักเรียนอธิบายแบบจำลองความคิด ด้วยภาษาของตนเอง และให้สื่อสารความเข้าใจของตนเองออกมาด้วยการวาดภาพ

9. เริ่มต้นบทเรียนด้วยแนวคิดที่ง่ายและปัญหาที่กระตุ้นให้นักเรียนเกิดความสนใจ เปิดโอกาสให้นักเรียนได้ใช้แนวคิดดังกล่าว

10. กระตุ้นให้นักเรียนตั้งคำถามเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ด้วยตัวเอง สร้างสมมติฐาน ค้นหาคำตอบ และนำความรู้ไช้ในชีวิตจริง ให้นักเรียนเชื่อมโยงบทเรียนกับชีวิตประจำวัน

เมื่อนำข้อมูลข้างต้นมาเชื่อมโยงกับองค์ประกอบสำคัญในการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานที่ Rea - Ramirez, Clement, Núñez - Oviedo (2008) และ Gilbert and Buckley (2002) อ้างถึงใน ธณัฏฐา คงทน (2557) ได้เสนอไว้ จะได้บทบาทของครูและนักเรียนในการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ดังนี้

ตารางที่ 2.1 บทบาทของครูและนักเรียนในการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

องค์ประกอบของการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน	**บทบาทของครู**	**บทบาทของนักเรียน**
การสร้างแบบจำลอง	ครูเปิดโอกาสให้นักเรียนแสดงแบบจำลองความคิดของตนเองออกมาให้มากที่สุด โดยการใช้คำถาม, กิจกรรมเร้าความสนใจ เพื่อกระตุ้นให้นักเรียนคิดและสะท้อนความคิดของตนเองออกมาโดยใช้ภาษาของตนเอง	นักเรียนสังเกต รวบรวมข้อมูลและสร้างแบบจำลองความคิดของตนเอง เพื่ออธิบายปรากฏการณ์ต่าง ๆ
การประเมินแบบจำลอง	ครูกระตุ้นให้นักเรียนประเมินความสอดคล้องของแบบจำลองที่สร้างขึ้นกับหลักฐานที่เป็นข้อมูลเชิงประจักษ์ โดยให้นักเรียนทำการทดลอง ศึกษาค้นคว้าข้อมูล รวบรวมข้อมูลเชิงประจักษ์ เพื่อนำมาประเมินแบบจำลองที่นักเรียนสร้างขึ้น	นักเรียนตรวจสอบว่าแบบจำลองที่สร้างขึ้นมีความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์หรือไม่ มากน้อยเพียงใด หากแบบจำลองของนักเรียนอธิบายปรากฏการณ์ที่ศึกษาได้ไม่ดีพอนักเรียนจะต้องแก้ไข
การดัดแปลงแก้ไขแบบจำลอง	ครูให้นักเรียนนำข้อมูลต่าง ๆ มาใช้ในการดัดแปลงและแก้ไขแบบจำลองของตนเองให้สอดคล้องกับหลักฐานเชิงประจักษ์ และสามารถอธิบายปรากฏการณ์ได้อย่างถูกต้อง	นักเรียนดัดแปลงแก้ไขแบบจำลองจนได้แบบจำลองที่สามารถอธิบายปรากฏการณ์ได้อย่างถูกต้อง

ตารางที่ 2.1 (ต่อ)

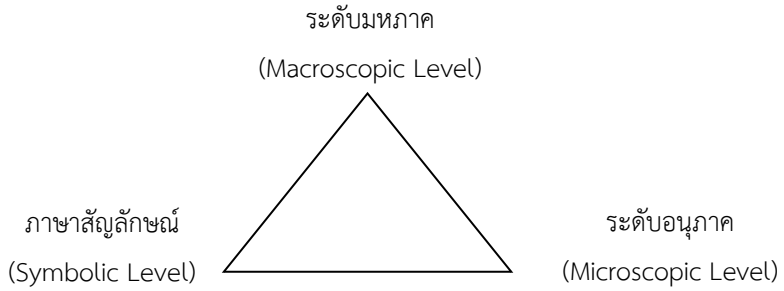
องค์ประกอบของการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน	บทบาทของครู	บทบาทของนักเรียน
การขยายแบบจำลอง	ครูให้นักเรียนนำแบบจำลองที่สร้างขึ้นมาอธิบายสถานการณ์อื่น เพื่อขยายแนวคิดให้กว้างขึ้น	นักเรียนนำแบบจำลองที่ดัดแปลงแก้ไขแล้วมาอธิบายหรือทำนายปรากฏการณ์อื่นหรือสถานการณ์อื่น

3. การใช้แบบจำลองในการจัดการเรียนรู้วิชาเคมี

การใช้แบบจำลองในการจัดการเรียนรู้วิชาเคมีมีความเกี่ยวข้องกับธรรมชาติของเนื้อหาวิชาเคมี ประเภทของแบบจำลองที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้วิชาเคมี และตัวอย่างการใช้แบบจำลองในการจัดการเรียนรู้วิชาเคมี ซึ่งจะนำเสนอดังต่อไปนี้

3.1 ธรรมชาติของเนื้อหาวิชาเคมี

วิชาเคมีเป็นวิชาที่มีเนื้อหาส่วนใหญ่เป็นนามธรรม ไม่อยู่ในระดับที่นักเรียนสังเกตเห็นได้ง่าย จึงอาจทำให้นักเรียนไม่สามารถสร้างภาพในใจได้ นำไปสู่ความไม่เข้าใจแนวคิดหลักทางเคมี ส่งผลให้ผลสัมฤทธิ์ในการเรียนรู้วิชาเคมีต่ำ ซึ่งเป็นสาเหตุมาจากการอธิบายด้วยศัพท์เฉพาะทางวิทยาศาสตร์ การใช้ภาษาสัญลักษณ์ การทับศัพท์ภาษาอังกฤษ หรือการบัญญัติคำภาษาไทยเป็นคำที่ไม่คุ้นเคย ทำให้นักเรียนอาจไม่เข้าใจภาษาสัญลักษณ์ทางเคมี จึงเป็นอุปสรรคในการเรียนวิชาเคมี ซึ่ง Johnstone, A.H. (1993) อ้างถึงใน พัชรี ร่มพยอม วิชัยดิษฐ (2562) ได้จำแนกการนำเสนอแนวคิดทางเคมีไว้ 3 ระดับ ดังภาพที่ 2.2



ภาพที่ 2.2 การนำเสนอแนวคิดทางเคมี 3 ระดับ

ที่มา: Johnstone, A.H. (1993) อ้างถึงใน พัชรี ร่มพยอม วิชัยดิษฐ (2562, น. 6)

การเรียนวิชาเคมี นักเรียนต้องเข้าใจปรากฏการณ์ทั้ง 3 ระดับ ดังนี้

1. การนำเสนอแนวคิดระดับมหภาค (Macroscopic Level) หมายถึง ปรากฏการณ์ที่นักเรียนสามารถสังเกตเห็นหรือจับต้องได้ เช่น การเปลี่ยนสีและการเกิดตะกอนของสาร เป็นต้น

2. การนำเสนอแนวคิดระดับอนุภาค (Microscopic Level) หมายถึง คำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ในระดับอะตอม โมเลกุล หรือไอออน เช่น เกลือแกงละลายในน้ำ อธิบายในระดับอนุภาคได้ว่าไอออนบวกและไอออนลบจะแยกจากกันและโมเลกุลของน้ำเข้าล้อมรอบ โดยโมเลกุลของน้ำจะหันขั้วลบเข้าล้อมรอบโซเดียมไอออน และหันขั้วบวกเข้าล้อมรอบคลอไรด์ไอออน

3. การนำเสนอแนวคิดด้วยภาษาสัญลักษณ์ (Symbolic Level) หมายถึง การใช้สัญลักษณ์ทางเคมี สูตร สมการ ภาพโครงสร้างโมเลกุล แผนภาพ แบบจำลอง เพื่อนำเสนอแนวคิดทางเคมีในระดับมหภาคหรืออนุภาค

การจัดการเรียนรู้วิชาเคมี ครูต้องให้ความสำคัญกับการเชื่อมโยงแนวคิดทางเคมีทั้ง 3 ระดับนี้กับนักเรียน เนื่องจากเป็นสิ่งที่ครูเข้าใจอยู่แล้ว และคิดว่าสิ่งที่ครูสอนไม่ใช่เรื่องที่ยากจะเข้าใจ แต่สำหรับนักเรียนแล้ว นักเรียนอาจเข้าใจเพียงส่วนที่สังเกตได้ ไม่ได้เชื่อมโยงไปถึงภาษาสัญลักษณ์ จะทำให้นักเรียนเรียนเคมีโดยปราศจากความเข้าใจ และเป็นการเรียนแบบท่องจำ (พัชรี ร่มพยอม วิชัยดิษฐ, 2562)

สรุปได้ว่า ในการจัดการเรียนรู้วิชาเคมี ครูต้องคำนึงถึงความสำคัญในการเชื่อมโยงแนวคิดทางเคมีทั้ง 3 ระดับ ได้แก่ ระดับมหภาค ระดับอนุภาค และภาษาสัญลักษณ์ เพื่อให้นักเรียนสามารถเรียนวิชาเคมีด้วยความเข้าใจ ซึ่งการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เป็นวิธีการจัดการเรียนรู้ที่ให้นักเรียนสร้างแบบจำลองขึ้นมาเพื่ออธิบายปรากฏการณ์ต่าง ๆ ได้ประเมินแบบจำลองที่สร้างขึ้นว่าสอดคล้องกับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์หรือไม่ และดัดแปลงแก้ไขแบบจำลอง ให้สอดคล้องกับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ ตลอดจนนำแบบจำลองไปใช้ในการอธิบายสถานการณ์อื่น ซึ่งกระบวนการดังกล่าวจะทำให้นักเรียนได้เชื่อมโยงแนวคิดทางเคมีทั้งในระดับมหภาค ระดับอนุภาค และภาษาสัญลักษณ์

3.2 ประเภทของแบบจำลองที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้วิชาเคมี

Gilbert (2005) ได้แบ่งประเภทของแบบจำลองออกเป็น 8 ประเภท โดยอาศัยลักษณะที่แตกต่างกันของแบบจำลองเป็นเกณฑ์ ดังนี้

1. แบบจำลองทางความคิด (mental models) เป็นแบบจำลองเฉพาะของแต่ละบุคคลที่สร้างขึ้นโดยบุคคลนั้น ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของความรู้ที่อยู่ภายใน จึงถือว่าเป็นแบบจำลองของบุคคล (personal model) ที่อธิบายเกี่ยวกับปรากฏการณ์ธรรมชาติ โดยอาจมีระดับความสอดคล้องกับความรู้ทางวิทยาศาสตร์ต่างกัน ดังนั้นจึงเป็นการยากที่จะทำให้ผู้อื่นเข้าใจแบบจำลองทางความคิดของบุคคลนั้น

2. แบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ (scientific models) เป็นแบบจำลองที่ได้รับการยอมรับจากประชาคมวิทยาศาสตร์ ซึ่งแสดงความคิดเกี่ยวกับกระบวนการที่เกิดขึ้นของโลก เช่น แบบจำลอง DNA

ของ Watson and Crick เป็นต้น สามารถแสดงออกได้หลายรูปแบบไม่ว่าจะเป็น แผนผัง ไดอะแกรม สมการทางคณิตศาสตร์

3. แบบจำลองประวัติศาสตร์ (historical models) เป็นแบบจำลองที่ได้รับการยอมรับจากประชาคมวิทยาศาสตร์ เช่น แบบจำลองอะตอมของโบร์ เป็นต้น

4. แบบจำลองที่แสดงออก (expressed models) เป็นการนำเสนอแบบจำลองทางความคิดเพื่อสื่อสารให้ผู้อื่นรับรู้ ทำให้แบบจำลองทางความคิดชัดเจนมากขึ้น

5. แบบจำลองมติของกลุ่ม (consensus models) เป็นแบบจำลองที่ได้รับการยอมรับจากกลุ่มผู้ศึกษาเรื่องนั้น ๆ เช่น แบบจำลองที่ได้จากการลงมติของนักเรียนในชั้นเรียน เป็นต้น

6. แบบจำลองหลักสูตร (curricular models) เป็นแบบจำลองที่มีจุดประสงค์เพื่อทำให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ได้ง่ายขึ้น เช่น แบบจำลองแบบจุดของลิวอิส ใช้แสดงโครงสร้างอะตอมและการสร้างพันธะของสาร เป็นต้น

7. แบบจำลองการสอน (teaching models) เป็นแบบจำลองที่สร้างขึ้นเพื่อส่งเสริมการเรียนรู้ของนักเรียน เพื่อให้นักเรียนเข้าใจแบบจำลองหลักสูตรมากขึ้น เช่น การอุปมาอุปมัยระหว่างระบบสุริยะจักรวาลกับโครงสร้างอะตอม เป็นต้น

8. แบบจำลองผสม (hybrid models) เป็นแบบจำลองที่เกิดจากการใช้ลักษณะของแบบจำลองหลาย ๆ ประเภทร่วมกัน

3.3 ตัวอย่างการใช้แบบจำลองในการจัดการเรียนรู้วิชาเคมี

ในการจัดการเรียนรู้วิชาเคมี มีผู้นำแบบจำลองมาใช้ในการจัดการเรียนรู้อย่างหลากหลาย ดังนี้

ชัยยนต์ ศรีเชียงหา (2554) ได้ใช้แบบจำลองในการจัดการเรียนรู้ เรื่อง ปฏิกิริยาผันกลับได้ โดยกิจกรรมการเรียนรู้เริ่มจากครูตรวจสอบความรู้เดิมโดยยกตัวอย่างภาพปฏิกิริยาเคมีแล้วถามนักเรียนว่าเป็นการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพหรือเคมี เพราะเหตุใด และเป็นการเปลี่ยนแปลงที่ผันกลับได้หรือไม่ เพราะเหตุใด จากนั้นครูสาธิตการทดลองที่เกี่ยวกับปฏิกิริยาผันกลับได้ ให้นักเรียนสังเกตการเปลี่ยนแปลงแล้ววาดภาพแล้วนำเสนอ ต่อมาครูให้นักเรียนชมแอนิเมชันเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงในระดับอนุภาค พร้อมทั้งเปรียบเทียบว่าแบบจำลองที่นักเรียนสร้างกับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ จากนั้นให้นักเรียนนำแบบจำลองของตนมาอธิบายปฏิกิริยาที่ครูได้สาธิตในข้างต้น ถ้าแบบจำลองของนักเรียนไม่สามารถอธิบายการเปลี่ยนแปลงได้นักเรียนจะปรับปรุงอย่างไร ครูและนักเรียนร่วมกันเขียนสมการและสรุปความรู้เกี่ยวกับปฏิกิริยาผันกลับได้ ตลอดจนนำความรู้เรื่องปฏิกิริยาผันกลับได้ไปใช้ในการอธิบายปฏิกิริยาอื่น ๆ

ภรทิพย์ สุภัทรชัยวงศ์ (2556) ได้ใช้แบบจำลองในการจัดการเรียนรู้ เรื่อง การจัดเรียงอิเล็กตรอน โดยกิจกรรมการเรียนรู้เริ่มจากการทบทวนความรู้เดิมเกี่ยวกับแบบจำลองอะตอมแบบกลุ่มหมอกยกตัวอย่างธาตุไฮโดรเจน แล้วถามนักเรียนว่าบริเวณที่มีโอกาสพบอิเล็กตรอนของไฮโดรเจนมีรูปร่างอย่างไร

ให้นักเรียนวาดภาพแสดงแล้วแลกเปลี่ยนความคิดเห็นจนได้ข้อสรุปเกี่ยวกับความหมาย รูปร่างของออร์บิทัล และสัญลักษณ์ จากนั้นให้นักเรียนเขียนการบรรจุอิเล็กตรอนลงในออร์บิทัลของอะตอมที่มี 2 อิเล็กตรอน แล้วนำเสนอ ขั้นต่อมาครูใช้การอุปมาอุปมัยการบรรจุอิเล็กตรอนในออร์บิทัลเทียบกับการจอดรถ แล้วให้นักเรียนเปรียบเทียบว่ารูปแบบการจัดเรียงอิเล็กตรอนที่นักเรียนนำเสนอสอดคล้องตามหลักการบรรจุอิเล็กตรอนหรือไม่ หากไม่สอดคล้องนักเรียนจะต้องปรับปรุงแบบจำลองของตนเองแล้วอภิปรายร่วมกันเพื่อนำไปสู่ข้อสรุป เมื่อนักเรียนเข้าใจหลักการแล้วนักเรียนจะต้องนำความรู้ไปใช้ในสถานการณ์อื่น

ณัชธฤต เกื้อทาน (2557) ได้ใช้แบบจำลองในการจัดการเรียนรู้ เรื่อง การเกิดพันธะไอออนิก โดยกิจกรรมการเรียนรู้เริ่มจากครูทบทวนความรู้เดิมเรื่องพลังงานไอออไนเซชันและการเกิดไอออนบวก ไอออนลบ จากนั้นให้นักเรียนสร้างแบบจำลองแสดงการรวมตัวของธาตุโซเดียมและคลอรีนโดยให้นักเรียนวาดภาพแสดง แล้วให้นักเรียนออกมานำเสนอ ต่อมาครูให้นักเรียนดูวีดิโอการเกิดพันธะระหว่างอะตอมของโซเดียมกับคลอรีน แล้วพิจารณาว่าแบบจำลองที่นักเรียนสร้างขึ้นสอดคล้องกับข้อมูลได้รับหรือไม่ หากไม่สอดคล้องให้นักเรียนปรับปรุงแบบจำลองให้สอดคล้องกับข้อมูลที่ได้รับ โดยเปิดโอกาสให้นักเรียนอภิปรายและแสดงความคิดเห็นร่วมกันจนได้แบบจำลองมติของกลุ่ม แล้วนำแบบจำลองไปใช้อธิบายในสถานการณ์อื่น

ธีรตา ชาตะวรรณ (2561) ได้ใช้แบบจำลองในการจัดการเรียนรู้ เรื่อง รูปร่างโมเลกุลโคเวเลนต์ โดยกิจกรรมการเรียนรู้เริ่มจากตรวจสอบความรู้เดิมเกี่ยวกับการเขียนสูตรโครงสร้างลิวอิส ของโมเลกุลแก๊สมีเทน แก๊สแอมโมเนีย และน้ำแล้วให้นักเรียนตอบคำถามเกี่ยวกับพันธะในโมเลกุลของสาร และเชื่อมโยงว่าโมเลกุลเหล่านี้มีรูปร่างโมเลกุลเหมือนหรือแตกต่างกันอย่างไร ขั้นต่อมาให้นักเรียนสร้างแบบจำลองรูปร่างโมเลกุลของแก๊สมีเทน แก๊สแอมโมเนีย และน้ำ โดยการวาดภาพ แล้วให้นักเรียนนำเสนอ จากนั้นให้นักเรียนทำกิจกรรมเพื่อทดสอบแบบจำลองโดยใช้เทคโนโลยีเสมือนจริง นักเรียนแต่ละกลุ่มอภิปรายร่วมกัน แล้วสรุปแบบจำลองมติของกลุ่มออกมานำเสนอ ครูเลือกแบบจำลองที่สมบูรณ์มาใช้อภิปรายร่วมกับนักเรียนเพื่อให้ได้แบบจำลองที่สอดคล้องกับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ ครูให้ความรู้เพิ่มเติมเกี่ยวกับทฤษฎีการผลักระหว่างคู่อิเล็กตรอนในวงเวเลนซ์ หรือทฤษฎี VSEPR แล้วให้นักเรียนทำกิจกรรมเพื่อนำแบบจำลองไปใช้ในการอธิบายสถานการณ์อื่น

สรุปได้ว่า แบบจำลองถูกนำมาใช้ในการจัดการเรียนรู้วิชาเคมีอย่างหลากหลาย เนื่องจากเนื้อหาวิชาเคมีมีความเป็นนามธรรม ยากต่อการทำความเข้าใจ การใช้แบบจำลองในการจัดการเรียนรู้จึงทำให้นักเรียนเข้าใจแนวคิดทางเคมีได้ดียิ่งขึ้น โดยกิจกรรมการเรียนรู้จะเป็นการให้นักเรียนสร้างแบบจำลองขึ้นมาก่อน โดยแบบจำลองที่นักเรียนสร้างขึ้นไม่จำเป็นต้องสอดคล้องกับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ จากนั้นครูจึงให้นักเรียนทำกิจกรรม หรือสืบค้นข้อมูล แล้วให้นักเรียนพิจารณาแบบจำลองของตนว่ามีความสอดคล้องกับข้อมูลที่ได้รับหรือไม่ อย่างไร โดยเปิดโอกาสนักเรียนอิปราย แสดงความคิดเห็นร่วมกัน หากแบบจำลองที่นักเรียนสร้างขึ้นไม่สอดคล้องกับข้อมูลที่ได้รับ นักเรียนจะต้องปรับปรุงแบบจำลองของ

ตนจนได้แบบจำลองที่สอดคล้องกับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ แล้วนำแบบจำลองที่ได้ไปใช้อธิบายหรือทำนายในสถานการณ์อื่น

4. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์

4.1 ความหมายและขอบเขตของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์

4.1.1 ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์

ในหัวข้อนี้จะได้นำเสนอข้อมูลของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ ซึ่งมีความหมายคล้ายคลึงกัน ดังนี้

กู๊ด (Good, 1992) ได้ให้ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง ความรู้หรือทักษะอันเกิดจากการเรียนรู้ในวิชาต่าง ๆ ที่ได้เรียนมาแล้ว ซึ่งได้จากการทดสอบของครูผู้สอนหรือผู้รับผิดชอบในการสอนหรือทั้งสองอย่างร่วมกัน

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี กระทรวงศึกษาธิการ (2541) กล่าวว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ หมายถึง พฤติกรรมการเรียนรู้ที่พึงประสงค์ด้านสติปัญญาหรือความรู้คิดในวิทยาศาสตร์ แบ่งเป็น 4 ด้าน คือ ด้านความรู้ความจำ ด้านความเข้าใจ ด้านกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ และด้านการนำความรู้และวิธีการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้

ภพ เลาหไพบูลย์ (2542) กล่าวว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความสามารถในการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ที่วัดได้จากการใช้เครื่องมือในการวัดโดยเน้นพฤติกรรมที่พึงประสงค์ ได้แก่ พฤติกรรมด้านความรู้ ความจำ ความเข้าใจ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และการนำความรู้ไปใช้

สรุปได้ว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความรู้ ความเข้าใจ และทักษะที่เกิดจากการเรียนวิทยาศาสตร์ ซึ่งสามารถวัดได้จากคุณลักษณะที่แสดงออกโดยใช้เครื่องมือในการวัด

4.1.2 ขอบเขตของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์

ขอบเขตของการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ มีผู้ให้ไว้ดังนี้

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี และกระทรวงศึกษาธิการ (2541) ได้ปรับปรุงหลักสูตรวิชาวิทยาศาสตร์ให้เอื้อต่อการพัฒนาความสามารถของนักเรียน โดยยึดจุดประสงค์ ดังนี้

1. เพื่อให้เกิดความเข้าใจในหลักการและทฤษฎีขั้นพื้นฐานของวิชาวิทยาศาสตร์
2. เพื่อให้เกิดความเข้าใจในลักษณะขอบเขต และวงจำกัดของวิทยาศาสตร์
3. เพื่อให้เกิดทักษะในการศึกษาค้นคว้าด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
4. เพื่อให้มีเจตคติทางวิทยาศาสตร์

5. เพื่อให้เกิดความเข้าใจในความสัมพันธ์ระหว่างวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี และอิทธิพลของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีต่อมวลมนุษย์และสภาพแวดล้อม

6. เพื่อสามารถนำความรู้ ความเข้าใจในเรื่องวิทยศาสตร์และเทคโนโลยีไปใช้ประโยชน์ต่อสังคมและพัฒนาคุณภาพชีวิต

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2546) ได้กล่าวถึงการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ จะต้องวัดทั้งความรู้และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เพื่อความสะดวกในการประเมินว่านักเรียนเรียนรู้ไปมากน้อยเพียงใด จึงจำแนกพฤติกรรมออกเป็น 4 พฤติกรรม ดังนี้

1. ความรู้/ ความจำ หมายถึง ความสามารถในการระลึกถึงสิ่งที่เรียนมา เกี่ยวข้องกับข้อเท็จจริง หลักการ กฎ และทฤษฎี

2. ความเข้าใจ หมายถึง ความสามารถในการจำแนกความรู้เมื่อปรากฏอยู่ในรูปแบบใหม่ และความสามารถในการแปลความรู้จากเหตุการณ์หนึ่งไปสู่เหตุการณ์หนึ่ง

3. การนำความรู้ไปใช้ หมายถึง ความสามารถในการจำแนกความรู้หรือวิธีการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ในสถานการณ์ใหม่

4. ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความสามารถในการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์

Bloom (1965) ได้กล่าวถึงลำดับขั้นของการเขียนวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมด้านความรู้ความคิดไว้ 6 ขั้น ดังนี้

1. ความรู้ความจำ (Knowledge) หมายถึง การระลึกหรือท่องจำความรู้ต่าง ๆ ที่ได้เรียนมาแล้วโดยตรง รวมถึงการระลึกถึงข้อมูล ข้อเท็จจริงต่าง ๆ รวมถึงกฎเกณฑ์ ทฤษฎีจากตำรา

2. ความเข้าใจ (Comprehension) หมายถึง ความสามารถในการจับใจความสำคัญของเนื้อหาที่ได้เรียน หรือการแปลความจากตัวเลข การสรุป การย่อความต่าง ๆ

3. การนำไปใช้ (Application) หมายถึง ความสามารถในการนำความรู้ที่ได้เรียนมาแล้วไปใช้ในสถานการณ์ใหม่ รวมถึงการนำกฎ มโนทัศน์ หลักการ วิธีการไปใช้ ซึ่งนักเรียนจะต้องมีความเข้าใขจในเอหาเป็นอย่างดีก่อนจึงจะนำความรู้ไปใช้ได้

4. การวิเคราะห์ (Analysis) หมายถึง ความสามารถในการแยกแยะเนื้อหาวิชาเป็นองค์ประกอบย่อยๆ เพื่อให้มองเห็นหรือเข้าใจความเชื่อมโยงต่าง ๆ รวมถึงการแยกแยะหาส่วนประกอบย่อยๆ หาความสัมพันธ์ระหว่างส่วนย่อย ๆ ตลอดจนหลักการสำคัญที่เกี่ยวข้อง

5. การสังเคราะห์ (Synthesis) หมายถึง ความสามารถที่จะนำส่วนย่อย ๆ มาประกอบกันเป็นสิ่งใหม่ การสังเคราะห์จึงเกี่ยวกับการวางแผน การออกแบบการทดลอง การตั้งสมมติฐาน การแก้ปัญหาที่ยาก เน้นพฤติกรรมที่สร้างสรรค์ที่จะสร้างแนวคิดหรือแบบแผนใหม่ ๆ ขึ้นมา

