



การจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานผ่านระบบออนไลน์  
ที่มีต่อการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง เคมีไฟฟ้า ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