6. การประเมินค่า (Evaluation) หมายถึง ความสามารถที่จะตัดสินใจเกี่ยวกับคุณค่าต่างๆ ไม่ว่าจะเป็นคำพูด นวนิยาย บทกวี หรือรายงานการวิจัย การตัดสินใจดังกล่าวต้องอยู่บนกฎเกณฑ์ที่แน่นอน ซึ่งอาจจะเป็นเกณฑ์ที่นักเรียนคิดขึ้นมาเองหรือนำมาจากที่อื่นก็ได้

ต่อมาในปี 2001 ได้มีผู้ปรับลำดับขั้นของการเขียนวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมของ Bloom ขึ้นมาใหม่ โดย Anderson and Krathwohl อ้างถึงใน กัญจนา ลินทรัตนศิริกุล (2557) ดังนี้

1. การจำ (remembering) ได้แก่ การเรียกข้อมูลกลับคืนมา (retrieving) การจำได้ (recognizing) และการนำความรู้ที่จำได้นั้นออกมาใช้ด้วยตนเอง (recalling)

2. การทำความเข้าใจ (understanding) ได้แก่ การสร้างความรู้ด้วยตนเองผ่านการพูด การเขียน การใช้ภาพสัญลักษณ์ ด้วยการตีความ การทดสอบ การจัดหมวดหมู่ การสรุปอ้างถึง การเปรียบเทียบ และการอธิบาย

3. การประยุกต์ใช้ (applying) ขั้นการนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ ได้แก่ การนำความรู้เดิมไปใช้ผ่านกระบวนการคิด เมื่อประสบปัญหาสามารถนำเอาความรู้เดิมไปใช้ในสถานการณ์ใหม่

4. การวิเคราะห์ (analyzing) ประกอบด้วย การแยกย่อยสิ่งที่ต้องศึกษาออกเป็นส่วนๆ และทำการศึกษาถึงองค์ประกอบของส่วนย่อยๆ และทำการศึกษา ตัดสินใจว่าในแต่ละส่วนนั้นมีความสัมพันธ์กันอย่างไร ตลอดจนศึกษาในแง่ภาพรวมของโครงสร้างของสิ่งที่ศึกษา หรือการวิเคราะห์ถึงความเหมือน ความแตกต่าง รวมถึงคุณลักษณะของสิ่งที่ศึกษา

5. การประเมินค่า (evaluating) ประกอบด้วย การตัดสินใจจากเกณฑ์ที่กำหนดขึ้นว่าสิ่งที่ประเมินนั้นมีคุณสมบัติ คุณภาพ คุณลักษณะตรงตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้หรือไม่

6. การสร้างสรรค์ (creating) ได้แก่ การนำองค์ความรู้ที่กล่าวไปแล้วนั้นมาบูรณาการใช้ร่วมกัน ทั้งในด้านความสอดคล้องของความรู้ (coherent) สามารถนำเอาความรู้มาใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ (functional whole) นำความรู้เดิมมาจัดระบบความคิดเกิดเป็นองค์ความรู้ใหม่ ทั้งในด้านแบบแผนหรือโครงสร้างของชุดความรู้ ซึ่งผลของขั้นการสร้างสรรค์อาจอยู่ทั้งในรูปของการได้มาซึ่งความรู้ใหม่ (generate) รูปแบบของการวางแผนที่ต่างไปจากเดิม (plan) หรืออาจเป็นผลผลิตใหม่ (product)

4.2 การสร้างและหาคุณภาพของเครื่องมือวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์

4.2.1 การสร้างเครื่องมือวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์

ศิริชัย กาญจนวาสี (2556) ได้กล่าวถึงขั้นตอนการสร้างและพัฒนาแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ ดังนี้

1. กำหนดจุดมุ่งหมายของการสอบโดยต้องสอดคล้องกับจุดมุ่งหมายของการเรียนรู้และจุดมุ่งหมายของหลักสูตร

2. ออกแบบการสร้างแบบทดสอบ เป็นการกำหนดรูปแบบ ขอบเขต และแนวทางการสร้าง เพื่อให้ได้มาซึ่งข้อสอที่มีคุณภาพ ประกอบด้วย

2.1 การวางแผนการทดสอบ

2.2 การกำหนดรูปแบบของการทดสอบ ได้แก่ แบบทดสอบอิงกลุ่ม แบบทดสอบข้อเขียน แบบทดสอบเสนอคำตอบ แบบทดสอบความเร็ว และแบบทดสอบเป็นกลุ่ม

2.3 การสร้างแผนผังการทดสอบ เพื่อให้จุดมุ่งหมายการเรียนรู้ กิจกรรมการเรียนการสอนและการสร้างแบบทดสอบมีความสัมพันธ์กัน

2.4 เพื่อเสนอรายละเอียดของการทดสอบแต่ละครั้งว่าจะวัดเนื้อหาอะไร และจะวัดจุดมุ่งหมายของการเรียนรู้อะไร ขอบเขตของเนื้อหาวิชาตลอดจนการกำหนดน้ำหนักความสำคัญหรือสัดส่วนข้อสอบสำหรับวัดพฤติกรรมที่ต้องการทดสอบแต่ละครั้ง

3. เขียนข้อสอบ โดยผู้เขียนจำเป็นต้องมีความรู้ในเนื้อหาวิชาเป็นอย่างดีและต้องมีความรู้ในเทคนิคการเขียน โดยมีลำดับขั้นตอนการเขียน ดังนี้

3.1 กำหนดแบบแผนข้อสอบ

3.2 ร่างข้อสอบ

3.3 ทบทวนร่างข้อสอบโดยผู้เขียนข้อสอบและโดยผู้อื่น เช่น อาจารย์ ผู้เชี่ยวชาญ เป็นต้น

3.4 บรรณาธิการข้อสอบ โดยการปรับปรุงข้อบกพร่อง รวมทั้งขัดเกลาข้อความและภาษาให้เหมาะสมกับผู้เรียน

4. ทดลองใช้ข้อสอบและวิเคราะห์ข้อสอบ ควรระมัดระวังในการเลือกกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการทดสอบข้อสอบ ไม่ควรใช้กลุ่มตัวอย่างที่แตกต่างจากกลุ่มเป้าหมายแบบสุดขั้ว เมื่อทดลองใช้แล้ว นำมาวิเคราะห์และคัดเลือกข้อสอบ โดยการหาความยากง่ายและอำนาจจำแนกที่เหมาะสม นำข้อสอบมารวมกันเป็นแบบทดสอบ และทำการวิเคราะห์แบบทดสอบโดยการหาความเที่ยงและความตรง

5. นำแบบทดสอบไปใช้

6. วิเคราะห์คุณภาพของแบบทดสอบด้านความเที่ยงและความตรง

7. ปรับปรุงแบบทดสอบ

4.2.2 การหาคุณภาพเครื่องมือวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์

การหาเครื่องมือวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเป็นการหาคุณภาพเป็นรายข้อและทั้งฉบับ การหาคุณภพเป็นรายข้อ ได้แก่ ความยากและอำนาจจำแนก ส่วนการตรวจสอบคุณภาพ ทั้งฉบับ ได้แก่ ความตรงและความเที่ยง (สมคิด พรมจุ้ย, 2560) โดยมีรายละเอียดดังนี้

1) ความตรง

หมายถึง ความสามารถของเครื่องมือในการวัดสิ่งที่ต้องการวัด แบ่งตามจุดประสงค์ได้ดังนี้

(1) ความตรงเชิงเนื้อหา เป็นการตรวจสอบอย่างเป็นระบบในเนื้อหาของเครื่องมือหรือแบบทดสอบที่สร้างขึ้นว่าครอบคุลมตัวอย่างของขอบเขตเนื้อหาที่ต้องการวัดหรือไม่

(2) ความตรงเชิงโครงสร้าง เป็นการแสดงหลักฐานว่าเครื่องมือนั้นสามารถวัดขอบเขต ความหมาย หรือคุณลักษณะตามโครงส้รางที่ต้องการวัด เช่น แบบวัดความสามารถในการคิด เป็นต้น

(3) ความตรงเชิงเกณฑ์สัมพันธ์ เป็นการหาความสัมพันธ์ระหว่างคะแนนจากเครื่องมือที่สร้างขึ้นกับคะแนนจากตัวแปรเกณฑ์ สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ที่ได้เรียกว่าสัมประสิทธิ์ความตรงเชิงเกณฑ์

2) ความเที่ยง

หมายถึง ความคงที่ของการวัด เมื่อนำเครื่องมือใด ๆ ไปวัดแล้วผลที่ได้จากการวัดควรจะเหมือนเดิม การตรวจสอบความเที่ยงสามารถทำได้หลายวิธี ดังนี้

(1) วิธีสอบซ้ำ เป็นการตรวจสอบความเที่ยงโดยการนำแบบทดสอบฉบับเดียวกันไปสอบกับกลุ่มผู้สอบกลุ่มเดียวกัน 2 ครั้ง โดยมีการเว้นระยะระหว่างการสอบ 2 ครั้ง อาจเป็น 7 - 10 วัน แล้วนำผลที่ได้จากการสอบทั้ง 2 ครั้งมาหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์

(2) วิธีการใช้ฟอร์มเทียบเท่าหรือฟอร์มคู่ขนาน เป็นการนำแบบทดสอบ 2 ฉบับ ที่มีลักษณะเหมือนกัน (เนื้อหา จำนวนข้อคำถาม โครงสร้าง ระดับความยาก คำชี้แจง การตรวจให้คะแนนต้องเหมือนกัน) ไปสอบผู้สอบกลุ่มเดียวกันในวันเดียวกัน แล้วนำคะแนนที่ได้จากการสอบมาหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์

(3) วิธีการหาความสอดคล้องภายใน เป็นวิธีการหาความเที่ยงจากการใช้แบบทดสอบเพียงฉบับเดียวและดำเนินการสอบเพียงครั้งเดียว สามารถทำได้ 3 วิธี คือ

ก. วิธีแบ่งครึ่ง สามารถทำได้ 4 วิธี คือ การแบ่งครึ่งโดยการสุ่ม การแบ่งครึ่งส่วนบนและส่วนล่าง การแบ่งครึ่งโดยการเทียบเท่ากัน และการแบ่งครึ่งโดยใช้ข้อคี่ข้อคู่ และนำมาหาความเที่ยงโดยนำคะแนนที่ได้มาหาสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์โดยใช้สูตรของเพียร์สัน

ข. วิธีของคูเดอร์ - ริชาร์ดสัน เป็นวิธีที่เฟรเดอริค คูเดอร์ และเอ็มดับเบิ้ลยู ริชาร์ดสัน พัฒนาขึ้น มี 2 สูตร คือ สูตรที่ 20 หรือ KR - 20 และสูตรที่ 21 หรือ KR - 21 ข้อตกลงเบื้องต้นของวิธีการนี้ คือ การตรวจให้คะแนนเป็นแบบ 1 กับ 0 กล่าวคือ ตอบถูกให้ 1 คะแนน ตอบผิดให้ 0 คะแนน ไม่มีอิทธิพลของความเร็วเข้ามาเกี่ยวข้อง และข้อคำถามต้องวัดเนื้อหาเดียวกัน

ค. วิธีสัมประสิทธิ์แอลฟา เป็นวิธีการที่คอนบราค (Cronbach) พัฒนาขึ้น เป็นวิธีการที่สามารถนำมาใช้กับแบบทดสอบที่ให้คะแนนแบบตอบถูกให้ 1 คะแนนกับ ตอบผิดให้ 0 คะแนนได้ด้วย ซึ่งค่าที่ได้จากการใช้วิธีสัมประสิทธิ์แอลฟาจะเท่ากับการหาโดยสูตร KR – 20

3) ความยาก

ความยากของข้อสอบเป็นรายข้อเป็นค่าที่แสดงถึงสัดส่วนของผู้ตอบที่ตอบข้อนั้น ๆ ถูกต้อง ความยากของข้อสอบรายข้อนิยมใช้สัญลักษณ์ p ความยากมีค่าอยู่ระหว่าง 0 – 1.00 ข้อสอบที่นำมาใช้ในการเรียนการสอนมีค่าความยากอยู่ระหว่าง 0.20 ถึง 0.80 การแปลความหมายค่าความยากอาจใช้เกณฑ์พิจารณา ดังนี้

ตารางที่ 2.2 การแปลความหมายค่าความยาก

ค่าความยาก	**ความหมาย**
0.81 – 1.00	ข้อสอบใช้ไม่ได้ ง่ายเกินไป
0.61 – 0.80	ข้อสอบใช้ได้ แต่ค่อนข้างง่าย
0.41 – 0.60	ข้อสอบใช้ได้ ยากปานกลาง
0.20 – 0.40	ข้อสอบใช้ได้ แต่ค่อนข้างยาก
0.00 – 0.19	ข้อสอบใช้ไม่ได้ ยากเกินไป

ที่มา: สมคิด พรมจุ้ย (2560)

4) อำนาจจำแนก

อำนาจจำแนก เป็นความสามารถของข้อสอบในการจำแนกผู้ที่ได้คะแนนรวมสูงออกจากผู้ที่ได้คะแนนรวมต่ำ กล่าวคือ ถ้าข้อสอบมีความสามารถในการจำแนกผู้สอบที่ได้คะแนนรวมสูงน่าจะตอบข้อสอบถูก และผู้ที่ได้คะแนนรวมต่ำน่าจะตอบข้อสอบผิด ความยากของข้อสอบรายข้อนิยมใช้สัญลักษณ์ r มีค่าตั้งแต่ -1.00 ถึง 1.00 การแปลความหมายค่าอำนาจจำแนกอาจใช้เกณฑ์พิจารณา ดังนี้

ตารางที่ 2.3 การแปลความหมายค่าอำนาจจำแนก

ค่าความยาก	**ความหมาย**
มากกว่า 0.40	เป็นข้อสอบที่ดีมาก
0.30 – 0.39	เป็นข้อสอบที่ดี
0.20 – 0.29	เป็นข้อสอบที่อยู่ในระดับพอใช้
น้อยกว่า 0.19	เป็นข้อสอบที่ไม่ดี ควรแก้ไข

ที่มา: กัญจนา ลินทรัตนศิริกุล (2557)

สรุปได้ว่า การสร้างและหาคุณภาพเครื่องมือวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ จะต้องสร้างให้ถูกต้องตามหลักการ และผ่านการหาคุณภาพของเครื่องมือ ได้แก่ ความตรง ความเที่ยง ความยาก และอำนาจจำแนก เพื่อให้ได้แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่มีคุณภาพ

5. ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์

5.1 ความหมายและองค์ประกอบของความคิดสร้างสรรค์

5.1.1 ความหมายของความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์

ในหัวข้อนี้ได้กล่าวถึงความหมายของความคิดสร้างสรรค์และความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ที่มีนักการศึกษาได้กล่าวถึงไว้ดังนี้

อารี พันธ์มณี (2537) กล่าวว่า ความคิดสร้างสรรค์เป็นกระบวนการคิดในลักษณะอเนกนัย นำไปสู่การค้นพบสิ่งใหม่ รวมทั้งการประดิษฐ์คิดค้นพบสิ่งต่าง ๆ ตลอดจนวิธีการคิด ทฤษฎี หลักการได้สำเร็จ

ณัฏฐพงษ์ เจริญพิทย์ (2541) กล่าวว่า ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง คุณลักษณะของมนุษย์ที่แสดงออกในรูปของการคิดค้นที่นำไปสู่ผลผลิตทั้งที่เป็นนามธรรมและรูปธรรมเพื่อประโยชน์ของมนุษยชาติ โดยใช้สมรรถวิสัยทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเป็นพื้นฐาน

นวลจิตต์ เชาวกีรติพงศ์ (2559) กล่าวว่า ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง แนวทางการคิดและการกระทำของบุคคลในการเรียนรู้ปัญหา โดยใช้หลักการ และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ผลผลิตที่ได้ต้องแสดงออกถึงความคิดริเริ่มในการพัฒนาความมีประโยชน์ มีความคุณค่า

เกรียงศักดิ์ เจริญวงศ์ศักดิ์ (2563) กล่าวว่า ความคิดสร้างสรรค์ หมายถึง ความคิดในแง่บวก ไม่ทำร้ายใคร มุ่งหมายเพื่อเสริมสร้างให้ดีขึ้น เป็นการสร้างสรรค์สิ่งใหม่ ๆ ที่แตกต่างไปจากเดิม และใช้ประโยชน์ได้อย่างเหมาะสม

สรุปได้ว่า ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง กระบวนการคิดอย่างเป็นระบบในการแก้ปัญหา โดยใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ รวมถึงดัดแปลง เติมแต่งผสมผสานจินตนาการ ทำให้เกิดการค้นพบสิ่งใหม่ที่เป็นประโยชน์

5.1.2 องค์ประกอบของความคิดสร้างสรรค์

มีผู้กล่าวถึงองค์ประกอบของความคิดสร้างสรรค์ ดังนี้

Guilford (1967) ได้แบ่งองค์ประกอบของความคิดสร้างสรรค์ออกเป็น 4 องค์ประกอบ ดังนี้

1. ความคิดคล่อง (Fluency) หมายถึง ความสามารถในการคิดหาคำตอบของปัญหาได้อย่างคล่องแคล่วว่องไว ได้คำตอบหลายคำตอบโดยไม่ซ้ำกันในเวลาจำกัด แบ่งเป็น 3 แบบ คือ

1.1 ความคล่องทางแนวความคิด (Ideational Fluency)

1.2 ความคล่องทางความสัมพันธ์ (Associational Fluency)

1.3 ความคล่องทางการแสดงออก (Expressional Fluency)

2. ความคิดยืดหยุ่น (Flexibility) หมายถึง ความสามารถในการคิดหาคำตอบได้หลายประเภท หลายแนวทาง แบ่งเป็น

2.1 ความคิดยืดหยุ่นที่เกิดขึ้นทันที เป็นความสามารถในการคิดอย่างอิสระให้ได้คำตอบหลายทิศทาง

2.2 ความคิดยืดหยุ่นทางการดัดแปลง เป็นความสามรถในการดัดแปลงของสิ่งเดียวให้เกิดประโยชน์หลายด้าน

3. ความคิดริเริ่ม (Originality) หมายถึง ความสามารถในการหาคำตอบของปัญหาที่ไม่เหมือนใคร เป็นความคิดที่เกิดขึ้นครั้งแรก โดยอาศัยจินตนาการผสมผสานกับเหตุผล คิดหาสิ่งต่าง ๆ มาสัมพันธ์กัน จึงทำให้เกิดเป็นผลงานขึ้น

4. ความคิดละเอียดลออ (Elaboration) หมายถึง ความสามารถในการใช้ความคิดและประสานความคิดต่าง ๆ เข้าด้วยกัน หรืออาจเป็นการต่อเติมความคิดให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

Torrance (1962) ได้ให้ความคิดเห็นเกี่ยวกับองค์ประกอบของความคิดสร้างสรรค์ไว้ว่าประกอบด้วย 4 องค์ประกอบ ดังนี้

1. ความคิดคล่อง (Fluency) หมายถึง ความสามารถในการคิดหาคำตอบได้อย่างคล่องแคล่ว รวดเร็ว และสร้างคำตอบได้ปริมาณมากในเวลาที่จำกัด

2. ความคิดยืดหยุ่น (Flexibility) หมายถึง ความสามารถในการคิดหาคำตอบได้หลายประเภท หลายทิศทาง หลายรูปแบบ

3. ความคิดริเริ่ม (Originality) หมายถึง ลักษณะของความคิดแปลกใหม่ แตกต่างจากความคิดธรรมดา ไม่ซ้ำกับความคิดที่มีอยู่ทั่วไป

4. ความคิดละเอียดลออ (Elaboration) หมายถึง ความสามารถในการมองเห็นรายละเอียดในสิ่งที่คนอื่นมองไม่เห็น รวมถึงการเชื่อมโยงสิ่งต่าง ๆ อย่างมีความหมาย

สรุปได้ว่า ความคิดสร้างสรรค์เป็นกระบวนการคิดที่เกิดจากองค์ประกอบย่อย 4 องค์ประกอบ ได้แก่ ความคิดคล่อง ความคิดยืดหยุ่น ความคิดริเริ่ม และความคิดละเอียดลออ

5.2 ลักษณะของผู้ที่มีความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์

ได้มีผู้กล่าวถึงลักษณะของผู้ที่มีความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ไว้ดังนี้

อารี พันธ์มณี (2543) ได้อธิบายว่าผู้ที่มีความคิดสร้างสรรค์จะมีพฤติกรรมต่อไปนี้

1. อยากรู้อยากเห็น มีความกระหายใคร่รู้อยู่เสมอ

2. ชอบเสาะแสวงหา สำรวจ ศึกษา และทดลอง

3. ชอบซักถาม และถามคำถามแปลก ๆ

4. ช่างสงสัย มีความรู้สึกแปลกประหลาดใจในสิ่งที่พบเห็นเสมอ ช่างสังเกต มองเห็นลักษณะที่แปลก ผิดปกติ หรือช่องว่างที่ขาดหายไปได้ง่ายและรวดเร็ว

5. ชอบแสดงออกมากกว่าเก็บกด ถ้าสงสัยสิ่งใดก็จะถามหรือพยายามหาคำตอบโดยไม่รั้งรอ

6. มีอารมณ์ขัน มองเห็นสิ่งต่าง ๆ ในแง่มุมที่แปลก และสร้างอารมณ์ขันอยู่เสมอ

7. มีสมาธิที่ดีในสิ่งที่ตนสนใจ

8. สนุกสนานกับการใช้ความคิด

9. สนใจสิ่งต่าง ๆ อย่างกว้างขวาง และมีความเป็นตัวของตัวเอง

นอกจากนี้ นวลจิตต์ เชาวกีรติพงศ์ (2560) ได้กล่าวถึงพัฒนาการความคิดสร้างสรรค์ตั้งแต่แรกเกิดจนถึงวัยรุ่นไว้ว่า เมื่ออายุ 0 - 2 ปี จะเริ่มแสดงความอยากรู้อยากเห็น โดยการสัมผัส การชิม การดู อายุ 2-4 ปี จะเริ่มทำอะไรด้วยตัวเอง เชื่อมั่นในตัวเอง อยากรู้อยากเห็น ชอบซักถาม อายุ 4 - 6 ปี จะเริ่มรู้จักการวางแผน ชอบทดลองโดยการเล่นเชิงจินตนาการ ค้นหาทางเลือกที่เหมาะสม ถูกต้อง อายุ 6 - 8 ปี จะเริ่มปรับจินตนาการเข้าสู่โลกแห่งความเป็นจริง มีความรู้สึกสนุกกับการเรียนในโรงเรียน อายุ 8 - 10 ปี จะเริ่มทำงานที่ต้องใช้ความพยายามและใช้เวลานานได้ รวมทั้งความสามารถเฉพาะตัวในการทำงานได้อย่างสร้างสรรค์ อายุ 10 - 12 ปี จะพัฒนาความสามารถด้านศิลปะและดนตรี เพศหญิงชอยหาคำตอบจากการอ่าน เพศชายหาคำตอบจากประสบการณ์ตรง อายุ 12 - 14 ปี จะแสดงความสามารถในเชิงจินตนาการได้ดี ทั้งศิลปะ ดนตรี และงานช่าง อายุ 14 - 16 ปี จะมีการพัฒนาความสนใจอย่างรวดเร็ว แต่ยังไม่แน่นอน ใช้จินตนาการในการมองอนาคต และอายุ 16 - 18 ปี จะมีความสนใจและความถนัดที่ค่อนข้างแน่นอน รับรู้และเข้าใจความเป็นไปของสังคมตามความเป็นจริงได้มากขึ้น สามารถปลดปล่อยอารมณ์ได้อย่างเหมาะสม

สรุปได้ว่า ความคิดสร้างสรรค์เป็นสิ่งที่มีอยู่ในตัวบุคคล ซึ่งจะมีพัฒนาการตั้งแต่แรกเกิดและแตกต่างกันไปในแต่ละช่วงวัย ผู้ที่มีความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์จะมีอยากรู้อยากเห็น ช่างสงสัย ชอบซักถาม ชอบค้นคว้า ทดลอง เมื่อสงสัยสิ่งใดก็จะพยายามหาคำตอบทันที มองเห็นสิ่งต่าง ๆ ในแง่มุมแปลกใหม่ มีสมาธิกับสิ่งที่สนใจ และมีความคิดเป็นของตัวเอง

5.3 การจัดการเรียนรู้เพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์

กลวิธีในการออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ที่ส่งเสริมการใช้ความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียน (Williams, 1970 อ้างถึงใน อารี พันธ์มณี, 2545) ดังนี้

1. การสอนแบบพาราด็อกซ์ (Paradox) หมายถึง การสอนให้พิจารณาความขัดแย้งและความกลับตาลปัตรของความคิดเห็น ข้อมูลหรือสภาพการณ์ต่าง ๆ ที่ผิดธรรมดา ยากจะเชื่อ หรือค้านกับสามัญสำนึกหรือความเชื่อเดิม ทั้งนี้ย่อมขึ้นอยู่กับเหตุผลที่ประกอบสนับสนุนหรือข้อคัดค้านความคิดเห็นนั้น ๆ การคิดในลักษณะดังกล่าว นอกจากเป็นการฝึกวิธีการประเมินค่าระหว่างข้อมูลที่แท้จริงแล้ว ยังช่วย

ให้คิดในสิ่งที่แตกต่างไปจากรูปแบบเดิมที่เคยมมี เป็นการฝึกการมองสิ่งของในรูปแบบเดิมให้แตกต่างออกไป และเป็นการส่งเสริมความคิดเห็นไม่คล้อยตามกันโดยปราศจากเหตุผล ดังนั้น ในการสอนครูจึงควรกำหนดหรือให้นักเรียนรวบรวมและเลือกข้อคิดเห็น คำถาม แล้วผู้เรียนแสดงทักษะด้วยการจัดอภิปรายโต้วาทีหรือแสดงความคิดเห็นในกลุ่มย่อยก็ได้

2. การพิจารณาลักษณะ (Attribute) หมายถึง การสอนให้นักเรียนคิดพิจารณาถึงลักษณะต่างๆ ที่ปรากฏอยู่ ทั้งมนุษย์ สัตว์ สิ่งของ ในลักษฯที่แตกต่างไปกว่าที่เคยคิด รวมทั้งลักษณะที่คาดไม่ถึงด้วยก็ได้

3. การเปรียบเทียบอุปมาอุปมัย (Analogies) หมายถึง การเปรียบเทียบสิ่งของหรือสถานการณ์ที่เหมือนกัน คล้ายคลึงกัน แตกต่าง หรือตรงข้ามกัน อาจอยู่ในรูปคำเปรียบเทียบ คำพังเพย สุภาษิต ก็ได้

4. การบอกสิ่งที่คลาดเคลื่อนไปจากของจริง (Discrepancies) หมายถึง การแสดงความคิดเห็น ระบุ บ่งชี้สิ่งที่คลาดเคลื่อนจากความจริงหรือขาดตกบกพร่องหรือสิ่งที่ยังไม่สมบูรณ์ของข้อมูลความรู้และเหตุการณ์ต่าง ๆ

5. การใช้คำถามยั่วยุและการกระตุ้นให้ตอบ (Provocative Question) หมายถึง การตั้งคำถามแบบปลายเปิดและเป็นคำถามที่ยั่วยุและเร้าความรู้สึกนึกคิดให้ชวนคิดค้นคว้าให้ได้ความหายที่ลึกซึ้งสมบูรณ์ที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้ คำตอบจากคำถามลักษณะเช่นนี้ไม่มีคำตอบที่ถูกเพียงคำตอบเดียว แต่มีหลายคำตอบ โอกาสที่นักเรียนจะตอบได้ถุกมีมาก เป็นคำถามที่มักลงท้ายว่าวิธีการใดบ้าง มีประโยชน์อย่างไรบ้าง รู้สึกอย่างไรบ้าง เป็นต้น

6. การเปลี่ยนแปลง (Change) หมายถึง การฝึกให้คิดถึงการเปลี่ยนแปลง ดัดแปลง การปรับปรุงสิ่งต่าง ๆ ที่คงสภาพมาเป็นเวลานานให้เป็นไปในรูปแบบอื่น และเปิดโอกาสให้เปลี่ยนแปลงด้วยวิธีต่าง ๆ อย่างอิสระ

7. การเปลี่ยนแปลงความเชื่อ (Habit Change) หมายถึง การฝึกให้นักเรียนเป็นคนที่มีความยืดหยุ่น ยอมรับการเปลี่ยนแปลง คลายความยึดมั่นต่าง ๆ เพื่อปรับตนเข้ากับสถานการณ์ใหม่ ๆ

8. การสร้างสิ่งใหม่จากโครงสร้างเดิม หมายถึง การฝึกให้นักเรียนรู้จักสร้างสิ่งใหม่ กฎเกณฑ์ใหม่ ความคิดใหม่ โดยอาศัยโครงสร้างเดิมหรือกฎเกณฑ์เดิมที่เคยมี แต่พยายามคิดพลิกแพลงให้ต่างไปจากเดิม

9. ทักษะการค้นคว้าข้อมูล (Skill of Search) หมายถึง การฝึกให้นักเรียนรู้จักศึกษาค้นคว้ารวบรวมข้อมูลจากแหล่งต่าง ๆ ทั้งในแง่ประวัติศาสตร์ การบรรยายใช้เหตุผล และการทดลองฝึกความอดทนได้สภาวะที่คลุมเครือไม่ชัดเจน

10. มีความพยายามที่จะค้นหาคำตอบจากคำถามที่ไม่กำกวมไม่ชัดเจน (Tolerance for Ambiguity) เป็นการฝึกให้นักเรียนมีความอดทนและพยายามที่จะค้นหาคำตอบต่อปัญหาที่กำกวม หรือเป็นสองนัย ลึกลับ หรือท้าทายความนึกคิดต่าง ๆ

11. ส่งเสริมความคิดเชิงญาณ (Intuitive Expression) เป็นการฝึกให้นักเรียนรู้จักการแสดงความรู้สึก ความคิดที่เกิดจากการมีสิ่งมาเร้าอวัยวะรับสัมผัสทั้งห้า

12. การปรับตัวเพื่อการพัฒนาตน (Adjustment of Development) หมายถึง การฝึกให้นักเรียนรู้จักพิจารณาดูความพลาดพลั้งล้มเหลวซึ่งเกิดขึ้นโดยตั้งใจหรือไม่ตั้งใจก็ตาม แล้วหาประโยชน์จากความผิดพลาด หรือข้อบกพร่องของตนเองหรือผู้อื่น ใช้ความผิดพลาดเป็นบทเรียนนำไปสู่ความสำเร็จ

13. ลักษณะบุคคลและกระบวนการคิดสร้างสรรค์ (Creative Person and Creative Process) หมายถึง การให้นักเรียนศึกษาประวัติบุคคลสำคัญทั้งในแง่ลักษณะพฤติกรรมและกระบวนการคิดที่นำไปสู่การสร้างสรรค์ผลงาน

14. การประเมินสถานการณ์ (Evaluate Situation) หมายถึง การฝึกการคิดตัดสินใจจากการประเมินผลที่เกิดขึ้นและแนวโน้มที่จะตามมา

15. พัฒนาทักษะการอ่านอย่างสร้างสรรค์ (Creative Reading skill) หมายถึง การฝึกให้รู้จักคิด แสดงความคิดเห็น แสดงความรู้สึกนึกคิดต่อเรื่องที่อ่านในการอ่านหนังสือประกอบทุก ๆ วิชา ควรส่งเสริมให้โอกาสนักเรียนแสดงความคิดเห็น และความรู้สึกต่อเรื่องที่อ่านมากกว่าการมุ่งทบทวนข้อมูลต่าง ๆ ที่จำได้หรือเข้าใจ

16. พัฒนาทักษะการฟังอย่างสร้างสรรค์ (Creative Listening Skill) หมายถึง การฝึกให้เกิดความรู้สึกนึกคิดในขณะที่ฟังหลังจากฟังบทความ เรื่องราว ดนตรี เพื่อเป็นการศึกษาข้อมูล ความรู้ ซึ่งโยงไปหาสิ่งอื่น ๆ ต่อไป

17. พัฒนาทักษะการเขียนอย่างสร้างสรรค์ (Creative Writing Skill) หมายถึง การฝึกให้แสดงความคิด ความรู้สึก และจินตนาการด้านการเขียนบรรยายหรือพรรณนาให้เห็นภาพชัดเจน

18. ทักษะการมองเห็นภาพในมิติต่าง ๆ (Visualization Skill) หมายถึง การฝึกให้นักเรียนแสดงความรู้สึกนึกคิดจากภาพในแง่มุมแปลก ๆ ใหม่ ๆ

สรุปได้ว่า กลวิธีในการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมการใช้ความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนมีหลากหลายวิธี ทั้งการพิจารณาลักษณะ การเปรียบเทียบอุปมาอุปมัย การใช้คำถามยั่วยุและกระตุ้นให้ตอบ การฝึกให้คิดถึงการเปลี่ยนแปลง การสร้างสิ่งใหม่จากโครงสร้างเดิม การค้นคว้าข้อมูล รวมถึงความอดทนพยายามที่จะค้นหาคำตอบของคำถามที่ท้าทาย ซึ่งกลวิธีเหล่านี้สามารถเชื่อมโยงได้กับส่วนหนึ่งของการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ในส่วนนี้นักเรียนต้องใช้ความคิดสร้างสรรค์ในการสร้างและปรับเปลี่ยนแบบจำลองซึ่งเป็นภาพในใจให้เห็นเป็นรูปธรรม ดังนั้นการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานจึงเป็นวิธีการหนึ่งที่ช่วยให้นักเรียนพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ได้

5.4 การสร้างและหาคุณภาพของเครื่องมือวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์

5.4.1 การสร้างแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์

ตามแนวคิดจากแบบทดสอบของ Torrance (1967) อ้างถึงใน อารี พันธ์มณี (2545) แบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์คือ แบบวัดความคิดสร้างสรรค์โดยอาศัยรูปภาพ แบบวัดความคิดสร้างสรรค์โดยอาศัยภาษา แบบวัดความคิดสร้างสรรค์โดยอาศัยเสียงและภาษา และแบบวัดความคิดสร้างสรรค์โดยอาศัยการปฏิบัติและการเคลื่อนไหว ซึ่งแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ของ Torrance จะเน้นการวัดด้านการเชื่อมโยงความคิด และเกณฑ์การให้คะแนนจะพิจารณาความแปลกใหม่จากคนอื่น คำชี้แจงในแบบวัดเน้นถึงความสนุกสนาน มุ่งขจัดความกลัวและให้นักเรียนเกิดความสะดวกสบาย เกิดความอบอุ่นทางจิตใจ ใช้วัดรายบุคคลหรือรายกลุ่มก็ได้

Hu and Adey (2002) อ้างถึงใน ธิตยา คำควร (2558) ได้นำแบบวัดของ Torrance มาประยุกต์ โดยใช้เครื่องมือที่เรียกว่า SSCM (The Scientific Structure Creativity Model) สำหรับวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ 3 ด้าน ได้แก่ ความคิดคล่อง ความคิดยืดหยุ่น ความคิดริเริ่ม ซึ่งมีองค์ประกอบ ดังนี้

1. คุณสมบัติ: ความคิดคล่อง ความคิดยืดหยุ่น ความคิดริเริ่ม
2. กระบวนการ: การคิดอย่างมีเหตุผล และ จินตนาการ
3. ผลิตภัณฑ์: ประโยชน์แต่ละด้านของผลิตภัณฑ์ การนำความรู้ทางวิทยาศาสตร์มาใช้สร้างผลิตภัณฑ์ ความเข้าใจปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์ และการตั้งปัญหาทางวิทยาศาสตร์

และได้นำเสนอตัวอย่างแบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์โดยแบบทดสอบมีทั้งหมด 7 ข้อ ดังนี้

1. เขียนประโยชน์การนำเศษแก้วไปใช้เชิงวิทยาศาสตร์ให้มากที่สุด
2. ถ้านักเรียนสามารถขึ้นยานอวกาศออกไปสำรวจอวกาศและดาวดวงอื่นได้ นักเรียนจะตั้งคำถามงานวิจัยของนักเรียนว่าอย่างไร ให้เขียนคำตอบให้ได้มากที่สุด
3. ให้คิดพัฒนาจักรยานให้มีความน่าสนใจมากขึ้น มีประโยชน์มากขึ้น หรือมีความสวยงามมากขึ้น ให้เขียนคำตอบให้ได้มากที่สุด
4. สมมติว่าไม่มีแรงโน้มถ่วง ให้อธิบายผลกระทบที่เกิดขึ้นบนโลก
5. เขียนวิธีการแบ่งรูปสี่เหลี่ยมที่เท่ากัน 4 รูป ให้ได้มากที่สุด
6. มีผ้ากันเปื้อนอยู่ 2 ชนิด นักเรียนจะทราบได้อย่างไรว่าชนิดไหนดีกว่ากัน ให้เขียนวิธีการทดสอบที่เป็นไปได้มากที่สุด ระบุเครื่องมือ หลักการ และวิธีการทดสอบ
7. ให้ออกแบบเครื่องเก็บแอปเปิ้ล วาดรูป และระบุหน้าที่ การใช้งานของแต่ละส่วน

แบบทดสอบแต่ละข้อมีจุดประสงค์การวัด และองค์ประกอบของการวัด โดยวิเคราะห์คะแนนจากองค์ประกอบ “คุณสมบัติ” เท่านั้น ส่วนองค์ประกอบ กระบวนการและผลิตภัณฑ์ เป็นการวัดกระบวนการคิดเท่านั้น ไม่ได้นำมาคิดเป็นคะแนน โดยการให้คะแนนเป็นดังนี้

ความคิดคลอง: ให้คะแนนจากคำตอบที่แสดงถึงความรู้ ความสามารถ และคุณภาพของคำตอบ

ความคิดยืดหยุ่น: ให้คะแนนจากจำนวนวิธีคำตอบ โดยนำคำตอบมาจัดกลุ่ม หรือประเภทของคำตอบ

ความคิดริเริ่ม: บันทึกความถี่ของคำตอบแล้วคำนวณหาร้อยละของคำตอบที่นักเรียนได้รับ เปรียบเทียบกับคำตอบของนักเรียนทั้งหมดที่ตอบคำถาม โดยมีเกณฑ์ดังนี้

น้อยกว่า 5% ได้ 2 คะแนน

5 – 10% ได้ 1 คะแนน

มากกว่า 10% ได้ 0 คะแนน

การพัฒนาแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ในประเทศไทย เริ่มโดย ทัศนีย์ พฤกษชลธาร (2518) ได้สร้างแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ขึ้นเป็นฉบับแรก โดยอาศัยแนวการวัดความคิดสร้างสรรค์ทั่วไปของ Torrance แต่ได้สร้างสานการณ์ที่ผู้ตอบจะต้องอาศัยทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์มาใช้ในการตอบหรือแก้ปัญหาในสถานการณ์ต่าง ๆ และได้หลีกเลี่ยงการใช้ความรู้ในเนื้อหาวิชาวิทยาศาสตร์ในการตอบคำถาม โดยวัดความคิดริเริ่ม ความคิดคล่อง และคิดยืดหยุ่น แบบทดสอบมี 3 ข้อ มีลักษณะ ดังนี้

ข้อ 1 “สมมติว่า” เป็นการสมมติสถานการณ์เพื่อให้นักเรียนตอบคำถาม

ข้อ 2 “ทิ้งไข่” ให้นักเรียนคิดหาวิธีทิ้งไข่ดิบจากที่สูงให้ตกลงมาโดยไม่แตก

ข้อ 3 “ปลาทอง” ให้นักเรียนคิดวิธีการทดลองเกี่ยวกับปลาทองในอ่างโดยไม่ให้ปลาทองเป็นอันตราย

จากนั้นได้มีผู้พัฒนาแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ขึ้นอีกหลายท่าน เช่น

ปรียาภรณ์ ทองมาก (2537) ได้สร้างแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ตามแนวคิดของ Torrance เป็นแบบเขียนตอบ จำนวน 4 ข้อ ดังนี้

ข้อ 1 “นักคิด” ให้นักเรียนคิดวิธีการนำขวดพลาสติกเหลือใช้ไปใช้ประโยชน์ให้ได้มากที่สุดและไม่ซ้ำใคร

ข้อ 2 “นักประดิษฐ์” ให้นักเรียนประดิษฐ์สิ่งของจากอุปกรณ์ที่กำหนดให้พร้อมอธิบายวิธีการทำและการนำไปใช้

ข้อ 3 “นักพิชิตปัญหา” ให้นักเรียนหาแนวทางการแก้ปัญหาภัยแล้ง

ข้อ 4 “นักพยากรณ์” สมมติเหตุการณ์ว่าถ้าประเทศไทยกลายเป็นทะเลทราย ให้นักเรียนตอบคำถามว่าจะมีอะไรเกิดขึ้นบ้าง

สุคนธ์ สินธพานนท์ และคณะ (2555) ได้เสนอแนวทางของการสร้างแบบทดสอบวัดคามคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์แต่ละรูปแบบ ดังนี้

1. การตั้งคำถาม เป็นการฝึกให้นักเรียนคิดหาคำถามให้มากที่สุดจากสถานการณ์ที่กำหนด ให้ได้คำถามแปลกใหม่ หลายแง่มุม และได้คำตอบไม่ซ้ำ หรืออาจนำภาพมาให้นักเรียนคิดหาคำตอบจากภาพก็ได้

2. แบบการเดาสาเหตุ เป็นการให้นักเรียนอ่านข้อความจากสถานการณ์ที่กำหนดให้แล้วคิดทำนาย หรือคาดคะเนถึงสาเหตุที่ทำให้เกิดเหตุการณ์นี้ขึ้น โดยพยายามคิดให้ได้มากที่สุดในแง่มุมต่างๆ ไม่ซ้ำคนอื่น

3. แบบการเดาผลที่จะเกิดตามมา เป็นการให้นักเรียนอ่านข้อความที่กำหนดให้แล้วให้นักเรียนทำนายหรือคาดคะเนผลที่จะเกิดขึ้นตามมาให้ได้มากที่สุด ซึ่งจะได้คำตอบหลายแง่มุม

4. แบบการแก้ปัญหา แบบทดสอบการแก้ปัญหาจะมีลักษณะให้หาวิธีการหรือแนวทางการแก้ปัญหาให้หลายแนวทางมากที่สุดเท่าที่จะทำได้

5. แบบการสมมติอย่างมีเหตุผล เป็นการให้นักเรียนอ่านข้อความจากสถานการณ์ที่กำหนด และพิจารณาว่าถ้านักเรียนเป็นบุคคลในสถานการณ์ดังกล่าวควรจะพูดอย่างไร ให้เขียนคำพูดแปลกๆ หลายแง่มุม

6. แบบการใช้ประโยชน์ เป็นการใหนักเรียนคิดประโยชน์จากสิ่งต่าง ๆ ในภาพซึ่งเป็นวิธีแปลก ๆ ใหม่ ๆ ให้ได้มากที่สุดเท่าที่จะคิดได้

ต่อมา Gilford (1967) ได้มีการเสนอองค์ประกอบความคิดละเอียดลออ เพิ่มเข้ามาในองค์ประกอบของความคิดสร้างสรรค์ โดย ณัฐชา พัฒนา (2562) ได้ปรับเป็นเกณฑ์การให้คะแนน ดังนี้

1. ความคิดคล่อง พิจารณาจากคำตอบที่เป็นไปได้ตามเงื่อนไขของคำถาม โดยให้คะแนนคำตอบละ 1 คะแนน ไม่ว่าคำตอบนั้นจะซ้ำกับผู้อื่นหรือไม่

2. ความคิดยืดหยุ่น พิจารณาจากกลุ่มของคำตอบของนักเรียนแต่ละคน ตามวิธีคิดที่แตกต่างกัน นับจำนวนกลุ่ม ให้คะแนนกลุ่มคำตอบละ 1 คะแนน ไม่ว่าคำตอบนั้นจะซ้ำกับผู้อื่นหรือไม่

3. ความคิดริเริ่ม พิจารณาจากความถี่ของคำตอบที่คล้ายคลึงกันของนักเรียนทั้งหมด ดังนี้

คำตอบที่มีความถี่ร้อยละ 5.01 ขึ้นไป	ให้คะแนน 0 คะแนน
คำตอบที่มีความถี่ร้อยละ 4.01 – 5.00	ให้คะแนน 1 คะแนน
คำตอบที่มีความถี่ร้อยละ 3.01 – 4.00	ให้คะแนน 2 คะแนน
คำตอบที่มีความถี่ร้อยละ 2.01 – 3.00	ให้คะแนน 3 คะแนน

คำตอบที่มีความถี่ร้อยละ 1.01 – 2.00 ให้คะแนน 4 คะแนน

คำตอบที่มีความถี่ร้อยละ 0.01 – 1.00 ให้คะแนน 5 คะแนน

4. ความคิดละเอียดลออ พิจารณาจากจำนวนคำตอบทุกคำตอบที่นักเรียนตอบต่ำที่สุด 1 คะแนน ถ้าคำตอบที่นักเรียนตบมีการอธิบารายละเอียดเพิ่มเติมหรือเสริมความคิดเดิมและมีความเป็นไปได้ในทางปฏิบัติให้คะแนนเพิ่มอีก 1 คะแนน

คะแนนความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์แต่ละข้อหาได้จากผลรวมของคะแนนความคิดคล่อง ความคิดยืดหยุ่น ความคิดริเริ่มและความคิดละเอียดลออ

6. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

6.1 งานวิจัยในประเทศ

ณัชธฤต เกื้อทาน (2557) ได้ศึกษาและพัฒนาแบบจำลองความคิด เรื่อง พันธะเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ด้วยกิจกรรมการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน โดยแบ่งออกเป็น 2 ระยะ ระยะที่ 1 เป็นการวิจัยเชิงสำรวจเพื่อศึกษาแบบจำลองความคิดของนักเรียนที่ผ่านการเรียนเนื้อหาเรื่องพันธะเคมีมาแล้ว จำนวน 211 คน จากโรงเรียนมัธยมศึกษา 5 โรงเรียน และนำข้อมูลมาพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้ในระยะที่ 2 เป็นการวิจัยศึกษาเฉพาะกรณี โดยกลุ่มตัวอย่างคือนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 39 คน ของโรงเรียนมัธยมศึกษา สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาอำนาจเจริญ ได้มาจากการเลือกแบบจำเพาะเจาะจง ผลการวิจัยระยะที่ 1 พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่มีแบบจำลองความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง ผลการวิจัยระยะที่ 2 พบว่า ก่อนการจัดกิจกรรมนักเรียนส่วนใหญ่มีแบบจำลองความคิดที่ไม่ถูกต้อง โดยเฉพาะแนวคิดเรื่องการนำไฟฟ้าของสารประกอบไอออนิก สภาพขั้วโมเลกุล การเกิดพันธะไอออนิก และแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุล เมื่อนักเรียนได้เรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานที่ส่งเสริมให้นักเรียนได้สร้างแบบจำลองความคิด มีการเชื่อมโยงการเปลี่ยนแปลงทางเคมีใน 3 ระดับ ทำให้นักเรียนส่วนใหญ่มีแบบจำลองความคิดที่ถูกต้อง

ธีระศักดิ์ ไชยสัตย์ (2560) ได้ศึกษาผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง อะตอมและโครงสร้างอะตอมและความสามารถในการคิดเชิงผลิตภาพของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนมัธยมขยายโอกาส จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ กลุ่มตัวอย่างคือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 20 คน โรงเรียนธนาคารออมสิน จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ ปีการศึกษา 2560 ผลการวิจัยพบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และความสามารถในการคิดเชิงผลิตภาพของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

นิชูใบดะห์ กิติชัย (2560) ได้ศึกษาการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับการใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง บรรยากาศ ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์และความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 จังหวัดปัตตานี กลุ่มตัวอย่าง คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนบ้านบูดี จ.ปัตตานี 2 ห้องเรียน จำนวน 52 คน ได้มาจากการสุ่มแบบกลุ่ม ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนกลุ่มทดลองที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับการใช้แบบจำลองเป็นฐานมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่ากลุ่มควบคุมที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และนักเรียนกลุ่มทดลองที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับการใช้แบบจำลองเป็นฐานมีความคิดสร้างสรรค์สูงกว่ากลุ่มควบคุมที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

วรวัฒน์ ศีลบุตร (2560) ได้ศึกษาการพัฒนาแนวคิดเรื่องสารชีวโมเลกุล และความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ด้วยกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับวิธีการแบบเปิด กลุ่มตัวอย่างคือนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 จำนวน 36 คน โรงเรียนมัธยมขนาดใหญ่แห่งหนึ่งในจังหวัดปทุมธานี ผลการวิจัยพบว่า การจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับวิธีการแบบเปิด เรื่องสารชีวโมเลกุลสามารถลดแนวคิดที่ไม่ถูกต้องของนักเรียนในทุกประเด็นที่ศึกษา และส่งเสริมให้ระดับความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนเพิ่มขึ้น นอกจากนี้การจัดกิจกรรมการเรียนรู้นี้ยังเป็นการเปิดโอกาสให้นักเรียนสร้างแบบจำลองความคิดตามความเข้าใจของตนเอง มีการสืบค้นคำตอบอย่างหลากหลายและอภิปรายเพื่อตรวจสอบแบบจำลอง ส่งผลให้นักเรียนสามารถพัฒนาแนวคิดที่เป็นนามธรรมและเชื่อมโยงกับแบบจำลองทางความคิดได้ทั้งระดับมหภาค ระดับจุลภาค และสัญลักษณ์ จึงทำให้นักเรียนสามารถพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ และแนวคิดเรื่องสารชีวโมเลกุลให้ถูกต้องสอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์

ธีรตา ชาตะวรรณ (2561) ได้ศึกษาการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับเทคโนโลยีเสมือนจริงเพื่อพัฒนาแบบจำลองทางความคิดของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่องพันธะโคเวเลนต์ กลุ่มตัวอย่าง คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนขนาดใหญ่พิเศษแห่งหนึ่งในเขตภาคเหนือตอนล่าง จำนวน 49 คน ผลการวิจัยพบว่า หลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับเทคโนโลยีเสมือนจริงช่วยพัฒนาแบบจำลองความคิดเรื่องพันธะโคเวเลนต์นักเรียนมีการพัฒนาแบบจำลองความคิดที่สมบูรณ์ร้อยละ 54.35 รองลงมามีแบบจำลองความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ร้อยละ 29.78 ซึ่งสอดคล้องกับชิ้นงานระหว่างการจัดการเรียนรู้ ดังนั้น การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับเทคโนโลยีเสมือนจริงสามารถช่วยพัฒนาแบบจำลองทางความคิดของนักเรียนให้สอดคล้องกับแบบจำลองความคิดทางวิทยาศาสตร์ได้

สุรัสวดี ปะกิระเค (2561) ที่ได้ทำการวิจัยเรื่องการพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง ปรากฏการณ์ของโลกและเทคโนโลยีอวกาศ สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน มีคะแนนเฉลี่ยของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และ นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานมีความคิดสร้างสรรค์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

สิทธิโชค เอี่ยมบุญ (2563) ได้ศึกษาความคิดสร้างสรรค์ และความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน กลุ่มตัวอย่างคือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนวัดทรงธรรม จำนวน 2 ห้องเรียน มาจากวิธีการสุ่มแบบกลุ่ม แบ่งเป็นกลุ่มทดลอง 1 ห้อง และกลุ่มควบคุม 1 ห้อง ผลการวิจัยพบว่า ความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 หลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานสูงกว่าหลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบปกติ อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 ความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 หลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 หลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานสูงกว่าหลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบปกติ อย่างมีนัยทางสถิติสำคัญที่ระดับ .05 และความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 หลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยทางสถิติสำคัญที่ระดับ .05

6.2 งานวิจัยต่างประเทศ

Maia and Justi (2009) ได้ศึกษาเกี่ยวกับกระบวนการเรียนรู้ของนักเรียน เรื่องสมดุลเคมีจากการสอนโดยใช้แบบจำลองเป็นฐานที่พัฒนาจากแผนภาพแบบจำลองในระดับอนุภาค (Model of Modelling diagrame) ซึ่งใช้กับนักเรียนห้องเรียนปกติ อายุ 14 - 15 ปี ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนสามารถสร้างองค์ความรู้ได้ด้วยตนเอง และเรียนรู้เกี่ยวกับสมดุลเคมีได้ดียิ่งขึ้น เนื่องจากนักเรียนได้ลงมือปฏิบัติกิจกรรมด้วยตนเอง มีการตอบคำถามระหว่างนักเรียนกับนักเรียน และนักเรียนกับครู รวมถึงการอภิปรายภายในห้องเรียน ซึ่งชี้ให้เห็นว่าการสอนของครูส่งผลต่อกระบวนการเรียนรู้ของนักเรียนด้วย

Sikošek and Žuželj (2013) ได้ศึกษาการใช้แบบจำลองทางเคมีในการพัฒนาการสอนเคมี โดยให้นักเรียนสร้างแบบจำลองด้วยตนเองจากวัสดุที่หาได้ง่าย ราคาไม่แพง ซึ่งการสร้างแบบจำลองเป็นการสร้างนวัตกรรมของตนเองและฝึกความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียน แบบนี้จำลองที่สร้างขึ้นนี้นำไปใช้ในการจัดการเรียนการสอน ซึ่งส่งผลให้นักเรียนมีความเข้าใจในเนื้อหามากขึ้น และความรู้ที่ได้เป็นความรู้ที่ยั่งยืน

สรุปได้ว่า การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เป็นวิธีการจัดการเรียนรู้ที่ช่วยให้นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่ดีขึ้น มีความเข้าใจในเนื้อหามากขึ้น เนื่องจากนักเรียนได้สร้างแบบจำลองและปรับปรุงแบบจำลองของตนเองให้สอดคล้องกับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ มีการอภิปรายร่วมกันในห้องเรียน รวมทั้งนักเรียนได้ใช้จินตนาการในการสร้างแบบจำลอง ทำให้ได้พัฒนาความคิดสร้างสรรค์ด้วย

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

การศึกษาผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง พันธะเคมี ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมีและความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนวัดสุทธิวราราม กรุงเทพมหานคร ผู้วิจัยได้ดำเนินการวิจัย ดังนี้

1. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

1.1 ประชากร ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ โรงเรียนวัดสุทธิวราราม จำนวน 179 คน จัดเป็น 4 ห้องเรียนแบบคละความสามารถ

1.2 กลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนวัดสุทธิวราราม 2 ห้องเรียน จำนวน 89 คน ได้มาโดยการสุ่มแบบกลุ่ม แล้วจับสลากให้ห้องหนึ่งเป็นกลุ่มทดลอง อีกห้องหนึ่งเป็นกลุ่มควบคุม

2. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ประกอบด้วย

2.1 เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง ประกอบด้วย แผนการจัดการเรียนรู้วิชาเคมี เรื่อง พันธะเคมี ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 6 แผนการจัดการเรียนรู้ โดยจัดเป็น 2 ชุด คือแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานสำหรับกลุ่มทดลองและแผนการจัดการเรียนรู้แบบปกติสำหรับกลุ่มควบคุม ใช้เวลาสอน 18 ชั่วโมง

2.2 เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวมข้อมูล ได้แก่ แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี และแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์

2.3 การสร้างและหาคุณภาพเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

2.3.1 เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

1) แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

(1) ศึกษาเอกสารหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ฉบับปรับปรุง 2560 และหลักสูตรสถานศึกษาโรงเรียนวัดสุทธิวราราม กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

จุดมุ่งหมายของหลักสูตร สาระการเรียนรู้ คำอธิบายรายวิชา มาตรฐาน ผลการเรียนรู้ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

(2) ศึกษาทฤษฎี ทำความเข้าใจเกี่ยวกับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน และกำหนดกรอบแนวคิดในการออกแบบแผนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง พันธะเคมี ดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 กรอบแนวคิดการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

ขั้นที่	ชื่อขั้น	เป้าหมาย	กิจกรรมทางเลือกของครู	พฤติกรรมชี้วัดความสำเร็จของนักเรียน
1	การสร้างแบบจำลอง	นักเรียนแสดงแบบจำลองความคิดออกมาเพื่อให้ครูเข้าใจแบบจำลองความคิดของนักเรียน	ครูเปิดโอกาสให้นักเรียนแสดงแบบจำลองความคิดของตนเองออกมาให้มากที่สุด โดยการใช้คำถาม, กิจกรรมเร้าความสนใจ เพื่อกระตุ้นให้นักเรียนคิดและสะท้อนความคิดของตนเองออกมาโดยใช้ภาษาของตนเอง	นักเรียนสังเกต รวบรวมข้อมูล และสร้างแบบจำลองความคิดของตนเอง เพื่ออธิบายปรากฏการณ์ต่าง ๆ
2	การประเมินแบบจำลอง	เพื่อให้นักเรียนประเมินแบบจำลองของตนเองจากขั้นที่ 1	ครูกระตุ้นให้นักเรียนประเมินความสอดคล้องของแบบจำลองที่สร้างขึ้นกับหลักฐานที่เป็นข้อมูลเชิงประจักษ์ โดยให้นักเรียนทำการทดลอง ศึกษาค้นคว้าข้อมูล รวบรวมข้อมูลเชิงประจักษ์ เพื่อนำมาประเมินแบบจำลองที่นักเรียนสร้างขึ้น	นักเรียนตรวจสอบว่าแบบจำลองที่สร้างขึ้นมีความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์หรือไม่มากน้อยเพียงใด หากแบบจำลองของนักเรียนอธิบายปรากฏการณ์ที่ศึกษาได้ไม่ดีพอนักเรียนจะต้องแก้ไข

ตารางที่ 3.1 (ต่อ)

ขั้นที่	ชื่อขั้น	เป้าหมาย	กิจกรรมทางเลือกของครู	พฤติกรรมชี้วัดความสำเร็จของนักเรียน
3	การดัดแปลงแก้ไขแบบจำลอง	นักเรียนดัดแปลงแก้ไขแบบจำลองเพิ่มเติมจนกระทั่งแบบจำลองที่ดัดแปลงแก้ไขแล้วสามารถอธิบายปรากฏการณ์ได้อย่างถูกต้อง	ครูให้นักเรียนนำข้อมูลต่าง ๆ มาใช้ในการดัดแปลงและแก้ไขแบบจำลองของตนเองให้สอดคล้องกับหลักฐานเชิงประจักษ์ และสามารถอธิบายปรากฏการณ์ได้อย่างถูกต้อง	นักเรียนดัดแปลงแก้ไขแบบจำลองจนได้แบบจำลองที่สามารถอธิบายปรากฏการณ์ได้อย่างถูกต้อง
4	**การขยายแบบจำลอง**	นักเรียนนำแบบจำลองที่ดัดแปลงแก้ไขแล้วมาอธิบายสถานการณ์ใหม่	ครูให้นักเรียนนำแบบจำลองที่สร้างขึ้นมาอธิบายสถานการณ์อื่น เพื่อขยายแนวคิดให้กว้างขึ้น	นักเรียนนำแบบจำลองที่ดัดแปลงแก้ไขแล้วมาอธิบายหรือทำนายปรากฏการณ์อื่นหรือสถานการณ์อื่น

(3) วิเคราะห์เนื้อหา สาระการเรียนรู้และผลการเรียนรู้ เพื่อออกแบบและวางแผนในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ และการประเมินผลการเรียนรู้ให้ตรงตามหลักสูตร

(4) สร้างแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ให้สัมพันธ์กับมาตรฐานการเรียนรู้ สาระการเรียนรู้และผลการเรียนรู้ จำนวน 6 แผน รวม 18 ชั่วโมง ดังนี้

ก. แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เรื่องการเกิดพันธะไอออนิก
จำนวน 3 ชั่วโมง

ข. แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 เรื่องโครงสร้างของสารประกอบไอออนิก
จำนวน 2 ชั่วโมง

ค. แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 เรื่องการเกิดพันธะโคเวเลนต์
จำนวน 4 ชั่วโมง

ง. แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง รูปร่างโมเลกุลโคเวเลนต์
จำนวน 4 ชั่วโมง

จ. แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง สภาพขั้วโมเลกุลโคเวเลนต์ จำนวน 3 ชั่วโมง

ฉ. แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง การเกิดพันธะโลหะ จำนวน 2 ชั่วโมง

(5) นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่สร้างขึ้นเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์เพื่อพิจารณาให้คำแนะนำ และให้ข้อเสนอแนะแล้วปรับปรุงแก้ไข

(6) นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่ปรับปรุงแก้ไขแล้วเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 ท่าน พิจารณาความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้ ตามขั้นตอนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน แล้วนำผลการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน มาหาค่าเฉลี่ย พบว่า ทุกแผนการจัดการเรียนรู้มีความเหมาะสมในระดับมาก โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.60

(7) ปรับปรุงแก้ไขแผนการจัดการเรียนรู้ตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ

(8) จัดพิมพ์แผนการจัดการเรียนรู้และนำไปใช้

2) แผนการจัดการเรียนรู้แบบปกติ

(1) ศึกษาเอกสารหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ฉบับปรับปรุง 2560 และหลักสูตรสถานศึกษาโรงเรียนวัดสุทธิวราราม กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ จุดมุ่งหมายของหลักสูตร สาระการเรียนรู้ คำอธิบายรายวิชา มาตรฐาน ผลการเรียนรู้ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

(2) ศึกษาทฤษฎี ทำความเข้าใจเกี่ยวกับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ และการจัดทำแผนการจัดการเรียนรู้

(3) วิเคราะห์เนื้อหา สาระการเรียนรู้และผลการเรียนรู้ เพื่อออกแบบและวางแผนในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ และการประเมินผลการเรียนรู้ให้ตรงตามหลักสูตร

(4) สร้างแผนการจัดการเรียนรู้แบบปกติ โดยการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามคู่มือครู ให้สัมพันธ์กับมาตรฐานการเรียนรู้ สาระการเรียนรู้และผลการเรียนรู้ จำนวน 6 แผน รวม 18 ชั่วโมง ในชื่อเรื่องเดียวกับกลุ่มทดลอง

(5) นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่สร้างขึ้นเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์เพื่อพิจารณาให้คำแนะนำ และให้ข้อเสนอแนะแล้วปรับปรุงแก้ไข

(6) ปรับปรุงแก้ไขแผนการจัดการเรียนรู้ตามข้อเสนอแนะของอาจารย์ที่ปรึกษา

(7) จัดพิมพ์แผนการจัดการเรียนรู้และนำไปใช้

2.3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

1) แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี

(1) ศึกษาเอกสารหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ฉบับปรับปรุง 2560 และหลักสูตรสถานศึกษาโรงเรียนวัดสุทธิวราราม กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ จุดมุ่งหมายของหลักสูตร สาระการเรียนรู้ คำอธิบายรายวิชา มาตรฐาน ผลการเรียนรู้ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

(2) ศึกษาเอกสารเกี่ยวกับวิธีการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี

(3) สร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมีแบบปรนัยชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก โดยให้ครอบคลุมเนื้อหาและจุดประสงค์ ตามระดับพฤติกรรมด้านพุทธิพิสัย คือ การเข้าใจ การนำไปใช้ และการวิเคราะห์ ตามตารางวิเคราะห์ข้อสอบ ดังนี้

ตารางที่ 3.2 ตารางวิเคราะห์ข้อสอบ

เนื้อหา	**จำนวนข้อสอบตามระดับพฤติกรรม**			**รวม**
	การเข้าใจ	**การนำไปใช้**	**การวิเคราะห์**	
พันธะไอออนิก	5	1	2	8
พันธะโคเวเลนต์	9	4	4	17
พันธะโลหะ	2	2	1	5
รวม	16	7	7	30

(4) นำแบบแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมีที่สร้างขึ้นเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์เพื่อพิจารณาให้คำแนะนำ และให้ข้อเสนอแนะแล้วปรับปรุงแก้ไข

(5) นำแบบแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมีที่แก้ไขแล้วเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 ท่าน เพื่อพิจารณาความตรงด้านเนื้อหาและความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามและจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม ซึ่งมีเกณฑ์การให้คะแนนดังนี้

+1 เมื่อ แน่ใจว่าข้อคำถามนั้นสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้และระดับพฤติกรรม

0 เมื่อ ไม่แน่ใจว่าข้อคำถามนั้นสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้และระดับพฤติกรรม

-1 เมื่อ แน่ใจว่าข้อคำถามนั้นไม่สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้และระดับพฤติกรรม

(6) คำนวณหาค่าเฉลี่ยจากการพิจารณาของผู้เชี่ยวชาญโดยคัดเลือกข้อสอบที่มีค่า IOC ตั้งแต่ 0.5 ขึ้นไป ได้ค่า IOC ระหว่าง 0.67 – 1.00

(7) นำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมีไปทดลองใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ปีการศึกษา 2562 ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง และเรียนเนื้อหา เรื่อง พันธะเคมี มาแล้ว

(8) นำแบบทดสอบมาหาคุณภาพ โดยหาค่าความยาก (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) แล้วคัดเลือกข้อสอบที่มีค่าความยากระหว่าง 0.20 ถึง 0.80 และค่าอำนาจจำแนก 0.20 ขึ้นไป ได้ข้อสอบจำนวน 30 ข้อ ซึ่งมีค่าความยากอยู่ระหว่าง 0.23 – 0.79 และค่าอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง 0.29 – 0.62

(9) คัดเลือกข้อสอบที่ผ่านการหาคุณภาพ ซึ่งครอบคลุมทุกจุดประสงค์การเรียนรู้ และหาค่าความเที่ยงของแบบทดสอบทั้งฉบับโดยวิธีการหาความสอดคล้องภายใน วิธีสัมประสิทธิ์แอลฟา (Alpha coefficient Method) ของครอนบาค (Cronbach) ได้ค่าความเที่ยงของแบบทดสอบทั้งฉบับเท่ากับ 0.85

(10) จัดพิมพ์แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมีที่ผ่านการตรวจสอบคุณภาพเป็นฉบับสมบูรณ์ ตรวจทาน ก่อนนำไปทดลองใช้กับกลุ่มตัวอย่าง

2) แบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์

(1) ศึกษาเอกสาร ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการสร้างและการใช้แบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ทั้งในและต่างประเทศ

(2) สร้างแบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยวัด 4 องค์ประกอบ ได้แก่ ความคิดคล่อง ความคิดยืดหยุ่น ความคิดริเริ่ม และความคิดละเอียดลออ โดยมีเกณฑ์การให้คะแนน ดังนี้

ก. ความคิดคล่อง พิจารณาจากคำตอบที่เป็นไปได้ตามเงื่อนไขของแบบทดสอบ โดยให้คะแนนข้อละ 1 คะแนน ไม่ว่าคำตอบนั้นจะซ้ำกับผู้อื่นหรือไม่

ข. ความคิดยืดหยุ่น พิจารณาจากการจัดประเภทของคำตอบตามทิศทางความคิดที่แตกต่างกัน โดยให้คะแนนคำตอบประเภทละ 1 คะแนน ไม่ว่าคำตอบนั้นจะซ้ำกับผู้อื่นหรือไม่

ค. ความคิดริเริ่ม พิจารณาจากความแปลกใหม่ของคำตอบโดยการหาร้อยละของความถี่จากคำตอบของนักเรียนทั้งหมด แล้วนำความถี่ไปคำนวณหาค่าร้อยละ

คำตอบซ้ำกัน ร้อยละ 12.01 ขึ้นไป	ได้ 0 คะแนน
คำตอบซ้ำกัน ร้อยละ 6.01 – 12.00	ได้ 1 คะแนน
คำตอบซ้ำกัน ร้อยละ 3.01 – 6.00	ได้ 2 คะแนน

คำตอบซ้ำกัน ร้อยละ 1.01 – 3.00 ได้ 3 คะแนน

คำตอบซ้ำกัน ร้อยละ 0.01 – 1.00 ได้ 4 คะแนน

ง. ความคิดละเอียดลออ พิจารณาจากคำตอบของนักเรียนที่มีการขยายรายละเอียดความคิด ทำให้เกิดความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น ดังนี้

ก) เขียนข้อมูลที่จำเป็นครบ ได้ 1 คะแนน

ข) เขียนรายละเอียดเพิ่มเติมจากข้อมูลที่จำเป็น ได้ 1 คะแนน/รายการ

คะแนนความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์แต่ละข้อ หาได้จากผลบวกของคะแนนความคิดคล่อง ความคิดยืดหยุ่น ความคิดริเริ่ม และความคิดละเอียดลออ

คะแนนความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนหาได้จากผลรวมของคะแนนความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนทั้ง 4 ข้อ

(3) นำแบบแบบทดสอบที่สร้างขึ้นเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์เพื่อพิจารณาให้คำแนะนำ และให้ข้อเสนอแนะแล้วปรับปรุงแก้ไข

(4) นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่ปรับปรุงแก้ไขแล้วเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 ท่าน เพื่อพิจารณาความสอดคล้องระหว่างข้อความในแบบทดสอบกับตัวบ่งชี้พฤติกรรมของความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งมีเกณฑ์การให้คะแนนดังนี้

+1 เมื่อ แน่ใจว่าข้อคำถามนั้นสอดคล้องกับองค์ประกอบของความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์

0 เมื่อ ไม่แน่ใจว่าข้อคำถามนั้นสอดคล้องกับองค์ประกอบ ของความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์

-1 เมื่อ แน่ใจว่าข้อคำถามนั้นไม่สอดคล้องกับองค์ประกอบของความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์

(5) คำนวณหาค่าเฉลี่ยจากการพิจารณาของผู้เชี่ยวชาญ โดยคัดเลือกข้อสอบที่มีค่า IOC ตั้งแต่ 0.5 ขึ้นไป ได้ข้อสอบจำนวน 4 ข้อ ได้ค่า IOC เท่ากับ 1.00

(6) นำแบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ไปทดลองใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ปีการศึกษา 2562 ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง

(8) นำแบบทดสอบมาหาคุณภาพ โดยหาค่าอำนาจจำแนก (r) โดยใช้สูตรของวิทนีย์และซาเบอร์ แล้วคัดเลือกข้อสอบที่มีค่าอำนาจจำแนก 0.20 ขึ้นไป ได้ข้อสอบ 4 ข้อ โดยข้อสอบมีค่าอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง 0.23 – 0.38

(9) หาค่าความเที่ยงของแบบทดสอบทั้งฉบับโดยวิธีการหาความสอดคล้องภายใน วิธีสัมประสิทธิ์แอลฟา (Alpha coefficient Method) ของครอนบาค (Cronbach) ได้ค่าความเที่ยงของแบบทดสอบทั้งฉบับเท่ากับ 0.72

(10) จัดพิมพ์แบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ที่ผ่านการตรวจสอบคุณภาพเป็นฉบับสมบูรณ์ ตรวจทาน ก่อนนำไปทดลองใช้กับกลุ่มตัวอย่าง

3. การเก็บรวมรวมข้อมูล

ผู้วิจัยดำเนินการสอนตามแผนการจัดการเรียนรู้และเก็บรวบรวมข้อมูลด้วยตนเอง ซึ่งมีขั้นตอนในการเก็บรวบรวมข้อมูล ดังนี้

3.1 ชี้แจงให้นักเรียนกลุ่มทดลองทราบเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานเพื่อให้นักเรียนทุกคนรับทราบ

3.2 นำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี และแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ไปทดสอบกับนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมก่อนเรียน แล้วตรวจให้คะแนน

3.3 ดำเนินการสอนนักเรียนกลุ่มทดลองด้วยแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานและนักเรียนกลุ่มควบคุมด้วยแผนการจัดการเรียนรู้แบบปกติ จนครบทุกแผนการจัดการเรียนรู้

3.4 นำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี และแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ไปทดสอบหลังเรียนกับนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม แล้วตรวจให้คะแนน

3.5 นำคะแนนจากแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี และแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์มาวิเคราะห์

4. การวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยนำคะแนนจากการทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียนของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมีและแบบวัดความความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานและนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ มาวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ ดังนี้

4.1 สถิติที่พื้นฐาน ได้แก่

4.1.1 ค่าเฉลี่ยเลขคณิต (Mean)

4.1.2 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Diviation)

4.2 สถิติที่ใช้ในการหาคุณภาพเครื่องมือ ได้แก่

4.2.1 ความตรง (Validity: IOC) ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมีและแบบวัดความความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ใช้สูตร (ศิริชัย กาญจนวาสี, 2556)

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

เมื่อ IOC แทน ดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับจุดประสงค์การเรียนรู้

$\sum R$ แทน ผลรวมความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญทั้งหมด

N แทน จำนวนผู้เชี่ยวชาญ

4.2.2 ความยาก (Difficulty: p) ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี ใช้สูตร (ศิริชัย กาญจนวาสี, 2556)

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

เมื่อ p แทน ค่าความยากของข้อสอบแต่ละข้อ

R แทน จำนวนนักเรียนที่ตอบถูกในข้อนั้น

N แทน จำนวนนักเรียนทั้งหมดที่ทำข้อสอบในข้อนั้น

4.2.3 อำนาจจำแนก (Discrimination: r) ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี ใช้สูตร (ศิริชัย กาญจนวาสี, 2556)

$$r = \frac{R_U - R_L}{N}$$

เมื่อ r แทน ค่าอำนาจจำแนกรายข้อ

R_U แทน จำนวนนักเรียนที่ตอบถูกข้อนั้นในกลุ่มสูง

R_L แทน จำนวนนักเรียนที่ตอบถูกข้อนั้นในกลุ่มต่ำ

N แทน จำนวนนักเรียนทั้งหมดที่ทำข้อสอบในข้อนั้น

4.2.4 ความเที่ยง ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมีและแบบวัดความความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ใช้สูตรสัมประสิทธิ์แอลฟา (α) ของครอนบาค (กัญจนา ลินทรัตนศิริกุล, 2557)

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

เมื่อ α แทน ค่าความเที่ยง

k แทน จำนวนข้อคำถาม

S_i แทน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนนในคำถามข้อที่ i

S_t แทน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนนทั้งหมด

4.2.5 ความยาก (Difficulty: p) ของแบบวัดความความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ใช้สูตรของวิทนีย์และซาเบอร์ (Whiney and Saber) (กัญจนา ลินทรัตนศิริกุล, 2557)

$$P = \frac{\sum_H + \sum_L - (2N\ Score_{min})}{2N\ (Score_{max} - Score_{min})}$$

เมื่อ P แทน ค่าความยากของข้อสอบแต่ละข้อ

$\sum_H$ แทน ผลรวมของคะแนนกลุ่มสูง

$\sum_L$ แทน ผลรวมของคะแนนกลุ่มต่ำ

N แทน 25% ของจำนวนผู้สอบ

$Score_{max}$ แทน คะแนนของผู้สอบได้คะแนนสูงสุด

$Score_{min}$ แทน คะแนนของผู้สอบได้คะแนนต่ำสุด

4.2.6 อำนาจจำแนก (Discrimination: r) ของแบบวัดความความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ใช้สูตรของวิทนีย์และซาเบอร์ (Whiney and Saber) (กัญจนา ลินทรัตนศิริกุล, 2557)

$$r = \frac{\sum_H - \sum_L}{N\ (Score_{max} - Score_{min})}$$

เมื่อ r แทน ค่าอำนาจจำแนก

$\sum_H$ แทน ผลรวมของคะแนนกลุ่มสูง

$\sum_L$ แทน ผลรวมของคะแนนกลุ่มต่ำ

N แทน 25% ของจำนวนผู้สอบ

$Score_{max}$ แทน คะแนนของผู้สอบได้คะแนนสูงสุด

$Score_{min}$ แทน คะแนนของผู้สอบได้คะแนนต่ำสุด

4.3 สถิติที่ใช้ในการทดสอบสมมติฐาน ได้แก่

4.3.1 การวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วม (Analysis of Covariance: ANCOVA) โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป

4.3.2 การทดสอบค่าที กลุ่มตัวอย่างไม่เป็นอิสระต่อกัน (t - test dependent) โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป

บทที่ 4
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยครั้งนี้เป็นการศึกษาผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง พันธะเคมี ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมีและความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนวัดสุทธิวราราม กรุงเทพมหานคร ผู้วิจัยขอนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลโดยแบ่งเป็น 3 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานกับนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ

ตอนที่ 2 การศึกษาความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานกับนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ

ตอนที่ 3 การศึกษาความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียน

ตอนที่ 1 การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานกับนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ

ผู้วิจัยได้นำคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดกาเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานกับนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ มาวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วม ปรากฏผลดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานกับนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ

กลุ่ม	n	$\bar{X}$	S.D.	F	p
กลุ่มทดลอง	44	19.66	4.625	18.793*	.000
กลุ่มควบคุม	45	15.93	2.903		

*p < .05

จากตารางที่ 4.1 พบว่า คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานกับนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ กลุ่มทดลองได้คะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 19.66 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 4.625 และกลุ่มควบคุมได้คะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 15.93 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 2.903 และจากการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วม พบว่า ค่าเฉลี่ยของคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนกลุ่มทดลองแตกต่างจากกลุ่มควบคุม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งสรุปได้ว่า นักเรียนกลุ่มทดลองที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมีสูงกว่ากลุ่มควบคุมที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ตอนที่ 2 การศึกษาความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานกับนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ

ผู้วิจัยได้นำคะแนนความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานกับนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ มาวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วม ปรากฏผลดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 ผลการเปรียบเทียบความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานกับนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ

กลุ่ม	n	$\bar{X}$	S.D.	F	p
กลุ่มทดลอง	44	79.30	10.694	215.749*	.000
กลุ่มควบคุม	45	42.87	11.182		

*p < .05

จากตารางที่ 4.2 พบว่า คะแนนความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานกับนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ กลุ่มทดลองได้คะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 79.30 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 10.694 และกลุ่มควบคุมได้คะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 42.87 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 11.182 และจากการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วม พบว่า ค่าเฉลี่ยของคะแนนความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์กลุ่มทดลองแตกต่างจากกลุ่มควบคุม อย่างมีนัยสำคัญ

ทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งสรุปได้ว่า นักเรียนกลุ่มทดลองที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน มีความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์สูงกว่ากลุ่มควบคุมที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ตอนที่ 3 การศึกษาความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียน

ผู้วิจัยได้นำคะแนนความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานก่อนเรียนและหลังเรียน มาศึกษาเปรียบเทียบผลต่างโดยใช้การทดสอบค่าทีแบบไม่เป็นอิสระต่อกัน ปรากฏผลดังตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 ผลการเปรียบเทียบความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียน

กลุ่ม	n	$\bar{X}$	S.D.	t	p
ก่อนเรียน	44	69.68	15.027	7.290*	.000
หลังเรียน	44	82.48	16.033		

*p < .05

จากตารางที่ 4.3 พบว่า คะแนนความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ก่อนเรียนได้คะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 69.68 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 15.027 หลังเรียนได้คะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 82.48 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 16.033 และนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานมีคะแนนความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

เมื่อนำคะแนนความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานก่อนเรียนและหลังเรียน แยกตามองค์ประกอบของความคิดสร้างสรรค์ ได้แก่ ความคิดคล่อง ความคิดยืดหยุ่น ความคิดริเริ่ม และความคิดละเอียดลออ มาเปรียบเทียบผลต่างโดยใช้การทดสอบค่าทีแบบไม่เป็นอิสระต่อกัน ปรากฏผลดังนี้

ตารางที่ 4.4 ผลการเปรียบเทียบความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ด้านความคิดคล่อง (Fluency) ด้านความคิดยืดหยุ่น (Flexibility) ด้านความคิดริเริ่ม (Originality) และด้านความคิดละเอียดละออ (Elaboration) ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียน

องค์ประกอบความคิดสร้างสรรค์	**ก่อนเรียน**		**หลังเรียน**		**t**	**p**
	$\bar{X}$	**S.D.**	$\bar{X}$	**S.D.**		
ความคิดคล่อง	23.68	3.346	31.50	5.829	10.168*	.000
ความคิดยืดหยุ่น	14.05	2.090	16.55	3.302	5.924*	.000
ความคิดริเริ่ม	17.25	3.889	19.05	5.565	2.213*	.032
ความคิดละเอียดละออ	11.64	12.39	2.737	2.325	2.529*	.015

*$p < .05$

จากตารางที่ 4.4 พบว่า คะแนนความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ด้านความคิดคล่อง ด้านความคิดยืดหยุ่น ด้านความคิดริเริ่ม และด้านความคิดละเอียดลออ ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

บทที่ 5
สรุปการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง พันธะเคมี ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมีและความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนวัดสุทธิวราราม กรุงเทพมหานคร ผู้วิจัยได้สรุปผลการวิจัย อภิปรายผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. สรุปการวิจัย

1.1 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.1.1 เพื่อเปรียบเทียบสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานกับนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ

1.1.2 เพื่อเปรียบเทียบความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานกับนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ

1.1.3 เพื่อเปรียบเทียบความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียน

1.2 สมมติฐานการวิจัย

1.2.1 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมีของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานสูงกว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

1.2.2 ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานสูงกว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

1.2.3 ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

1.3 วิธีการดำเนินการวิจัย

1.3.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

1) ประชากร ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์ - คณิตศาสตร์ โรงเรียนวัดสุทธิวราราม จำนวน 179 คน จัดเป็น 4 ห้องเรียนแบบคละความสามารถ

2) กลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนวัดสุทธิวราราม 2 ห้องเรียน จำนวน 89 คน ได้มาโดยการสุ่มแบบกลุ่ม แล้วจับสลากให้ห้องหนึ่งเป็นกลุ่มทดลอง อีกห้องหนึ่งเป็นกลุ่มควบคุม

1.4 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1.4.1 เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง ประกอบด้วย แผนการจัดการเรียนรู้วิชาเคมี เรื่อง พันธะเคมี ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 6 แผนการจัดการเรียนรู้ โดยเป็นแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานและแผนการจัดการเรียนรู้แบบปกติ ใช้เวลาสอน 18 ชั่วโมง

1.4.2 เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวมข้อมูล ได้แก่ แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี และแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์

1.5 การเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยดำเนินการสอนตามแผนการจัดการเรียนรู้และเก็บรวบรวมข้อมูลด้วยตนเอง ซึ่งมีขั้นตอนในการเก็บรวบรวมข้อมูล ดังนี้

1.5.1 ชี้แจงให้นักเรียนกลุ่มทดลองทราบเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานเพื่อให้นักเรียนทุกคนรับทราบ

1.5.2 นำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี และแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ไปทดสอบกับนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมก่อนเรียน แล้วตรวจให้คะแนน

1.5.3 ดำเนินการสอนนักเรียนกลุ่มทดลองด้วยแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน และนักเรียนกลุ่มควบคุมด้วยแผนการจัดการเรียนรู้แบบปกติ จนครบทุกแผนการจัดการเรียนรู้

1.5.4 นำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี และแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ไปทดสอบหลังเรียนกับนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม แล้วตรวจให้คะแนน

1.5.5 นำคะแนนจากแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี และแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์มาวิเคราะห์

1.6 การวิเคราะห์ข้อมูล

1.6.1 เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมีของนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม โดยใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วม (Analysis of Covariance: ANCOVA)

1.6.2 เปรียบเทียบความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม โดยใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วม (Analysis of Covariance: ANCOVA)

1.6.3 เปรียบเทียบความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มทดลอง ระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียน โดยใช้ค่าสถิติที (t - test for dependent Samples)

1.7 ผลการวิจัย

1.7.1 ผลผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมีของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นสูงกว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

1.7.2 ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานสูงกว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

1.7.3 ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

2. อภิปรายผล

จากการศึกษาผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง พันธะเคมี ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมีและความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนวัดสุทธิวราราม จังหวัดกรุงเทพมหานคร ผู้วิจัยได้อภิปรายผลตามสมมติฐานแยกเป็นประเด็นต่าง ๆ ดังนี้

2.1 การเปรียบเทียบสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานกับนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ

ผลการวิจัยพบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมีของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานสูงกว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานการวิจัยข้อที่ 1 ทั้งนี้เนื่องจากการใช้แบบจำลองเป็นสิ่งที่ช่วยให้เข้าใจแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ได้ง่ายขึ้น โดยแบบจำลองเป็นสิ่งที่สร้างขึ้นเพื่อใช้เชื่อมระหว่างทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์กับความเป็นจริง ช่วยอธิบายสิ่งที่เป็นนามธรรมให้เป็นรูปธรรม เพื่อให้เข้าใจได้ง่ายขึ้น (Gilbert, 2005) แบบจำลองจึงมีความสำคัญต่อการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โดยเฉพาะวิชาเคมี ที่มีเนื้อหาเป็นนามธรรมซับซ้อน เมื่อใช้แบบจำลองในการจัดการเรียนรู้ จะทำให้คำอธิบายหรือปรากฏการณ์ที่เป็นนามธรรมกลายเป็นรูปธรรมมากขึ้น (Gilbert, 2000 อ้างถึงใน ภรทิพย์ สุภัทรชัยวงศ์, 2556) นอกจากนี้การใช้แบบจำลองในการจัดการเรียนรู้ยังช่วยให้นักเรียนได้เชื่อมโยงแนวคิดทั้งเคมีทั้ง 3 ระดับ ได้แก่ ระดับมหภาค ระดับอนุภาค และระดับภาษาสัญลักษณ์ ซึ่งเป็นการจัดการเรียนรู้ที่สอดคล้องกับธรรมชาติของวิชาเคมี จึงส่งผลให้นักเรียนเข้าใจแนวคิดทางเคมีได้ดีขึ้น สอดคล้องกับแนวคิดของ พัชรี ร่มพยอม วิชัยดิษฐ (2562) และ ชาตรี ฝ่ายคำตา (2563) ที่ว่า การจัดการเรียนรู้วิชาเคมีควรเน้นการเชื่อมโยงปรากฏการณ์ที่แสดงแนวคิดทางเคมีทั้ง 3 ระดับ คือ ระดับมหภาค ระดับอนุภาค และระดับภาษาสัญลักษณ์ เพื่อให้นักเรียนเชื่อมโยงสิ่งที่สังเกตเห็นเข้ากับคำอธิบายการเปลี่ยนแปลงของสารในระดับอะตอม โมเลกุล หรือไอออน ซึ่งการจัดการเรียนรู้ในลักษณะนี้จะทำให้นักเรียนเข้าใจเนื้อหาวิชาเคมีได้ดี

นอกจากนั้นการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานเป็นการให้นักเรียนนำความรู้ที่เป็นนามธรรมมาแสดงเป็นรูปธรรมโดยการสร้างแบบจำลอง เริ่มจากให้นักเรียนสร้างแบบจำลองขึ้นมาก่อนในขั้นแรก โดยที่แบบจำลองนั้นอาจสอดคล้องกับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์หรือไม่ก็ได้ จากนั้นให้นักเรียนทำกิจกรรมเพื่อรวบรวมข้อมูลเชิงประจักษ์ แล้วนำมาใช้ในการประเมินว่าแบบจำลองที่นักเรียนสร้างในขั้นแรกสามารถอธิบายข้อมูลเชิงประจักษ์นั้นได้หรือไม่ หากแบบจำลองที่สร้างขึ้นไม่สามารถอธิบายได้ นักเรียนจะต้องดัดแปลงแก้ไขแบบจำลองให้สอดคล้องกับข้อมูลที่ได้รับจนกระทั่งได้แบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ และนำแบบจำลองนั้นไปใช้อธิบายสถานการณ์อื่น ๆ การสร้างแบบจำลองจึงช่วยให้นักเรียนเข้าใจแนวคิดวิชาเคมีที่มีเนื้อหาเป็นนามธรรมได้ดี เพราะแบบจำลองจะเป็นสิ่งที่นักเรียนสังเกตเห็นได้ และเมื่อนักเรียนได้ทำความเข้าใจแบบจำลองจากแบบจำลองที่นักเรียนสร้าง จนนำไปสู่ความเข้าใจแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ จะส่งผลให้ความรู้ที่ถูกบันทึกในความทรงจำระยะสั้นเข้าไปอยู่ในความทรงจำระยะยาว ซึ่งสอดคล้องกับทฤษฎีกระบวนการทางสมองในการประมวลข้อมูลของ Klausmeier (1985) ที่กล่าวว่าการทำงานของสมองเปรียบเทียบได้กับการทำงานของคอมพิวเตอร์ โดยการเรียนรู้เริ่มจากนักเรียนได้รับข้อมูลผ่านทางประสาทสัมผัสทั้ง 5 จากนั้นข้อมูลจะถูกเก็บไว้ในความทรงจำระยะสั้น ซึ่งจะอยู่ได้ไม่นาน ถ้าต้องการให้ข้อมูลนั้นอยู่ในความทรงจำระยะยาวจะต้องได้รับการประมวลและเปลี่ยนรูป ซึ่งต้องใช้เทคนิคต่าง ๆ เช่น การท่องซ้ำหลาย ๆ ครั้ง การทำความเข้าใจในข้อมูลนั้น หรือการทำให้ข้อมูลมีความหมายกับตนเอง โดยการสัมพันธ์สิ่งที่เรียนรู้ใหม่กับสิ่งเก่าที่เคยเรียนรู้มาก่อน เมื่อข้อมูลอยู่ในความทรงจำระยะยาวแล้วก็จะสามารถเรียกใช้ข้อมูลนั้นได้เมื่อต้องการ และการพยายามทำให้ข้อมูลใหม่ที่นักเรียนได้รับมีความหมายต่อตนเอง โดยการเชื่อมโยงกับความรู้เดิมของนักเรียนซึ่งเป็นเทคนิคที่จะช่วยให้ความรู้นั้นอยู่ในความทรงจำระยะยาว ยังสอดคล้องกับทฤษฎีการเรียนรู้อย่างมีความหมายของ Ausubel (1978) อ้างถึงใน กิ่งฟ้า สินธุวงษ์ (2547) ที่ได้นำเสนอว่าการเรียนรู้อย่างมีความหมายเป็นการเรียนรู้โดยนำความรู้ใหม่เชื่อมโยงเข้ากับความรู้เดิม ซึ่งจะต่างจากการเรียนรู้แบบท่องจำ เชื่อมโยงได้กับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เมื่อนักเรียนได้มีการทำความเข้าใจแบบจำลอง ทำให้ข้อมูลนั้นมีความหมายกับนักเรียนโดยการเชื่อมโยงความสัมพันธ์ของสิ่งที่เรียนรู้ใหม่กับข้อมูลเดิม ทำให้ข้อมูลเหล่านั้นอยู่ในความทรงจำระยะยาว ซึ่งจะสามารถเรียกใช้ข้อมูลนั้นได้เมื่อต้องการ และในการบวนการจัดการเรียนรู้มีการให้นักเรียนนำเสนอแนวคิด และเปิดโอกาสให้นักเรียนอภิปรายร่วมกัน จนกระทั่งสามารถปรับเปลี่ยนแบบจำลองของตนเป็นแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ได้ ซึ่งสอดคล้องกับทฤษฎีพัฒนาการทางสติปัญญาของ Piajet (1963) อ้างถึงใน กิ่งฟ้า สินธุวงษ์ (2547) ที่กล่าวว่านักเรียนจะเกิดการเรียนรู้เมื่อมีการปฏิสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อมและปรับตัวให้อยู่ในสภาวะสมดุล โดยใช้กระบวนการทางสมอง 2 กระบวนการ คือ กระบวนการดูดกลืน (assimilation) และกระบวนการปรับให้เหมาะ (accommodation) ประกอบกัน จนเกิดภาวะสมดุล (equilibrium) อีกทั้งการใช้แบบจำลองในการจัดการเรียนรู้จะต้องคำนึงถึงช่วงวัยที่เหมาะสมของนักเรียน โดยช่วงอายุที่เหมาะสมคืออายุตั้งแต่ 12 ปีขึ้นไป ซึ่งเป็นช่วงที่นักเรียนมีพัฒนาการทางสติปัญญาอยู่ในขั้น

ปฏิบัติการนามธรรม (formal operational stage) นักเรียนจะสามารถแสดงความคิดเห็นเชิงนามธรรม สามารถคิด วิเคราะห์ปัญหาได้อย่างเป็นระบบ ซึ่งสอดคล้องกับกลุ่มตัวอย่างในการวิจัยครั้งนี้ที่เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 มีช่วงอายุ 15 - 16 ปี จึงเหมาะที่จะใช้แบบจำลองในการจัดการเรียนรู้ และการจัดการเรียนรู้ที่ทำให้เกิดปฏิสัมพันธ์ภายในห้องเรียนจะทำให้นักเรียนได้เรียนรู้และปรับเปลี่ยนความคิดของตนเองจนสามารถเข้าใจแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ และสรุปเป็นความรู้ใหม่ได้ด้วยตนเอง สอดคล้องกับทฤษฎีการสร้างความรู้ตามแนวคิดของ Vygotsky (1978) และ Piajet (1970) อ้างถึงใน ทิศนา แขมมณีและคณะ (2544) ที่เชื่อว่าการเรียนรู้เป็นกระบวนการที่เกิดขึ้นภายในตัวนักเรียน นักเรียนเป็นผู้สร้างความรู้จากความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งที่พบเห็นกับความรู้ความเข้าใจที่มีอยู่เดิมด้วยตนเอง โดยครูเป็นเพียงผู้จัดกิจกรรมให้นักเรียนได้ค้นคว้าเท่านั้น สอดคล้องกับงานวิจัยของ Maia และ Justi (2009) ที่ได้ศึกษาเกี่ยวกับกระบวนการเรียนรู้ของนักเรียน เรื่องสมดุลเคมี จากการสอนโดยใช้แบบจำลองเป็นฐานที่พัฒนาจากแผนภาพแบบจำลองในระดับอนุภาค (Model of Modelling diagrame) โดยกลุ่มตัวอย่างคือนักเรียนห้องเรียนปกติ อายุ 14 - 15 ปี ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนสามารถสร้างองค์ความรู้ได้ด้วยตนเอง และเรียนรู้เกี่ยวกับสมดุลเคมีได้ดียิ่งขึ้น เนื่องจากนักเรียนได้ลงมือปฏิบัติกิจกรรมด้วยตนเอง มีการตอบคำถามระหว่างนักเรียนกับนักเรียน และนักเรียนกับครู รวมถึงการอภิปรายภายในห้องเรียน ซึ่งชี้ให้เห็นว่าการสอนของครูส่งผลต่อกระบวนการเรียนรู้ของนักเรียนด้วย

ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานสามารถพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนได้ สอดคล้องกับงานวิจัยของ ณัชธฤต เกื้อทาน (2557) ที่ได้ศึกษาและพัฒนาแบบจำลองความคิด เรื่องพันธะเคมี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ด้วยกิจกรรมการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน พบว่าเมื่อนักเรียนได้เรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานที่ส่งเสริมให้นักเรียนได้สร้างแบบจำลองความคิด มีการเชื่อมโยงการเปลี่ยนแปลงทางเคมีใน 3 ระดับ ทำให้นักเรียนส่วนใหญ่มีแบบจำลองความคิดที่ถูกต้อง ประกอบกับงานวิจัยของธีระศักดิ์ ไชยสัตย์ (2560) ได้ศึกษาผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่องอะตอมและโครงสร้างอะตอม ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ผลการวิจัยพบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และงานวิจัยของ ธีรตา ชาตะวรรณ (2561) ได้ศึกษาการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับเทคโนโลยีเสมือนจริงเพื่อพัฒนาแบบจำลองทางความคิดของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่องพันธะโคเวเลนต์ พบว่านักเรียนมีการพัฒนาแบบจำลองความคิดที่สมบูรณ์ร้อยละ 54.35 รองลงมามีแบบจำลองความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ร้อยละ 29.78 ซึ่งสอดคล้องกับชิ้นงานระหว่างการจัดการเรียนรู้ ดังนั้น การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับเทคโนโลยีเสมือนจริงสามารถช่วยพัฒนาแบบจำลองทางความคิดของนักเรียนให้สอดคล้องกับแบบจำลองความคิดทางวิทยาศาสตร์ได้

2.2 การเปรียบเทียบความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานกับนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ

ผลการวิจัยพบว่า ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานสูงกว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 2 โดยความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ในการศึกษาครั้งนี้ประกอบด้วยองค์ประกอบย่อย 4 องค์ประกอบ ได้แก่ ความคิดคล่อง คือ ความสามารถในการคิดหาคำตอบได้อย่างคล่องแคล่ว รวดเร็ว และได้คำตอบปริมาณมากในเวลาที่จำกัด ความคิดยืดหยุ่น คือ ความสามารถในการคิดหาคำตอบที่หลากหลายในเวลาที่จำกัด ความคิดริเริ่ม คือ ความคิดที่แปลกใหม่แตกต่างจากความคิดทั่วไป เกิดจากการนำความรู้มาดัดแปลงให้เกิดสิ่งใหม่ และความคิดละเอียดลออ คือ ความคิดในรายละเอียดเป็นขั้นตอน เพื่อขยายแนวคิดหลักให้สมบูรณ์ ทั้งนี้ ผลการวิจัยที่เป็นไปตามสมมติฐานเนื่องจากการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เป็นการจัดการเรียนรู้ที่ประกอบด้วยองค์ประกอบสำคัญ 4 องค์ประกอบ ได้แก่ 1) การสร้างแบบจำลอง ครูจะใช้คำถามกระตุ้นให้นักเรียนสร้างแบบจำลองขึ้นมาเพื่ออธิบายหรือทำนายปรากฏการณ์ต่าง ๆ ตามความคิดของนักเรียน ซึ่งนักเรียนจะได้ฝึกใช้จินตนาการในการสร้างแบบจำลองอย่างเต็มที่ 2) การประเมินแบบจำลอง นักเรียนจะได้ทำกิจกรรมต่าง ๆ เพื่อรวบรวมข้อมูลมาประเมินว่าแบบจำลองที่นักเรียนสร้างขึ้นสอดคล้องกับข้อมูลที่ได้รับหรือไม่ 3) การดัดแปลงแก้ไขแบบจำลอง เมื่อนักเรียนพบว่าแบบจำลองที่นักเรียนสร้างขึ้นไม่สอดคล้องกับข้อมูลที่ได้รับ นักเรียนจะต้องดัดแปลงแก้ไขแบบจำลอง โดยแลกเปลี่ยนความคิดเห็นร่วมกันจนได้แบบจำลองที่ดีที่สุดและสอดคล้องกับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ และ 4) การขยายแบบจำลอง นักเรียนจะนำแบบจำลองที่ดัดแปลงแก้ไขแล้วมาใช้ในการอธิบายสถานการณ์อื่น ซึ่งในการจัดการเรียนรู้แต่ละขั้นเป็นการเปิดโอกาสให้นักเรียนได้ซักถาม แลกเปลี่ยนความคิดเห็น และอภิปรายร่วมกันในชั้นเรียน ครูใช้คำถามยั่วยุกระตุ้นให้ตอบ นักเรียนจะได้ฝึกคิด ใช้จินตนาการ ได้ค้นคว้ารวบรวมข้อมูลจากหลักฐานเชิงประจักษ์ ซึ่งกลวิธีเหล่านี้จะช่วยส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน สอดคล้องกับแนวคิดของ Williams (1970) อ้างถึงใน อารี พันธ์มณี (2545) ที่ว่ากลวิธีในการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมการใช้ความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนมีหลากหลายวิธี และมีกลวิธีที่สอดคล้องกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เช่น การพิจารณาลักษณะ การเปรียบเทียบอุปมาอุปมัย การใช้คำถามยั่วยุและกระตุ้นให้ตอบ การค้นคว้าข้อมูล เป็นต้น อีกทั้งการที่นักเรียนได้สร้างแบบจำลองจากวัสดุต่าง ๆ ที่อยู่รอบตัวนักเรียน ยังเป็นการช่วยส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนได้ สอดคล้องกับงานวิจัยของ Sikošek and Žuželj (2013) ที่ได้ศึกษาการใช้แบบจำลองทางเคมีในการพัฒนาการสอนเคมี โดยให้นักเรียนสร้างแบบจำลองด้วยตนเองจากวัสดุที่หาได้ง่าย ราคาไม่แพง ซึ่งการสร้างแบบจำลองเป็นการสร้างนวัตกรรมของตนเองและฝึกความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียน แบบนี้จำลองที่สร้างขึ้นนี้นำไปใช้ในการจัดการเรียนการสอน ซึ่งส่งผลให้นักเรียนมีความเข้าใจในเนื้อหามากขึ้น และความรู้ที่ได้เป็นความรู้ที่ยั่งยืน ดังนั้นการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

จึงเป็นวิธีการจัดการเรียนรู้ที่ช่วยให้นักเรียนพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ได้ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ วรวัฒน์ ศีลบุตร (2560) ที่ได้ศึกษาการพัฒนาแนวคิดเรื่องสารชีวโมเลกุล และความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ด้วยกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับวิธีการแบบ ผลการวิจัยพบว่า การจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับวิธีการแบบเปิดช่วยส่งเสริมให้ระดับความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนเพิ่มขึ้น เนื่องจากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้นี้เป็นการเปิดโอกาสให้นักเรียนสร้างแบบจำลองความคิดตามความเข้าใจของตนเอง มีการสืบค้นคำตอบอย่างหลากหลาย และอภิปรายเพื่อตรวจสอบแบบจำลอง ส่งผลให้นักเรียนสามารถพัฒนาแนวคิดที่เป็นนามธรรมและเชื่อมโยงกับแบบจำลองทางความคิดได้ทั้งระดับมหภาค ระดับจุลภาค และสัญลักษณ์ จึงทำให้นักเรียนสามารถพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ได้ สอดคล้องกับงานวิจัยของ นิซูใบดะห์ กิติชัย (2560) ที่ได้ศึกษาการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับการใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง บรรยากาศ ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์และความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนกลุ่มทดลองที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับการใช้แบบจำลองเป็นฐานมีความคิดสร้างสรรค์สูงกว่ากลุ่มควบคุมที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และสอดคล้องกับงานวิจัยของ สิทธิโชค เอี่ยมบุญ (2563) ที่ได้ศึกษาความคิดสร้างสรรค์ และความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ผลการวิจัยพบว่า ความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 หลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานสูงกว่าหลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบปกติ อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05

2.3 การเปรียบเทียบความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียน ผลการวิจัยพบว่า ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 เป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 3 เมื่อพิจารณาผลการวิเคราะห์ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่ดีรับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานในแต่ละองค์ประกอบ สามารถเรียงลำดับคะแนนเฉลี่ยจากสูงสุดไปยังต่ำสุด ได้แก่ ความคิดคล่อง คะแนนเฉลี่ย 31.50 ความคิดยืดหยุ่น คะแนนเฉลี่ย 16.55 ความคิดริเริ่ม คะแนนเฉลี่ย 19.05 และความคิดละเอียดลออ คะแนนเฉลี่ย 12.39 ตามลำดับ และเมื่อพิจารณาคะแนนเฉลี่ยความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์แต่ละองค์ประกอบของกลุ่มทดลอง พบว่า นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนทุกด้านสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แสดงให้เห็นว่าการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ช่วยพัฒนาความความสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ได้ เนื่องจากการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานเป็นการให้นักเรียนสร้างแบบจำลองขึ้นมาเพื่ออธิบายสถานการณ์ใดสถานการณ์หนึ่ง โดยครูใช้คำถามกระตุ้นให้นักเรียนเกิดความสงสัย และคิดหาคำตอบอย่างหลากหลาย

จนสามารถสร้างแบบจำลองโดยการวาดภาพ เขียนอธิบาย สร้างแบบจำลอง 3 มิติ เพื่ออธิบายสถานการณ์นั้นตามความเข้าใจของนักเรียน ซึ่งนักเรียนจะได้ฝึกคิดและใช้จินตนาการอย่างเต็มที่ และจะได้นำเสนอแนวคิดนั้นไม่ว่าแนวคิดจะถูกต้องหรือไม่ก็ตาม จากนั้นนักเรียนจะได้ทำกิจกรรมเพื่อประเมินว่าแบบจำลองที่นักเรียนสร้างขึ้นสอดคล้องกับข้อมูลที่ได้รับหรือไม่ ซึ่งนักเรียนจะต้องสังเกต เก็บรวบรวมข้อมูล ซักถามเมื่อมีข้อสงสัย และหากพบว่าแบบจำลองของนักเรียนไม่สอดคล้องกับข้อมูลที่ได้รับ นักเรียนจะต้องคิดว่าจะดัดแปลงแก้ไขแบบจำลองนั้นอย่างไร เพื่อให้ได้แบบจำลองที่สมบูรณ์ที่สุด โดยในกิจกรรมขั้นที่ 1 การสร้างแบบจำลอง ครูจะใช้คำถามกระตุ้นให้นักเรียนสร้างแบบจำลอง ซึ่งนักเรียนต้องกระทำการเขียนอธิบาย วาดภาพ หรือสร้างแบบจำลอง 3 มิติ เพื่ออธิบายปรากฏการณ์ ซึ่งนักเรียนในกลุ่มจะต้องคิดหาคำตอบที่เป็นไปได้ให้ได้มากที่สุด ทำให้ได้คำตอบที่มีความหลากหลาย ในเวลาที่กำหนดให้ แล้วจึงเลือกคำตอบที่ดีที่สุดมาใช้ในการสร้างแบบจำลอง โดยนักเรียนต้องพิจารณาว่าจะแสดงแบบจำลองอย่างไรเพื่ออธิบายแนวคิดนั้น รวมถึงการเลือกใช้วัสดุที่เหมาะสมมาสร้างแบบจำลองหรือดัดแปลงวัสดุที่มีมาใช้ในการสร้างแบบจำลอง ซึ่งเป็นลักษณะกิจกรรมที่สอดคล้องกับพฤติกรรมการคิดคล่องและคิดยืดหยุ่น

ตามแนวคิดของ Torrance (1962) ที่กล่าวว่า ความคิดคล่อง หมายถึง ความสามารถในการคิดหาคำตอบได้อย่างคล่องแคล่ว รวดเร็ว และสร้างคำตอบได้ปริมาณมากในเวลาที่จำกัด และความคิดยืดหยุ่น หมายถึง ความสามารถในการคิดหาคำตอบได้หลายประเภท หลายทิศทาง หลายรูปแบบ กิจกรรมขั้นที่ 2 การประเมินแบบจำลอง ในขั้นนี้นักเรียนจะได้ทำกิจกรรมเพื่อตรวจสอบว่าแบบจำลองที่นักเรียนสร้างขึ้นสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์ที่ได้รับหรือไม่ อย่างไร และหากไม่สอดคล้องจะต้องแก้ไขอย่างไร นักเรียนจะได้ปรับเปลี่ยนแนวคิดของตนเองให้สอดคล้องกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ เพื่อนำไปสู่กิจกรรมขั้นที่ 3 การดัดแปลงแก้ไขแบบจำลอง ซึ่งนักเรียนจะได้ดัดแปลงแก้ไขแบบจำลองของตนเองให้สมบูรณ์ และสามารถอธิบายรายละเอียดของแบบจำลองที่นักเรียนดัดแปลงแก้ไขแล้วเพื่อนำเสนอกับเพื่อนในชั้นเรียน จากนั้นนักเรียนจะได้ร่วมกันอภิปรายรวมทั้งพิจารณาถึงลักษณะของแบบจำลองที่แต่ละกลุ่มสร้างขึ้นเพื่อให้ได้แบบจำลองที่สมบูรณ์ที่สุด และสามารถอธิบายแนวคิดได้อย่างละเอียด สมบูรณ์ยิ่งขึ้น ซึ่งเป็นลักษณะกิจกรรมที่สอดคล้องกับพฤติกรรมการคิดละเอียดลออ ตามแนวคิดของ Guilford (1967) ที่กล่าวว่า ความคิดละเอียดลออ หมายถึง ความสามารถในการใช้ความคิดและประสานความคิดต่าง ๆ เข้าด้วยกันหรืออาจเป็นการต่อเติมความคิดให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น และกิจกรรมขั้นที่ 4 การขยายแบบจำลอง ในขั้นนี้นักเรียนจะได้นำแบบจำลองที่ดัดแปลงแก้ไขแล้วไปใช้ในการอธิบายสถานการณ์อื่นหรือปรากฏการณ์อื่นซึ่งอาจเป็นคำถามแบบทดสอบ หรือประยุกต์ใช้แนวคิดเพื่อให้อธิบายได้กว้างขึ้น เช่น ในเรื่องโครงสร้างของสารประกอบไอออนิก ที่นักเรียนได้สร้างแบบจำลองเพื่ออธิบายลักษณะโครงสร้างของสารประกอบโซเดียมคลอไรด์ ซึ่งนักเรียนจะเกิดความคิดริเริ่มว่าหากนำธาตุชนิดอื่นที่แตกต่างจากโซเดียมและคลอรีน มารวมกันให้เกิดสารประกอบไอออนิกจะมีโครงสร้างอย่างไร ซึ่งเป็นลักษณะกิจกรรมที่สอดคล้องกับพฤติกรรมการคิดริเริ่ม ตามแนวคิดของ Torrance (1962) ที่กล่าวว่า ความคิดริเริ่ม หมายถึง ลักษณะของความคิดแปลกใหม่

แตกต่างจากความคิดธรรมดา ไม่ซ้ำกับความคิดที่มีอยู่ทั่วไป ดังนั้นจะเห็นได้ว่า การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานสามารถพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ได้ทั้ง 4 ด้าน ได้แก่ ความคิดคล่อง ความคิดยืดหยุ่น ความคิดริเริ่ม และความคิดละเอียดลออ นอกจากนี้กิจกรรมต่าง ๆ ที่นักเรียนได้ปฏิบัติ ทั้งการได้รับปัญหาหรือสถานการณ์ที่ท้ายทาย การคิดหาคำตอบ การนำเสนอแนวคิดของตนเอง การอภิปรายโต้ตอบกับเพื่อนในชั้นเรียน กิจกรรมเหล่านี้เป็นการกระตุ้นให้นักเรียนสงสัย อยากรู้อยากเห็น นำไปสู่การค้นคว้า ทดลอง ซักถาม เพื่อหาคำตอบของสิ่งที่สงสัย ซึ่งการที่นักเรียนมีลักษณะดังกล่าวสอดคล้องกับลักษณะของผู้ที่มีความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ดังที่ อารี พันธ์มณี (2543) ได้อธิบายไว้ว่า ผู้ที่มีความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์จะมีความอยากรู้อยากเห็น ชอบแสวงหา สำรวจ ทดลอง ชอบซักถาม ช่างสงสัยในสิ่งที่พบเห็น ช่างสังเกต มองเห็นความผิดปกติได้อย่างรวดเร็ว เมื่อสงสัยสิ่งใดจะพยายามหาคำตอบทันที ดังนั้นการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานจึงเป็นวิธีการจัดการเรียนรู้ที่ช่วยส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนได้ นักเรียนกลุ่มทดลอง จึงมีคะแนนเฉลี่ยความคิดสร้างสรรค์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน สอดคล้องกับงานวิจัยของ สิทธิโชค เอี่ยมบุญ (2563) ที่ได้ศึกษาความคิดสร้างสรรค์ และความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ผลการวิจัยพบว่า ความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 หลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

3. ข้อเสนอแนะ

3.1 ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้

3.1.1 ก่อนการสอน ควรทำความเข้าใจกับนักเรียนเกี่ยวกับแบบจำลองและวิวัฒนาการของการสร้างแบบจำลอง ที่จะต้องมีการปรับปรุงแก้ไข เพื่อเป็นการเตรียมความพร้อมนักเรียนสำหรับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

3.1.2 เนื่องจากการวิจัยครั้งนี้ คะแนนความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ในองค์ประกอบความคิดละเอียดลออมีคะแนนต่ำที่สุดเมื่อเทียบกับองค์ประกอบอื่น ๆ จึงควรเพิ่มกิจกรรมที่พัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ด้านความคิดละเอียดลออให้มากขึ้น

3.1.3 การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานต้องใช้เวลาในการดำเนินกิจกรรมแต่ละขั้นตอนค่อนข้างมาก เพื่อให้กิจกรรมดำเนินไปได้อย่างครบถ้วน สมบูรณ์ ครูจึงควรวางแผน และกำหนดระยะเวลาในการทำกิจกรรมให้เหมาะสม

3.2 ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

3.2.1 เนื่องจากการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานสามารถพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมีได้ ในการวิจัยครั้งต่อไปจึงควรนำการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานไปใช้กับเนื้อหาอื่นในวิชาเคมี

3.2.2 ในการวิจัยครั้งต่อไปควรใช้การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับเทคนิคอื่น เพื่อให้การจัดการเรียนรู้วิชาเคมีมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

บรรณานุกรม

บรรณานุกรม

กระทรวงศึกษาธิการ. (2551). *หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551*. (พิมพ์ครั้งที่ 2). กรุงเทพฯ: ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย.

กัญจนา ลินทรัตนศิริกุล. (2557). เครื่องมือและการตรวจสอบคุณภาพ. ใน *ประมวลสาระชุดวิชาการวิจัยหลักสูตรและการเรียนการสอน.* (หน่วยที่ 9). (พิมพ์ครั้งที่ 5). นนทบุรี: มหาวิทยาลัยสุโขทัย-ธรรมาธิราช.

กิ่งฟ้า สินธุวงษ์. (2547). จิตวิทยาการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์. ใน *เอกสารการสอนชุดวิชาวิทยาศาสตร์.* (หน่วยที่ 1). นนทบุรี: มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.

กิ่งฟ้า สินธุวงษ์ และสุจินต์ วิศวธีรานนท์. (2560). พื้นฐานทางจิตวิทยาของการเรียนการสอน*วิทยาศาสตร์.* ใน *ประมวลสาระชุดวิชาสารัตถะ วิทยวิธีและธรรมชาติของวิทยาศาสตร์.* (หน่วยที่ 6). (พิมพ์ครั้งที่ 5). นนทบุรี: มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.

เกรียงศักดิ์ เจริญวงศ์ศักดิ์. (2563). *การคิดเชิงสร้างสรรค์*. (พิมพ์ครั้งที่ 12). กรุงเทพฯ: ซัคเซส พับลิชชิ่ง.

ชัยยนต์ ศรีเชียงหา. (2554*). การพัฒนาแนวคิดเรื่องสมดุลเคมีและเจตคติต่อวิชาเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ด้วยการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน.* (วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต ไม่ได้ตีพิมพ์). มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ชาตรี ฝ่ายคำตา. (2563). *กลยุทธ์การจัดการเรียนรู้เคมี*. กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ณัชธฤต เกื้อทาน. (2557). *การพัฒนาแบบจำลองความคิดเรื่องพันธะเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ด้วยกิจกรรมการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน.* (วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตร-มหาบัณฑิต ไม่ได้ตีพิมพ์). มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ณัฏฐพงษ์ เจริญพิทย์. (2541). *ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์: ทัศนะแบบองค์รวม*. (พิมพ์ครั้งที่ 2). กรุงเทพฯ: สยามโอเวอร์ซีส์โปร.

ณัฐชา พัฒนา. (2562). *ผลการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษาที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่อง เคมีอินทรีย์ และความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนปากช่องจังหวัดนครราชสีมา.* (วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษา-ศาสตรมหาบัณฑิต ไม่ได้ตีพิมพ์). มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช, นนทบุรี.

_____. (2562). ผลการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษาที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน วิชาเคมี เรื่อง เคมีอินทรีย์ และความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนปากช่องจังหวัดนครราชสีมา. *วารสารศึกษาศาสตร์ มสธ, 12(2)*, 118-132

ทัศนีย์ พฤกษชลธาร. (2518). *การสร้างแบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น.* (วิทยานิพนธ์ปริญญาครุศาสตรมหาบัณฑิต ไม่ได้ตีพิมพ์). จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.

ทิศนา แขมมณี และคณะ. (2544). *วิทยาการด้านการคิด.* กรุงเทพฯ: เดอะมาสเตอร์กรุ๊ป แมเนจเม้นท์.

ธนัฏฐา คงทน. (2557). *การพัฒนาแนวคิดเรื่อง เคมีอินทรีย์ ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน.* (วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตร-มหาบัณฑิต ไม่ได้ตีพิมพ์). มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, กรุงเทพฯ.

ธิตยา คำควร. (2558). *การพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์และเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างเพศที่ส่งผลต่อความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะร่วมกับเทคนิคอุปมาอุปไมย เรื่อง พันธะเคมี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4.* (วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต ไม่ได้ตีพิมพ์). มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ธีระศักดิ์ ไชยสัตย์. (2560). *ผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานและความสามารถในการคิดเชิงผลิตภาพของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนมัธยมขยายโอกาส จังหวัดประจวบคีรีขันธ์.* (วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต ไม่ได้ตีพิมพ์). มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช, นนทบุรี.

ธีรตา ชาตะวรรณ. (2561). *การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับเทคโนโลยีเสมือนจริงเพื่อพัฒนาแบบจำลองทางความคิดของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่องพันธะโคเวเลนต์.* (วิทยานิพนธ์ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต ไม่ได้ตีพิมพ์). มหาวิทยาลัยนเรศวร, พิษณุโลก.

นวลจิตต์ เชาวกีรติพงศ์. (2559). *ความหมายและขอบข่ายของการคิดสร้างสรรค์ คิดสร้างสรรค์: สอนและสร้างได้อย่างไร.* (พิมพ์ครั้งที่ 2). กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

_____. (2560). การจัดการเรียนการสอนเพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์. ใน *ประมวลสาระชุดวิชาสารัตถะ วิทยวิธีและธรรมชาติของวิทยาศาสตร์.* (หน่วยที่ 9). (พิมพ์ครั้งที่ 5). นนทบุรี: มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.

นิซูใบดะห์ กิติชัย. (2560). *ผลการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับการใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง บรรยากาศ ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์และความคิดสร้างสรรค์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 จังหวัดปัตตานี.* (วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต ไม่ได้ตีพิมพ์). มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช, นนทบุรี.

ปรียาภรณ์ ทองมาก. (2537). *การเปรียบเทียบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เจตคติทางวิทยาศาสตร์ และความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ระหว่างนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่เคยเรียนและไม่เคยเรียนในรายวิชาเลือกที่เกี่ยวกับการทำโครงงานวิทยาศาสตร์.* (วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต ไม่ได้ตีพิมพ์). มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่.

พัชรี ร่มพยอม วิชัยดิษฐ์. (2558). ธรรมชาติของวิชาเคมี และการจัดการเรียนการสอนให้สอดคล้องกับธรรมชาติของวิชา. *วารสารวิทยาศาสตร์ มศว, 31(2),* 187.

_____. (2562). *การจัดการเรียนรู้วิชาเคมี*. (พิมพ์ครั้งที่ 2). กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.

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

ภรทิพย์ สุภัทรชัยวงศ์. (2556). *การจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานเพื่อพัฒนาแบบจำลองทางความคิด เรื่องโครงสร้างอะตอมและความเข้าใจธรรมชาติของแบบจำลองของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4.* (วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต ไม่ได้ตีพิมพ์). มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

วรางรัตน์ เสนาสิงห์. (2562). *การสอนวิทย์แบบสร้างสรรค์ในศตวรรษที่ 21*. สืบค้นจาก https://www.scimath.org/article-science/item/9607-21-9607.

วรรณทิพา รอดแรงค้า. (2540). *Constructivism*. กรุงเทพฯ: ภาควิชาการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

วรวัฒน์ ศีลบุตร. (2560). *การพัฒนาแนวคิดเรื่อง สารชีวโมเลกุล และความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ด้วยกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับวิธีการแบบเปิด*. (วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต ไม่ได้ตีพิมพ์). มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, กรุงเทพฯ.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2541). *มาตรฐานการเรียนรู้การศึกษาขั้นพื้นฐาน สาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์*. กรุงเทพฯ: องค์การรับส่งสินค้าและพัสดุภัณฑ์.

_____. (2560). *คู่มือการใช้หลักสูตรวิทยาศาสตร์ฉบับอนาคต*. กรุงเทพฯ: สกสค.ลาดพร้าว.

_____. (2561). *คู่มือครูรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ วิชาเคมี ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เล่ม 1*. กรุงเทพฯ: สกสค.

_____. (2562). *ผลการประเมิน PISA 2018*. กรุงเทพฯ: สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.

สิทธิโชค เอี่ยมบุญ. (2563). *การศึกษาความคิดสร้างสรรค์ และความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน.* (วิทยานิพนธ์ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต ไม่ได้ตีพิมพ์). มหาวิทยาลัยบูรพา, ชลบุรี.

สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ. (2560). *สรุปสาระสำคัญแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่สิบสอง พ.ศ. 2560 – 2564*. กรุงเทพฯ: สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ.

สำนักงานนวัตกรรมแห่งชาติ (องค์การมหาชน). (2562). *4 ยุทธศาสตร์ผลักดัน 'ไทย' ให้เป็นประเทศแห่งนวัตกรรม*. สืบค้นจาก https://www.nia.or.th/NIA4.

สมคิด พรมจุ้ย. (2560). การวัดและประเมินผลการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ ใน *ประมวลสาระชุดวิชาสารัตถะ วิทยวิธีและธรรมชาติของวิทยาศาสตร์*. (หน่วยที่ 13). (พิมพ์ครั้งที่ 5). นนทบุรี: มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.

สุคนธ์ สินธพานนท์ และคณะ. (2555). *พัฒนาทักษะการคิดตามแนวปฏิรูปการศึกษา*. กรุงเทพฯ: เทคนิคพริ้นติ้ง.

สุรางค์ โค้วตระกูล. (2550). *จิตวิทยาการศึกษา*. (พิมพ์ครั้งที่ 5). กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ศิริชัย กาญจนวาสี. (2556). *ทฤษฎีการทดสอบแบบดั้งเดิม*. (พิมพ์ครั้งที่ 7). กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์-มหาวิทยาลัย.

อารี พันธ์มณี. (2537). *ความคิดสร้างสรรค์*. กรุงเทพฯ: ต้นอ้อ.

_____. (2543). *คิดอย่างสร้างสรรค์*. (พิมพ์ครั้งที่ 6). กรุงเทพฯ: เลิฟ แอนด์ ลิฟเพรส.

_____. (2545). *ฝึกให้เป็น คิดให้สร้างสรรค์*. กรุงเทพฯ: ใยไหม.

Bill, James A., and Hardgrave, Robert L. (1973). *Comparative Politics: The Quest for Theory*. Columbus Ohio: Charles E. Merrill.

Bloom, Benjamin S. (1965). *Taxonomy of Education Objective Handbook I: Cognitive Domain*. New York: David Mackey.

Coll, R.K. (2006). *Metaphor and Analogy in science Education*. Netherland: Springer.

Frigg, R. and Hartmann, S. (2006). *Model in Science Standard Encyclopedia of Philosophy.* Retrieved from https://plato.stanford.edu/entries/models-science/.

Gilbert, J.K., Bouter, C.J. and Elmer, R. (2000). *Developing Model in Science Education.* Netherland: Kluwer Academic.

Gilbert, J. K. (2005). *Visualization in Science Education*. Netherland: Springer.

Good, C. V. (1992). *Dictionary of Education*. New York: McGraw – Hill.

Guilford. (1967). *The Nature of Human Intelligence*. New York: McGraw – Hill.

Hodson, D. (1993). Re-thinking Old Ways: Towards a More Critical Approach to Practical Work in School Science. *Studies in Science Education, 22,* 85-142.

Johnson - Laird, P.N. (1980). Mental model in cognitive science. *Cognitive Science, 4(1),* 71-115.

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

_____. (2006). *Metraphor and Analogy in Science Education*. Netherlands: Springer.

Klausmeier, H.J. (1985). *Educational psychology*. New York: Harper & Row.

Maia, P. F. and Justi, R. (2009). *International Journal of Science Education, 31(5),* 603-630.

Nersesian, N.J. (1990). Methods of conceptual change in science: imagistic and analogical reasoning. *Philosophica, 45,* 33-52.

Rea-Ramirez, M.A, Clement, J., and Nunez - Oviedo, M.C. (2008). *Model Based Learning and Instruction in Science*. U.S.A.: Springer.

Sikošek, D. and Žuželj M. (2013). Using Chemical Models For Developing Natural Science Competences in Teaching Chemistry: from Pupils as Model Assemblers to Pupils as Creators of Self-Made Models. *Problems of Education in the 21st Century, 53(1),* 89-98.

Taber, K.S. and Coll, R.K. (2002). *Bonding*. Chemical Education: Towards Research - based Practice. Netherlands: Kluwer Academic.

Torrance, E.P. (1962). *Guiding creative talent*. New Jersey: Prentice – Hall.

Vygotsky, L. (1978). *Mind in society: The developmental of higher psychological process.* Cambridge, MA: Harvard University Press.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

รายชื่อผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือวิจัย

รายชื่อผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือวิจัย

1. นางขนิษฐา สารปรัง
   สถานที่ทำงาน โรงเรียนกุมภวาปี จ.อุดรธานี
   วุฒิการศึกษา ศษ.ม.หลักสูตรและการสอน
   ประสบการณ์หรือความชำนาญ ครูชำนาญการพิเศษ

2. นางสุชาดา จิตจำ
   สถานที่ทำงาน โรงเรียนนวมินทราชูทิศ ทักษิณ จ.สงขลา
   วุฒิการศึกษา ศษ.ม.หลักสูตรและการสอน
   ประสบการณ์หรือความชำนาญ ครูชำนาญการพิเศษ

3. นายณัฐชา พัฒนา
   สถานที่ทำงาน โรงเรียนปากช่อง จ.นครราชสีมา
   วุฒิการศึกษา ศษ.ม.วิทยาศาสตร์ศึกษา
   ประสบการณ์หรือความชำนาญ ครู ค.ศ.1

ภาคผนวก ข

ตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้

แผนการจัดการเรียนรู้แบบปกติ

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ **ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4**

วิชาเคมี1 **รหัสวิชา ว30221**

หน่วยที่ 3 พันธะเคมี **เรื่องการเกิดพันธะโคเวเลนต์**

เวลา 3 ชั่วโมง **ผู้สอน นางสาวเสาวรภย์ แสงอรุณ**

---

1. มาตรฐานการเรียนรู้

ว 2.1 เข้าใจสมบัติของสสาร องค์ประกอบของสสาร ความสัมพันธ์ระหว่างสมบัติของสสารกับโครงสร้างและแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาค หลักและธรรมชาติของการเปลี่ยนแปลงสถานะของสาร การเกิดสารละลายและการเกิดปฏิกิริยาเคมี

2. ผลการเรียนรู้

อธิบายการเกิดพันธะโคเวเลนต์แบบพันธะเดี่ยว พันธะคู่ และพันธะสาม ด้วยโครงสร้างลิวอิส

3. จุดประสงค์การเรียนรู้

1. อธิบายการเกิดพันธะโคเวเลนต์ได้
2. จำแนกชนิดของพันธะโคเวเลนต์ได้
3. บอกความหมายของพันธะเดี่ยว พันธะคู่ และพันธะสามได้
4. ยกตัวอย่างการเกิดพันธะเดี่ยว พันธะคู่ และพันธะสามในสารประกอบโคเวเลนต์ได้
5. เขียนแผนภาพแสดงการเกิดพันธะเดี่ยว พันธะคู่ และพันธะสามในสารประกอบโคเวเลนต์ได้
6. ระบุชนิดของธาตุในการเกิดสารโคเวเลนต์ได้
7. ระบุอิเล็กตรอนคู่ร่วมพันธะและอิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยวในสูตรโครงสร้างลิวอิสได้
8. อธิบายวิธีการเขียนสูตรโครงสร้างลิวอิสได้
9. เขียนสูตรโครงสร้างลิวอิสของสารประกอบโคเวเลนต์ได้

4. สาระสำคัญ

พันธะโคเวเลนต์ เกิดจากอะตอมของธาตุอโลหะรวมตัวกับอะตอมของธาตุอโลหะ ซึ่งมีค่าอิเล็กโทรเนกาติวิตีสูง เมื่อรวมกันจะไม่มีอะตอมใดยอมเสียอิเล็กตรอน อะตอมจึงยึดเหนี่ยวกันโดยใช้เวเลนซ์อิเล็กตรอนร่วมกัน พันธะโคเวเลนต์แบ่งออกเป็น 3 ชนิดได้แก่ พันธะเดี่ยว พันธะคู่ และพันธะสาม

พันธะเดี่ยว (single bond) เป็นพันธะโคเวเลนต์ที่เกิดจากการใช้เวเลนซ์อิเล็กตรอนร่วมกัน 1 คู่ เช่น H_2, Cl_2

พันธะคู่ (double bond)) เป็นพันธะโคเวเลนต์ที่เกิดจากการใช้เวเลนซ์อิเล็ตรอนร่วมกัน 2 คู่ เช่น O_2

พันธะสาม (triple bond) เป็นพันธะโคเวเลนต์ที่เกิดจากการใช้เวเลนซ์อิเล็กตรอนร่วมกัน 3 คู่ เช่น N_2

ธาตุที่เกิดพันธะโคเวเลนต์คือธาตุอโลหะ

อิเล็กตรอนคู่ร่วมพันธะ คืออิเล็กตรอนที่ใช้ร่วมกันกับอะตอมอื่น

อิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยว คืออิเล็กตรอนที่ไม่ได้ใช้ร่วมกันกับอะตอมอื่น

สูตรโครงสร้างลิวอิส เป็นการเขียนแสดงการเกิดพันธะโคเวเลนต์โดยใช้จุดหรือเส้นเขียนแสดงอิเล็กตรอนคู่ร่วมพันธะ และใช้จุดเขียนแสดงอิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยว

5. สาระการเรียนรู้

พันธะโคเวเลนต์ เป็นการยึดเหนี่ยวระหว่างอะตอมด้วยการใช้เวเลนซ์อิเล็กตรอนร่วมกัน เกิดเป็นโมเลกุล โดยการใช้เวเลนซ์อิเล็กตรอนร่วมกัน 1 คู่ เรียกว่า พันธะเดี่ยว เขียนแทนด้วยเส้นพันธะ 1 เส้นในโครงสร้างโมเลกุล ส่วนการใช้เวเลนซ์อิเล็กตรอนร่วมกัน 2 คู่ และ 3 คู่ เรียกว่าพันธะคู่ และพันธะสาม เขียนแทนด้วยเส้นพันธะ 2 เส้น และ 3 เส้น ตามลำดับสารที่มีพันธะภายในโมเลกุลเป็นพันธะโคเวเลนต์ทั้งหมดเรียกว่า สารโคเวเลนต์

6. กระบวนการจัดการเรียนรู้ตามแนวทาง สสวท.

ขั้นที่ 1 นำเข้าสู่บทเรียน

1. ครูยกตัวอย่างโมเลกุลโคเวเลนต์ เช่น โมเลกุลแก๊สออกซิเจน (O_2) แล้วตั้งคำถามว่าการเกิดพันธะเคมีระหว่างอะตอมของออกซิเจนมีการเปลี่ยนแปลงของเวเลนซ์อิเล็กตรอนเหมือนหรือต่างจากพันธะไอออนิกหรือไม่

(**แนวคำตอบ** ต่างกัน เนื่องจากการเกิดพันธะเคมีของแก๊สออกซิเจนไม่ได้เกิดจากการให้หรือรับอิเล็กตรอน แต่เป็นการใช้อิเล็กตรอนร่วมกัน)

2. ครูให้ความหมายของพันธะโคเวเลนต์ว่าเป็นการยึดเหนี่ยวของอะตอมโดยใช้เวเลนซ์อิเล็กตรอนร่วมกัน และเรียกสารที่เกิดจากพันธะโคเวเลนต์ว่า สารโคเวเลนต์

ขั้นที่ 2 ขั้นกิจกรรมการเรียนรู้

1. ให้นักเรียนพิจารณาแผนภาพและสัญลักษณ์แบบจุดของลิวอิส จากนั้นยกตัวอย่างการเกิดพันธะในโมเลกุลของแก๊สคลอรีน (Cl_2) แก๊สออกซิเจน (O_2) และแก๊สไนโตรเจน (N_2)

2. ให้นักเรียนสังเกตว่าโมเลกุลทั้งสาม มีความเหมือนหรือแตกต่างกันอย่างไร

(**แนวคำตอบ** ต่างกัน เนื่องจากโมเลกุลทั้งสาม มีการใช้อิเล็กตรอนร่วมกันของอะตอมแตกต่างกัน)

3. ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายการเกิดพันธะโคเวเลนต์ของโมเลกุลแก๊สคลอรีน (Cl_2) แก๊สออกซิเจน (O_2) และแก๊สไนโตรเจน (N_2) จนได้ข้อสรุปว่า โมเลกุลของแก๊สคลอรีน (Cl_2) มีการใช้อิเล็กตรอนร่วมกันของอะตอมคลอรีน 1 คู่ เรียกว่า พันธะเดี่ยว (single bond) โมเลกุลของแก๊สออกซิเจน

(O_2) มีการใช้อิเล็กตรอนร่วมกันของอะตอมออกซิเจน 2 คู่ เรียกว่า พันธะคู่ (double bond) และโมเลกุลของแก๊สไนโตรเจน (N_2) มีการใช้อิเล็กตรอนร่วมกันของอะตอมไนโตรเจน 3 คู่ เรียกว่า พันธะสาม (triple bond)

4. ครูอธิบายเพิ่มเติมว่า อิเล็กตรอนที่ใช้ร่วมกันในโมเลกุล เรียกว่า อิเล็กตรอนคู่ร่วมพันธะ อิเล็กตรอนที่ไม่ได้ใช้ร่วมกันในโมเลกุลเรียกว่า อิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยว

5. ให้นักเรียนพิจารณาการเขียนสูตรโครงสร้างลิวอิสของโมเลกุลโคเวเลนต์บางชนิดจากตารางในหนังสือเรียน จากนั้นชี้ให้เห็นว่า การเขียนแสดงโครงสร้างลิวอิสของโมเลกุลที่ประกอบด้วยอะตอมมากกว่า 2 อะตอม อะตอมกลางจะเป็นธาตุที่ต้องการอิเล็กตรอนมากที่สุดเพื่อให้เป็นไปตามกฎออกเตต ในกรณีที่มีธาตุต้องการจำนวนอิเล็กตรอนเท่ากัน ธาตุที่มีค่าอิเล็กโทรเนกาติวิตีต่ำสุดจะเป็นอะตอมกลาง

6. ครูอธิบายการเขียนโครงสร้างลิวอิสแบบจุดและแบบเส้น พร้อมยกตัวอย่าง

7. ให้นักเรียนลองเขียนโครงสร้างลิวอิสของคาร์บอนิลคลอไรด์ ($COCl_2$) และสุ่มตัวแทนออกมาเขียนหน้าชั้นเรียน

ขั้นที่ 3 ขั้นสรุป

1. ครูยกตัวอย่างสารโคเวเลนต์ แล้วให้นักเรียนเปรียบเทียบค่าอิเล็กโทรเนกาติวิตีของธาตุองค์ประกอบในสารนั้น แล้วให้นักเรียนตอบคำถามว่าค่าอิเล็กโทรเนกาติวิตีของธาตุองค์ประกอบเป็นอย่างไร

(**แนวคำตอบ** ธาตุที่เป็นองค์ประกอบเป็นธาตุอโลหะ มีค่าอิเล็กโทรเนกาติวิตีสูง)

2. ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับการเกิดพันธะโคเวเลนต์จนได้ข้อสรุปว่า

- ธาตุอโลหะมีค่าอิเล็กโทรเนกาติวิตีสูง ดังนั้น เมื่อรวมตัวกันจะไม่มีธาตุใดยอมเสียอิเล็กตรอน อะตอมจึงยึดเหนี่ยวกันโดยใช้เวเลนซ์อิเล็กตรอนร่วมกัน เรียกการยึดเหนี่ยวนี้ว่า พันธะโคเวเลนต์ และสารที่อะตอมยึดเหนี่ยวกันด้วยพันะโคเวเลนต์เรียกว่าสารโคเวเลนต์

- พันธะโคเวเลนต์ แบ่งเป็น 3 ชนิด ได้แก่ พันธะโคเวเลนต์ที่เกิดจากการใช้อิเล็กตรอนร่วมกัน 1 คู่ 2 คู่ หรือ 3 คู่ จะเกิดเป็นพันธะเดี่ยว (single bond) พันธะคู่ (double bond) และพันธะสาม (triple bond) ตามลำดับ ซึ่งส่วนใหญ่จะเป็นไปตามกฎออกเตต เขียนแสดงได้ด้วยสูตรโครงสร้างลิวอิส ทั้งนี้การเกิดพันธะโคเวเลนต์ในโมเลกุลโคเวเลนต์บางชนิดอาจไม่เป็นไปตามกฎออกเตต

- อิเล็กตรอนที่ใช้ร่วมกันในโมเลกุล เรียกว่า อิเล็กตรอนคู่ร่วมพันธะ อิเล็กตรอนที่ไม่ได้ใช้ร่วมกันในโมเลกุลเรียกว่า อิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยว

3. ให้นักเรียนทำแบบฝึกหัด เรื่อง การเขียนสูตรโครงสร้างของสารโคเวเลนต์

7. สื่อ - อุปกรณ์/ แหล่งเรียนรู้

1. Power Point เรื่อง พันธะโคเวเลนต์
2. แบบฝึกหัด เรื่อง การเขียนสูตรโครงสร้างของสารโคเวเลนต์

8. การวัดและประเมินผล

จุดประสงค์	วิธีการวัดและประเมินผล	เครื่องมือที่ใช้วัดและประเมิน	เกณฑ์การประเมิน
1. อธิบายการเกิดพันธะโคเวเลนต์ได้	- การอภิปราย	- แบบประเมินการอภิปราย	10 คะแนนขึ้นไปผ่านเกณฑ์
2. จำแนกชนิดของพันธะโคเวเลนต์ได้			
3. บอกความหมายของพันธะเดี่ยว พันธะคู่ และพันธะสามได้			
4. ยกตัวอย่างการเกิดพันธะเดี่ยว พันธะคู่ และพันธะสามในสารประกอบโคเวเลนต์ได้			
5. เขียนแผนภาพแสดงการเกิดพันธะเดี่ยว พันธะคู่ และพันธะสามในสารประกอบโคเวเลนต์ได้			
6. ระบุชนิดของธาตุในการเกิดสารโคเวเลนต์ได้			
7. ระบุอิเล็กตรอนคู่ร่วมพันธะและอิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยวในสูตรโครงสร้างลิวอิสได้			
8. อธิบายวิธีการเขียนสูตรโครงสร้างลิวอิสได้	- การทำแบบฝึกหัด	- แบบฝึกหัด	- ทำแบบฝึกหัดถูกต้องไม่น้อยกว่าร้อยละ 70
9. เขียนสูตรโครงสร้างลิวอิสของสารประกอบโคเวเลนต์ได้			

แบบประเมินการอภิปราย

วิชา เคมี1 รหัสวิชา ว30221 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/.....

คำชี้แจง ครูผู้สอนเป็นผู้ประเมินนักเรียนโดยใช้วิธีการสังเกตในขณะดำเนินการสอน แล้วให้คะแนนให้ตรงกับพฤติกรรมที่เป็นจริง

เกณฑ์การให้คะแนน 3 = ปฏิบัติทุกครั้ง 2 = ปฏิบัติบ่อยครั้ง 1 = ปฏิบัติน้อยหรือไม่ปฏิบัติ

เลขที่	ชื่อ - สกุล	รายการประเมิน					รวม	หมายเหตุ
		การแสดงความคิดเห็น	รับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น	ตรงประเด็น	สมเหตุสมผล	มีความเชื่อมั่นในการแสดงออก		

เกณฑ์การประเมิน นักเรียนได้คะแนน 10 คะแนนขึ้นไป ถือว่าผ่านเกณฑ์

แบบฝึกหัด

เรื่อง การเขียนสูตรโครงสร้างของสารโคเวเลนต์

ให้นักเรียนเขียนสูตรโครงสร้างแบบจุดและแบบเส้นของสารประกอบต่อไปนี้

ข้อ	สารประกอบ	สูตรแบบจุด	สูตรแบบเส้น	จำนวนอิเล็กตรอนคู่ร่วมพันธะ (คู่)	จำนวนอิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยว (คู่)
1	PCl_3				
2	SF_2				
3	I_2O				
4	$SnCl_4$				
5	CS_2				
6	CCl_4				
7	NCl_3				
8	Cl_2				
9	SiO_2				
10	CH_2O				

แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ **ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4**

วิชาเคมี1 **รหัสวิชา ว30221**

หน่วยที่ 3 พันธะเคมี **เรื่องการเกิดพันธะโคเวเลนต์**

เวลา 4 ชั่วโมง **ผู้สอน นางสาวเสาวรภย์ แสงอรุณ**

---

1. มาตรฐานการเรียนรู้

ว 2.1 เข้าใจสมบัติของสสาร องค์ประกอบของสสาร ความสัมพันธ์ระหว่างสมบัติของสสารกับโครงสร้างและแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาค หลักและธรรมชาติของการเปลี่ยนแปลงสถานะของสาร การเกิดสารละลายและการเกิดปฏิกิริยาเคมี

2. ผลการเรียนรู้

อธิบายการเกิดพันธะโคเวเลนต์แบบพันธะเดี่ยว พันธะคู่ และพันธะสาม ด้วยโครงสร้างลิวอิส

3. จุดประสงค์การเรียนรู้

1. อธิบายการเกิดพันธะโคเวเลนต์ได้
2. จำแนกชนิดของพันธะโคเวเลนต์ได้
3. บอกความหมายของพันธะเดี่ยว พันธะคู่ และพันธะสามได้
4. ยกตัวอย่างการเกิดพันธะเดี่ยว พันธะคู่ และพันธะสามในสารประกอบโคเวเลนต์ได้
5. เขียนแผนภาพแสดงการเกิดพันธะเดี่ยว พันธะคู่ และพันธะสามในสารประกอบโคเวเลนต์ได้
6. ระบุชนิดของธาตุในการเกิดสารโคเวเลนต์ได้
7. ระบุอิเล็กตรอนคู่ร่วมพันธะและอิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยวในสูตรโครงสร้างลิวอิสได้
8. อธิบายวิธีการเขียนสูตรโครงสร้างลิวอิสได้
9. เขียนสูตรโครงสร้างลิวอิสของสารประกอบโคเวเลนต์ได้

4. สาระสำคัญ

พันธะโคเวเลนต์ เกิดจากอะตอมของธาตุอโลหะรวมตัวกับอะตอมของธาตุอโลหะ ซึ่งมีค่าอิเล็กโทร - เนกาติวิตีสูง เมื่อรวมกันจะไม่มีอะตอมใดยอมเสียอิเล็กตรอน อะตอมจึงยึดเหนี่ยวกันโดยใช้เวเลนซ์อิเล็กตรอนร่วมกัน

พันธะโคเวเลนต์แบ่งออกเป็น 3 ชนิดได้แก่ พันธะเดี่ยว พันธะคู่ และพันธะสาม

พันธะเดี่ยว (single bond) เป็นพันธะโคเวเลนต์ที่เกิดจากการใช้เวเลนซ์อิเล็กตรอนร่วมกัน 1 คู่ เช่น H_2, Cl_2

พันธะคู่ (double bond)) เป็นพันธะโคเวเลนต์ที่เกิดจากการใช้เวเลนซ์อิเล็ตรอนร่วมกัน 2 คู่ เช่น O_2

พันธะสาม (triple bond) เป็นพันธะโคเวเลนต์ที่เกิดจากการใช้เวเลนซ์อิเล็กตรอนร่วมกัน 3 คู่ เช่น N_2

ธาตุที่เกิดพันธะโคเวเลนต์คือธาตุอโลหะ

อิเล็กตรอนคู่ร่วมพันธะ คืออิเล็กตรอนที่ใช้ร่วมกันกับอะตอมอื่น

อิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยว คืออิเล็กตรอนที่ไม่ได้ใช้ร่วมกันกับอะตอมอื่น

สูตรโครงสร้างลิวอิส เป็นการเขียนแสดงการเกิดพันธะโคเวเลนต์โดยใช้จุดหรือเส้นเขียนแสดงอิเล็กตรอนคู่ร่วมพันธะ และใช้จุดเขียนแสดงอิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยว

5. สาระการเรียนรู้

พันธะโคเวเลนต์ เป็นการยึดเหนี่ยวระหว่างอะตอมด้วยการใช้เวเลนซ์อิเล็กตรอนร่วมกัน เกิดเป็นโมเลกุล โดยการใช้เวเลนซ์อิเล็กตรอนร่วมกัน 1 คู่ เรียกว่า พันธะเดี่ยว เขียนแทนด้วยเส้นพันธะ 1 เส้นในโครงสร้างโมเลกุล ส่วนการใช้เวเลนซ์อิเล็กตรอนร่วมกัน 2 คู่ และ 3 คู่ เรียกว่าพันธะคู่ และพันธะสาม เขียนแทนด้วยเส้นพันธะ 2 เส้น และ 3 เส้น ตามลำดับสารที่มีพันธะภายในโมเลกุลเป็นพันธะโคเวเลนต์ทั้งหมดเรียกว่า สารโคเวเลนต์

6. กระบวนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

ขั้นที่ 1 การสร้างแบบจำลอง (Generating model)

1. นักเรียนแบ่งกลุ่ม กลุ่มละ 5 คน จากนั้นแจกอุปกรณ์และสารเคมีให้แต่ละกลุ่ม ดังนี้
   - หลอดทดลองพร้อมจุกปิดหลอดทดลอง
   - ธูป
   - ไม้ขีดไฟ
   - แผ่นสังกะสี
   - สารละลายกรดไฮโดรคลอริก
2. ให้นักเรียนทำการทดลอง ดังนี้

2.1 นำแผ่นสังกะสีใส่ลงในหลอดทดลองที่ใส่สารละลายกรดไฮโดรคลอริกไว้แล้ว จากนั้นปิดจุกหลอดทดลอง แล้วสังเกตการเปลี่ยนแปลง

2.2 เปิดจุกปิดหลอดทดลองแล้วนำธูปที่จุดแล้วไปจ่อที่ปากหลอดทดลองทันที สังเกตการเปลี่ยนแปลง

3. ครูใช้คำถามดังนี้
   - เมื่อนำแผ่นสังกะสีใส่ลงในหลอดทดลองแล้วเกิดการเปลี่ยนแปลงอย่างไร (มีฟองแก๊สเกิดขึ้น)
   - เมื่อนำธูปไปจ่อที่ปากหลอดทดลอง เกิดการปลี่ยนแปลงอย่างไร (เกิดเปลวไฟลุกขึ้น)
   - แก๊สที่เกิดขึ้นเป็นแก๊สชนิดใด (แก๊สไฮโดรเจน เพราะมีสมบัติทำให้ไฟติด)

- ให้นักเรียนส่งตัวแทนออกมาเขียนสมการการเกิดปฏิกิริยาบนกระดาษ

- แก๊สไฮโดรเจนมีสูตรเคมีอย่างไร (H_2)

- H มีเลขอะตอมเท่าใด ให้นักเรียนเขียนแสดงการจัดเรียงอิเล็กตรอนของธาตุ H บนกระดาน

- อะตอมของธาตุไฮโดรเจนทั้ง 2 อะตอมมารวมกันเป็นโมเลกุลได้อย่างไร (ไฮโดรเจนมีแรงยึดเหนี่ยวระหว่างกัน)

4. ให้นักเรียนเขียนแบบจำลองแสดงการรวมกันของอะตอมไฮโดรเจนเกิดเป็นแก๊สไฮโดรเจนลงในใบงาน

5. ให้ตัวแทนนักเรียนแต่ละกลุ่มออกมานำเสนอแบบจำลองหน้าชั้นเรียน พร้อมแสดงเหตุผลประกอบการนำเสนอ

ขั้นที่ 2 ขั้นการประเมินแบบจำลอง (evaluating model)

1. ครูให้นักเรียนดูภาพเคลื่อนไหว (animation) แสดงการเกิดโมเลกุลของแก๊สไฮโดรเจน
2. ครูใช้คำถาม ดังนี้

- นักเรียนสังเกตเห็นอะไรบ้าง

(แนวคำตอบ อะตอมของธาตุไฮโดรเจนทั้ง 2 อะตอมดึงดูดกัน)

- เพราะเหตุใดอะตอมของธาตุไฮโดรเจนจึงดึงดูดกัน

(แนวคำตอบ มีแรงดึงดูดระหว่างโปรตรอนในนิวเคลียสของอะตอมหนึ่งกับอิเล็กตรอนของอีกอะตอมหนึ่ง)

- นอกจากแรงดึงดูดแล้วยังมีแรงอื่นอีกหรือไม่

(แนวคำตอบ มีแรงผลักระหว่างโปรตอนในนิวเคลียสของอะตอมหนึ่งกับอีกอะตอมหนึ่งและแรงผลักระหว่างอิเล็กตรอนของอะตอมหนึ่งกับอีกอะตอมหนึ่ง)

- ถ้าแรงดึงดูดและแรงผลักมีความสมดุลกันจะเป็นอย่างไร

(แนวคำตอบ จะเกิดแรงยึดเหนี่ยวที่เสถียร)

- อะตอมของไฮโดรเจนทั้งสองมีค่า EN เท่ากัน จะมีอะตอมใดยอมเสียอิเล็กตรอนหรือไม่

(แนวคำตอบ ไม่)

- ต้องทำอย่างไรจึงเกิดเป็นโมเลกุลแก๊สไฮโดรเจนตามกฎออกเตต

(แนวคำตอบ ใช้เวเลนซ์อิเล็กตรอนร่วมกัน)

ขั้นที่ 3 ขั้นการดัดแปลงแก้ไขแบบจำลอง (Modifying model)

1. นักเรียนพิจารณาแบบจำลองการเกิดพันธะของแก๊สไฮโดรเจนที่สร้างขึ้นกับหลักการตามแนวคิดของนักวิทยาศาสตร์ว่ามีความสอดคล้องกันหรือไม่ อย่างไร นักเรียนจะต้องปรับปรุงแบบจำลองของตนเองอย่างไรบ้างเพื่อให้สอดคล้องกับหลักการทางวิทยาศาสตร์

2. นักเรียนแต่ละกลุ่มปรับปรุงแบบจำลองของตนเอง

3. ให้ตัวแทนนักเรียน 3 กลุ่ม ออกมานำเสนอแบบจำลองของกลุ่มตนเองหน้าชั้นเรียน

4. ครูอธิบายเพิ่มเติมว่า อะตอมของไฮโดรเจนมีค่า EN เท่ากัน จึงไม่มีใครยอมเสียอิเล็กตรอน ดังนั้นเพื่อให้เกิดเป็นโมเลกุลที่เสถียร จึงยึดเหนี่ยวกันโดยใช้เวเลนซ์อิเล็กตรอนร่วมกัน เรียกว่า พันธะโคเวเลนต์ โดยจะเกิดกับกลุ่มธาตุอโลหะซึ่งมีค่า EN สูง

5. ครูยกตัวอย่าง

- การเกิดโมเลกุลของแก๊สคลอรีน (Cl_2) มีเวเลนซ์อิเล็กตรอนเท่ากับ 7 ขาดอีก 1 อิเล็กตรอนจึงจะครบ 8 ดังนั้นอะตอมทั้งสองจึงใช้อิเล็กตรอนร่วมกัน 1 คู่ เรียกว่า พันธะเดี่ยว (single bond)

- การเกิดโมเลกุลของแก๊สออกซิเจน (O_2) มีเวเลนซ์อิเล็กตรอนเท่ากับ 6 ขาดอีก 2 อิเล็กตรอนจึงจะครบ 8 ดังนั้นอะตอมทั้งสอง จึงใช้อิเล็กตรอนร่วมกัน 2 คู่ เรียกว่า พันธะคู่ (double bond)

- การเกิดโมเลกุลของแก๊สไนโตรเจน (N_2) มีเวเลนซ์อิเล็กตรอนเท่ากับ 5 ขาดอีก 3 อิเล็กตรอนจึงจะครบ 8 ดังนั้นอะตอมทั้งสอง จึงใช้อิเล็กตรอนร่วมกัน 3 คู่ เรียกว่า พันธะสาม (triple bond)

6. ครูอธิบายเพิ่มเติมว่า จากตัวอย่างข้างต้น เวเลนซ์อิเล็กตรอนคู่ที่ใช้ร่วมกันเรียกว่า อิเล็กตรอนคู่ร่วมพันธะ เวเลนซ์อิเล็กตรอนที่ไม่ได้ใช้ร่วมกัน เรียกว่าอิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยว การเขียนแสดงการเกิดพันธะโคเวเลนต์ เขียนแสดงด้วยสูตรโครงสร้างลิวอิส โดยใช้จุดหรือเส้นเขียนแสดงอิเล็กตรอนคู่ร่วมพันธะ และใช้จุดเขียนแสดงอิเล็กตรอนคูโดดเดี่ยว

7. ให้นักเรียนเขียนแสดงการเขียนสูตรโครงสร้างลิวอิสของสารโคเวเลนต์โดยใช้ตัวอย่างข้างต้น

8. เฉลยร่วมกันบนกระดาน

ขั้นที่ 4 ขั้นการขยายแบบจำลอง (Elaborating model)

1. ให้นักเรียนทำแบบฝึกหัดแสดงการรวมตัวระหว่าง H กับ O เพื่อเกิดเป็นโมเลกุลของน้ำ (H_2O)

2. ครูนำอภิปรายดังนี้

- การรวมตัวระหว่าง H กับ O เกิดเป็น H_2O เหมือนหรือแตกต่างจากการรวมตัวระหว่าง H กับ H อย่างไร

- การรวมตัวของ Hกับ Oมีการใช้เวเลนซ์อิเล็กตรอนร่วมกันกี่คู่

(แนวคำตอบ 1 คู่)

- พันธะระหว่าง H กับ O เป็นพันธะชนิดใด

(แนวคำตอบ พันธะเดี่ยว)

- โมเลกุลของ H_2Oมีอิเล็กตรอนคู่ร่วมพันธะและอิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยวอย่างละกี่คู่

(แนวคำตอบ อิเล็กตรอนคู่ร่วมพันธะ 2 คู่ , อิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยว 2 คู่)

3. นักเรียนร่วมกันสรุปให้ได้ข้อสรุปว่า

- อโลหะมีค่าอิเล็กโทรเนกาติวิตีสูง เมื่อรวมกันจะไม่มีอะตอมใดยอมเสียอิเล็กตรอน อะตอมจึงยึดเหนี่ยวกันโดยใช้เวเลนซ์อิเล็กตรอนร่วมกัน เรียกว่า พันธะโคเวเลนต์ (covalent bond)

- พันธะโคเวเลนต์แบ่งออกเป็น 3 ชนิด ได้แก่ พันธะเดี่ยว พันธะคู่ และพันธะสาม

- ธาตุที่สามารถเกิดพันธะโคเวเลนต์ได้คือธาตุอโลหะ

4. ให้นักเรียนทำแบบฝึกหัด เรื่อง การเขียนสูตรโครงสร้างของสารโคเวเลนต์

7. สื่อ - อุปกรณ์/ แหล่งเรียนรู้

1. Power Point เรื่อง พันธะโคเวเลนต์
2. แบบฝึกหัด เรื่อง การเขียนสูตรโครงสร้างของสารโคเวเลนต์
3. วีดิโอภาพเคลื่อนไหว (animation) การเกิดโมเลกุลของแก๊สไฮโดรเจน
4. หลอดทดลองพร้อมจุกปิดหลอดทดลอง
5. ธูป
6. ไม้ขีดไฟ
7. แผ่นสังกะสี
8. สารละลายกรดไฮโดรคลอริก

8. การวัดและประเมินผล

จุดประสงค์	วิธีการวัดและประเมินผล	เครื่องมือที่ใช้วัดและประเมิน	เกณฑ์การประเมิน
1. อธิบายการเกิดพันธะโคเวเลนต์ได้			
2. จำแนกชนิดของพันธะโคเวเลนต์ได้			
3. บอกความหมายของพันธะเดี่ยว พันธะคู่ และพันธะสามได้			
4. ยกตัวอย่างการเกิดพันธะเดี่ยว พันธะคู่ และพันธะสามในสารประกอบโคเวเลนต์ได้	- การนำเสนอผลงาน	แบบประเมินการนำเสนอผลงาน	12 – 15 คะแนน = ดีมาก 8 – 11 คะแนน = ดี

จุดประสงค์	วิธีการวัดและประเมินผล	เครื่องมือที่ใช้วัดและประเมิน	เกณฑ์การประเมิน
5. เขียนแผนภาพแสดงการเกิดพันธะเดี่ยว พันธะคู่ และพันธะสามในสารประกอบโคเวเลนต์ได้	- การอภิปราย	- แบบประเมินการอภิปราย	5 – 7 คะแนน = พอใช้
6. ระบุชนิดของธาตุในการเกิดสารโคเวเลนต์ได้			
7. ระบุอิเล็กตรอนคู่ร่วมพันธะและอิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยวในสูตรโครงสร้างลิวอิสได้			10 คะแนนขึ้นไป ผ่านเกณฑ์
8. อธิบายวิธีการเขียนสูตรโครงสร้างลิวอิสได้	- การทำแบบฝึกหัด	- แบบฝึกหัด	- ทำแบบฝึกหัดถูกต้องไม่น้อยกว่าร้อยละ 70
9. เขียนสูตรโครงสร้างลิวอิสของสารประกอบโคเวเลนต์ได้			

แบบประเมินการนำเสนอผลงาน

วิชา เคมี1 รหัสวิชา ว30211 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/.....

คำชี้แจง ครูผู้สอนเป็นผู้ประเมินนักเรียนโดยใช้วิธีการสังเกตในขณะดำเนินการสอน แล้วให้คะแนนให้ตรงกับพฤติกรรมที่เป็นจริง

เลขที่	ชื่อ - สกุล	รายการประเมิน					รวม	หมายเหตุ
		ความตรงประเด็น	การมีส่วนร่วม	การตอบคำถาม	ความตรงต่อเวลา	บุคลิกภาพ		

เกณฑ์ประเมินการนำเสนอผลงาน

รายการประเมิน	คะแนน		
	3	2	1
ความตรงประเด็น	นำเสนอผลงานได้ครบถ้วนสมบูรณ์ เน้นประเด็นสำคัญ	นำเสนอผลงานได้ครบถ้วน แต่ยังไม่เน้นประเด็นสำคัญ	นำเสนอผลงานได้ไม่สมบูรณ์
การมีส่วนร่วม	สมาชิกในกลุ่มทุกคนมีส่วนร่วม มีการแบ่งหน้าที่ชัดเจน	สมาชิกในกลุ่มทุกคนมีส่วนร่วม แต่ยังแบ่งหน้าที่ชัดเจน	สมาชิกในกลุ่มยังมีทุกคนมีส่วนร่วมไม่ครบทุกคน แต่ยังแบ่งหน้าที่ไม่ชัดเจน
การตอบคำถาม	ตอบคำถามได้ดีครบถ้วน ตรงประเด็นทุกคำถาม	ตอบคำถามได้ครบถ้วน แต่ไม่ตรงประเด็นบางคำถาม	ตอบคำถามได้บ้าง แต่ไม่ครบทุกประเด็น
ความตรงต่อเวลา	รักษาเวลาได้เหมาะสมทันตามกำหนด	ใช้เวลาไม่ทันตามกำหนด แต่ไม่เกิน 5 นาที	ใช้เวลาไม่ทันตามกำหนด เกิน 5 นาที
บุคลิกภาพ	ใช้ภาษาได้ถูกต้องชัดเจน มีความมั่นใจนำเสนอได้น่าสนใจ	ใช้ภาษาได้ถูกต้องชัดเจน แต่ไม่มีความมั่นใจ	ใช้ภาษาไม่ถูกต้อง และไม่มีความมั่นใจ

เกณฑ์การประเมิน

12 – 15 คะแนน หมายถึง ดีมาก

8 – 11 คะแนน หมายถึง ดี

5 – 7 คะแนน หมายถึง พอใช้

แบบประเมินการอภิปราย

วิชา เคมี1 รหัสวิชา ว30221 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/.....

คำชี้แจง ครูผู้สอนเป็นผู้ประเมินนักเรียนโดยใช้วิธีการสังเกตในขณะดำเนินการสอน แล้วให้คะแนนให้ตรงกับพฤติกรรมที่เป็นจริง

เกณฑ์การให้คะแนน 3 = ปฏิบัติทุกครั้ง 2 = ปฏิบัติบ่อยครั้ง 1 = ปฏิบัติน้อยหรือไม่ปฏิบัติ

เลขที่	ชื่อ - สกุล	รายการประเมิน					รวม	หมายเหตุ
		การแสดงความคิดเห็น	รับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น	ตรงประเด็น	สมเหตุสมผล	มีความเชื่อมั่นในการแสดงออก		

เกณฑ์การประเมิน นักเรียนได้คะแนน 10 คะแนนขึ้นไป ถือว่าผ่านเกณฑ์

ใบงานที่ 3

เรื่อง การรวมตัวของอะตอมไฮโดรเจน

กลุ่มที่.....

สมาชิกในกลุ่ม

1. ..... 2. ..... 3. .....

4. ..... 5. ..... 6. .....

7. .....

ตอนที่1 ให้นักเรียนวาดภาพแสดงการรวมตัวธาตุไฮโดรเจน (H) เกิดเป็นแก๊สไฮโดรเจน พร้อมอธิบายตามความเข้าใจของนักเรียน

.....

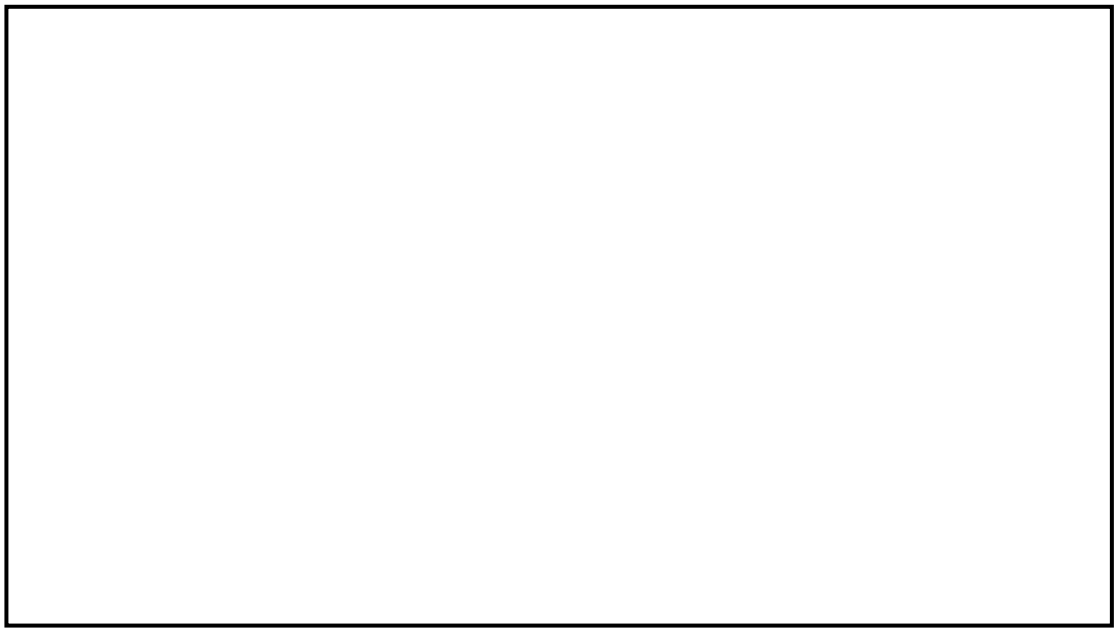
.....

.....

.....

.....

ตอนที่2 ให้นักเรียนวาดภาพแสดงการรวมตัวธาตุไฮโดรเจน (H) เกิดเป็นแก๊สไฮโดรเจนโดยปรับปรุงจากตอนที่ 1 หลังจากดูภาพเคลื่อนไหวการเกิดโมเลกุลของแก๊สไฮโดรเจน พร้อมอธิบาย



.....

.....

.....

.....

.....

แบบฝึกหัด

เรื่อง การเกิดพันธะโคเวเลนต์

คำชี้แจง ให้นักเรียนตอบคำถามต่อไปนี้

1. ให้นักเรียนวาดภาพแสดงการรวมตัวธาตุไฮโดรเจน ($_1H$) รวมตัวกับธาตุออกซิเจน ($_8O$) เพื่อให้เกิดโมเลกุลของน้ำ พร้อมอธิบาย

.....

.....

.....

.....

.....

2. พันธะโคเวเลนต์เกิดขึ้นได้อย่างไร

.....

.....

.....

3. พันธะโคเวเลนต์เกิดกับธาตุกลุ่มใด

.....

.....

.....

แบบฝึกหัด

เรื่อง การเขียนสูตรโครงสร้างของสารโคเวเลนต์

✍ ให้นักเรียนเขียนสูตรโครงสร้างแบบจุดและแบบเส้นของสารประกอบต่อไปนี้

ข้อ	สารประกอบ	สูตรแบบจุด	สูตรแบบเส้น	จำนวนอิเล็กตรอนคู่ร่วมพันธะ (คู่)	จำนวนอิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยว (คู่)
1	PCl_3				
2	SF_2				
3	I_2O				
4	$SnCl_4$				
5	CS_2				
6	CCl_4				
7	NCl_3				
8	Cl_2				
9	SiO_2				
10	CH_2O				

ภาคผนวก ค

ตัวอย่างเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

- แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่อง พันธะเคมี
- แบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาสาสตร์

แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่อง พันธะเคมี
ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

.....

คำชี้แจง ให้นักเรียนเลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงคำตอบเดียว

1. ข้อใดต่อไป**ไม่**นี้ถูกต้อง
   ก. ธาตุทุกชนิดสามารถอยู่ในรูปอะตอมเดี่ยวเดี่ยวได้ ยกเว้นธาตุหมู่ 8
   ข. ธาตุที่มีเวเลนซ์อิเล็กตรอนไม่เท่ากับ 8 จะพยายามทำให้มีเวเลนซ์อิเล็กตรอนเท่ากับ 8
   ค. ธาตุที่สามารถอยู่ในรูปอะตอมเดี่ยวได้คือธาตุหมู่ 8 เท่านั้น
   ง. ธาตุที่มีเวเลนซ์อิเล็กตรอนเท่ากับ 8 จะมีความเสถียร
2. ธาตุชนิดใดเมื่อกลายเป็นไอออนบวกแล้วจะมีประจุเป็น 2+
   ก. $_{11}Na$ ข. $_{13}A$ ค. $_{16}$ ง. $_{20}Ca$
3. ข้อใดกล่าวถูกต้องเกี่ยวกับการเกิดพันธะไอออนิก
   ก. พันธะไอออนิกเกิดกับจากธาตุที่มีค่าพลังงานไอออไนเซชันใกล้เคียงกัน
   ข. พันธะไอออนิกเกิดจากแรงดึงดูดของประจุไฟฟ้าระหว่างไอออนบวกกับไอออนลบ
   ค. พันธะไอออนิกเกิดจากธาตุอโลหะมาสร้างพันธะกัน
   ง. สารประกอบที่เกิดจากพันธะไอออนิก เรียกว่าสารประกอบไอออนิก โดยประกอบด้วยไอออนบวกและไอออนลบเรียงสลับกันเป็นโมเลกุล
4. กำหนดเลขอะตอมของธาตุ ดังนี้
   A = 8 B = 11 C = 13 D = 17
   ข้อใดต่อไปนี้ถูกต้อง
   ก. ธาตุ A และ C รวมตัวกันแล้วเกิดสารประกอบไอออนิก
   ข. ไอออนที่เสถียรของธาตุ B คือ B^{2+}
   ค. ธาตุ B รวมตัวกับ D จะได้สูตรของสารประกอบเป็น BD
   ง. ธาตุ A รวมตัวกับ C จะได้สูตรของสารประกอบเป็น AC_2
5. ธาตุในข้อใดต่อไปนี้ เมื่อรวมกันแล้วเกิดเป็นสารประกอบไอออนิก
   ก. C กับ Cl ข. Na กับ F ค. N กับ O ง. P กับ Cl
6. ข้อใดเป็นสารประกอบไอออนิกทั้งหมด
   ก. NH_3 NaCl NO_2 ข. $CaCl_2$ HBr PH_3
   ค. I_2 Na_2O OF_2 ง. NaF $AlCl_3$ $CaBr_2$

7. ข้อใดกล่าวถูกต้องเกี่ยวกับผลึกโซเดียมคลอไรด์ (NaCl)
   ก. อยู่ในรูปโมเลกุล
   ข. มีโซเดียมไอออน 8 ล้อมรอบคลอไรด์ไอออน
   ค. มีคลอไรด์ไอออน 8 ล้อมรอบโซเดียมไอออน
   ง. ประกอบด้วยโซเดียมไอออน (Na^+) และคลอไรด์ไอออน (Cl^-)
8. ข้อใดต่อไปนี้กล่าวถูกต้องเกี่ยวกับการเกิดพันธะโคเวเลนต์
   ก. พันธะโคเวเลนต์เกิดจากแรงดึงดูดระหว่างอิเล็กตรอนกับอิเล็กตรอน
   ข. ธาตุที่สามารถเกิดพันธะโคเวเลนต์ได้เป็นธาตุที่มีค่าอิเล็กโทรเนกาติวิตีต่ำ
   ค. สารประกอบที่เกิดจากธาตุสร้างพันธะโคเวเลนต์กัน เรียกว่า สารโคเวเลนต์ ซึ่งอยู่ในรูปผลึก
   ง. พันธะโคเวเลนต์เกิดจากการที่ธาตุใช้เวเลนต์อิเล็กตรอนร่วมกัน เพื่อให้อิเล็กตรอนวงนอกสุดครบ 8
9. สารโคเวเลนต์ชนิดใดมีพันธะคู่ในโมเลกุล
   ก. CH_2O ข. PCl_5 ค. NH_3 ง. OF_2
10. พันธะในโมเลกุลข้อใดมีการใช้อิเล็กตรอนร่วมกัน 1 คู่ ทุกพันธะ
   ก. SiO_2 ข. N_2 ค. CH_4 ง. NO_2
11. พันธะในโมเลกุลในข้อใดเป็นพันธะคู่ทั้งหมด
   ก. CS_2 ข. CH_4 ค. BF_3 ง. HCl
12. ธาตุคู่ใดรวมตัวกันแล้วเกิดเป็นสารโคเวเลนต์
   ก. $_{15}A$ กับ $_{17}B$ ข. $_{17}M$ กับ $_{20}N$ ค. $_{13}X$ กับ $_{16}Y$ ง. $_{12}P$ กับ $_{19}Q$
13. ข้อใดต่อไปนี้ถูกต้อง
   กำหนดเลขอะตอม A = 11 B = 16 C = 17 D = 20
   ก. ธาตุ A รวมกับ ธาตุ C เกิดสารประกอบไอออนิก มีสูตรเป็น A_2C
   ข. ธาตุ B รวมกับ ธาตุ C เกิดสารประกอบโคเวเลนต์ มีสูตรเป็น BC_2
   ค. ธาตุ B รวมกับ ธาตุ D เกิดสารประกอบไอออนิก มีสูตรเป็น BD
   ง. ธาตุ A รวมกับ ธาตุ B เกิดสารประกอบโคเวเลนต์ มีสูตรเป็น AB
14. โมเลกุลในข้อใดที่**ไม่มี**อิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยวในโมเลกุล
   ก. SF_4 ข. BH_3 ค. CS_2 ง. XeF_2

15. ข้อมูลในข้อใด**ไม่**ถูกต้อง

	โมเลกุล	อิเล็กตรอนคู่ร่วมพันธะ (คู่)	อิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยว (คู่)
ก.	PH_3	3	1
ข.	H_2S	2	2
ค.	CCl_4	2	0
ง.	H_2O	2	2

16. ข้อใดคือสูตรโครงสร้างลิวอิสของ HCN

ก. H – C – N ข. H – C = N

ค. H = N = C ง. H – C N

17. ข้อใดกล่าวถูกต้องเกี่ยวกับการคาดคะเนรูปร่างทฤษฎีการผลักระหว่างคู่อิเล็กตรอนในวงเวเลนซ์

ก. แรงผลักระหว่างอิเล็กตรอนคู่ร่วมพันธะกับอิเล็กตรอนคู่ร่วมพันธะมีมากกว่าแรงผลัก ระหว่างอิเล็กตรอนคูโดดเดี่ยวกับอิเล็กตรอนคูโดดเดี่ยว

ข. แรงผลักระหว่างอิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยวกับอิเล็กตรอนคู่ร่วมพันธะมีมากกว่าแรงผลัก ระหว่างอิเล็กตรอนคูโดดเดี่ยวกับอิเล็กตรอนคูโดดเดี่ยว

ค. อิเล็กตรอนผลักกันระหว่างประจุชนิดเดียวกัน ทำให้ได้ทิศทางของพันธะอยู่ห่างกันมากที่สุด เกิดเป็นรูปร่างโมเลกุล

ง. การพิจารณารูปร่างโมเลกุล พิจารณาจากจำนวนอะตอมล้อมรอบและอิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยวของทุกอะตอมในโมเลกุล

18. สารในข้อใดมีรูปร่างโมเลกุลเป็นพีระมิดฐานสามเหลี่ยม

ก. CO_2 ข. NH_3 ค. Cl_2O ง. PCl_5

19. โมเลกุลในข้อใดมีรูปร่างแตกต่างจากข้ออื่น

ก. BI_3 ข. BF_3 ค. PCl_3 ง. CH_2O

20. พันธะในสารประกอบข้อใดเป็นพันธะไม่มีขั้ว

ก. Br_2 ข. CO_2 ค. NH_3 ง. PCl_5

21. โมเลกุลที่มีลักษณะตามข้อใดเป็นโมเลกุลมีขั้ว

ก. โมเลกุลที่มีอะตอมล้อมรอบเหมือนกัน

ข. โมเลกุลที่สภาพขั้วพันธะหักล้างกันไม่หมด

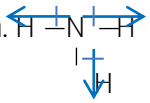
ค. โมเลกุลที่มีรูปร่างเป็นเส้นตรง

ง. โมเลกุลที่อะตอมกลางไม่มีอิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยว

22. ข้อใดเขียนแสดงทิศทางขั้วของพันธะได้ถูกต้อง

ก.

ข.

ค. 

ง.

23. ข้อใดต่อไปนี้ถูกต้อง

ก. Cl_2 เป็นโมเลกุลมีขั้ว

ข. BF_3 มีพันธะโคเวเลนต์ไม่มีขั้วและโมเลกุลไม่มีขั้ว

ค. NCl_3 มีพันธะโคเวเลนต์มีขั้วและโมเลกุลมีขั้ว

ง. H_2S มีพันธะโคเวเลนต์มีขั้วแต่โมเลกุลไม่มีขั้ว

24. โมเลกุลของสารในข้อใดมีขั้วทั้งหมด

ก. XeF_4 , CO_2 ข. NH_3, H_2O

ค. OF_2, PCl_5 ง. $BeCl_2$, PH_3

25. โมเลกุลคู่ใดมีสภาพขั้วต่างกัน

ก. CO_2 กับ BF_3 ข. SiF_4 กับ PCl_5

ค. NH_3 กับ Cl_2O ง. H_2O กับ CCl_4

26. ข้อใดกล่าวถูกต้องเกี่ยวกับพันธะโลหะ

ก. พันธะโลหะเกิดจากอะตอมของโลหะใช้อิเล็กตรวนร่วมกัน

ข. พันธะโลหะเกิดจากแรงดึงดูดระหว่างอิเล็กตรอนกับอิเล็กตรอน

ค. พันธะโลหะเกิดจากแรงดึงดูดระหว่างประจุบวกของโลหะแต่ละอะตอม

ง. พันธะโลหะเกิดจากเวเลนซ์อิเล็กตรอนเกิดแรงยึดเหนี่ยวกับโปรตอนในนิวเคลียส

27. ธาตุชนิดใดสามารถเกิดพันธะโลหะได้

ก. $_{13}A$ ข. $_{14}B$ ค. $_{16}C$ ง. $_{18}D$

28. การที่เวเลนซ์อิเล็กตรอนเคลื่อนที่ได้อย่างอิสระทั่วทั้งชิ้นโลหะ ทำให้โลหะมีสมบัติใด

ก. ตีเป็นแผ่นได้ ข. เปราะ แตกหักง่าย

ค. เคาะแล้วมีเสียงดังกังวาน ง. นำไฟฟ้าและนำความร้อนได้ดี

29. ข้อใด<u>ไม่ใช่</u>สมบัติของโลหะ

ก. ผิวมันวาว ข. จุดเดือดต่ำ

ค. จุดหลอมเหลวสูง ง. นำความร้อนได้ดี

30. เพราะเหตุใดโลหะจึงเป็นตัวนำไฟฟ้าที่ดี

ก. อิเล็กตรอนเคลื่อนที่ได้ง่าย

ข. มีเวเลนซ์อิเล็กตรอนเคลื่อนที่ได้ทั่วทั้งชิ้นโลหะ

ค. มีกลุ่มเวเลนซ์อิเล็กตรอนทำหน้าที่ยึดอนุภาคให้เรียงกันไม่ขาดออกจากกัน

ง. เวเลนซ์อิเล็กตรอนของอะตอมทั้งหมดในก้อนโลหะยึดอะตอมไว้อย่างเหนียวแน่น

แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่อง พันธะเคมี

ข้อ	คำตอบ	ข้อ	คำตอบ
1	ก	16	ง
2	ง	17	ค
3	ข	18	ข
4	ค	19	ค
5	ข	20	ก
6	ง	21	ข
7	ง	22	ก
8	ง	23	ค
9	ก	24	ข
10	ค	25	ง
11	ก	26	ง
12	ก	27	ก
13	ข	28	ง
14	ข	29	ข
15	ค	30	ข

แบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์

ชื่อ.....ชั้น.....เลขที่.....

คำชี้แจง

1. แบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ชุดนี้มีทั้งหมด 4 ข้อ

2. แบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์แต่ละข้อ ให้เวลาทำข้อละ 10 นาที เมื่อนักเรียนได้ยินสัญญาณหมดเวลา ให้นักเรียนหยุดทำ และเริ่มทำแบบวัดข้อต่อไปทันที

3. นักเรียนจะได้คะแนนความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์เมื่อนักเรียนตอบคำถามในแต่ละข้อได้จำนวนมาก แปลกใหม่ ไม่ซ้ำแบบใคร หรือไม่เคยมีใครคิดมาก่อน โดยคำตอบนั้นจะต้องมีเหตุผลมีความเป็นไปได้

4. แบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ชุดนี้สร้างขึ้นเพื่อวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน ซึ่งผลการศึกษาจะเป็นประโยชน์ต่อการจัดการเรียนการสอนเพื่อส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ข้อมูลที่ได้จากการทำแบบวัดชุดนี้จะนำไปใช้ในการวิจัยเท่านั้น จะไม่มีผลกระทบต่อนักเรียนในด้านใด ๆ ทั้งสิ้น

ข้อ	ความคิดคล่อง	ความคิดยืดหยุ่น	ความคิดริเริ่ม	ความคิดละเอียดลออ	รวม
1					
2					
3					
4					
รวม					

1. ปัญหาขยะล้นเมือง เป็นปัญหาสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นทั่วโลก จึงเกิดแนวคิด “ขยะเหลือศูนย์ (Zero Waste)” ซึ่งมีหัวใจสำคัญ คือ การจัดการขยะที่ต้นทาง เน้นการลดขยะ การใช้ซ้ำ และการแยกเพื่อนำกลับมาใช้ใหม่ ในฐานะที่นักเรียนเป็นคนรุ่นใหม่ที่จะต้องร่วมมือร่วมใจกันแก้ไขปัญหาสิ่งแวดล้อมโดยเริ่มที่ตัวเรา นักเรียนคิดว่าจะมีวิธีการปฏิบัติอย่างไรบ้างตามแนวคิด “ขยะเหลือศูนย์ (Zero Waste)” ให้ตอบให้ได้คำตอบจำนวนมากที่สุด หลายแบบที่สุด แปลกใหม่หรือไม่ซ้ำแบบมากที่สุด และมีรายละเอียดมากที่สุด

คำตอบที่ 1 .....

คำตอบที่ 2 .....

คำตอบที่ 3 .....

คำตอบที่ 4 .....

คำตอบที่ 5 .....
คำตอบที่ 9 .....
คำตอบที่ 10 .....
คำตอบที่ 11 .....
คำตอบที่ 12 .....
คำตอบที่ 13 .....
คำตอบที่ 14 .....
คำตอบที่ 15 .....
คำตอบที่ 16 .....
คำตอบที่ 17 .....
คำตอบที่ 18 .....
คำตอบที่ 19 .....
คำตอบที่ 20 .....
คำตอบที่ 21 .....
คำตอบที่ 22 .....
คำตอบที่ 23 .....

2. ให้นักเรียนออกแบบการประดิษฐ์สิ่งของโดยใช้เป็นเครื่องใช้ที่เป็นประโยชน์ โดยใช้วัสดุกี่อย่างก็ได้ ใช้วัสดุซ้ำ หรือหาวัสดุอื่นเพิ่มเติมได้ตามความเหมาะสม เพื่อให้ได้ชิ้นงานจำนวนมากที่สุด หลากหลายรูปแบบมากที่สุด ไม่ซ้ำใครหรือไม่เคยมีใครคิดมาก่อน และเขียนขั้นตอนการประดิษฐ์ให้มีรายละเอียดมากที่สุด

ขวดน้ำพลาสติก

เศษผ้า

กระดาษหนังสือพิมพ์

เชือก

กล่องลังกระดาษ

กระป๋อง

ชิ้นที่ 1 .....
ขั้นตอนการประดิษฐ์
.....
.....
ชิ้นที่ 2 .....
ขั้นตอนการประดิษฐ์
.....
.....
ชิ้นที่ 3 .....
ขั้นตอนการประดิษฐ์
.....
ชิ้นที่ 4.....
ขั้นตอนการประดิษฐ์
.....
.....

3. ปัจจุบันโลกประสบกับปัญหาภาวะโลกร้อน (global warming) อย่างต่อเนื่อง ซึ่งสาเหตุเกิดจากแก๊สเรือนกระจกที่เพิ่มขึ้นจากการทำกิจกรรมต่าง ๆ ของมนุษย์ และอุณหภูมิของโลกมีแนวโน้มว่าจะสูงขึ้นเรื่อย ๆ จากสภาวะการณ์ที่เกิดขึ้นนี้ หากทุกคนบนโลกปล่อยให้ทุกอย่างดำเนินต่อไป โดยไม่มีการลงมือทำสิ่งใดเพื่อแก้ปัญหาภาวะโลกร้อน ในอนาคตอีก 30 ปีข้างหน้า นักเรียนคิดว่าจะเกิดผลกระทบอย่างไรบ้าง ให้นักเรียนคิดคำตอบให้ได้<u>คำตอบจำนวนมากที่สุด</u> <u>หลากหลายแนวคิดมากที่สุด</u> <u>แปลกใหม่ ไม่ซ้ำแบบใครมากที่สุด</u> และ<u>มีรายละเอียดของข้อมูลมากที่สุด</u>

คำตอบที่ 1 .....
คำตอบที่ 2 .....
คำตอบที่ 3 .....
คำตอบที่ 4 .....
คำตอบที่ 5 .....
คำตอบที่ 9 .....
คำตอบที่ 10 .....
คำตอบที่ 11 .....
คำตอบที่ 12 .....

คำตอบที่ 13 .....
คำตอบที่ 14 .....
คำตอบที่ 15 .....
คำตอบที่ 16 .....
คำตอบที่ 17 .....
คำตอบที่ 18 .....
คำตอบที่ 19 .....
คำตอบที่ 20 .....
คำตอบที่ 21 .....
คำตอบที่ 22 .....
คำตอบที่ 23 .....

4. เทคโนโลยีพันธุวิศวกรรม (genetic engineering) เป็นการตัดต่อยีนของสิ่งมีชีวิตชนิดหนึ่งใส่เข้าไปกับยีนของสิ่งมีชีวิตอีกชนิดหนึ่ง เพื่อให้ได้สิ่งมีชีวิตที่มีลักษณะตามที่ต้องการซึ่งปัจจุบันมีการใช้เทคโนโลยีพันธุวิศวกรรมทั้งในการเกษตรและทางการแพทย์ หากในอนาคตมีแนวคิดเกี่ยวกับการตัดต่อพันธุกรรมในตัวอ่อนมนุษย์ เพื่อให้ได้ทารกที่มีลักษณะตามที่ต้องการ และนักเรียนเป็นหนึ่งในผู้ที่มีส่วนในการพิจารณาเกี่ยวกับแนวคิดนี้อย่างรอบคอบ ซึ่งจะต้องวิเคราะห์ถึงผลดีและผลเสียที่จะเกิดขึ้นอย่างระมัดระวัง นักเรียนคิดว่าหากแนวคิดนี้เกิดขึ้นจริงจะส่งผลกระทบต่อมนุษย์ทั้งผลดีและผลเสียอย่างไรบ้าง ให้นักเรียนคิดคำตอบให้มีคำตอบจำนวนมากที่สุด หลากหลายแนวคิดมากที่สุด แปลกใหม่ ไม่ซ้ำแบบใครมากที่สุด และมีรายละเอียดของข้อมูลมากที่สุด

คำตอบที่ 1 .....
คำตอบที่ 2 .....
คำตอบที่ 3 .....
คำตอบที่ 4 .....
คำตอบที่ 5 .....
คำตอบที่ 9 .....
คำตอบที่ 10 .....
คำตอบที่ 11 .....
คำตอบที่ 12 .....
คำตอบที่ 13 .....
คำตอบที่ 14 .....

คำตอบที่ 15 .....
คำตอบที่ 16 .....
คำตอบที่ 17 .....
คำตอบที่ 18 .....
คำตอบที่ 19 .....
คำตอบที่ 20 .....

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ	นางสาวเสาวรภย์ แสงอรุณ
วัน เดือน ปีเกิด	19 กุมภาพันธ์ 2535
สถานที่เกิด	จังหวัดอำนาจเจริญ
ประวัติการศึกษา	กศ.บ.วิทยาศาสตร์ - เคมี มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ พ.ศ. 2558
สถานที่ทำงาน	โรงเรียนวัดสุทธิวราราม จังหวัดกรุงเทพมหานคร
ตำแหน่ง	ครู ค.ศ.1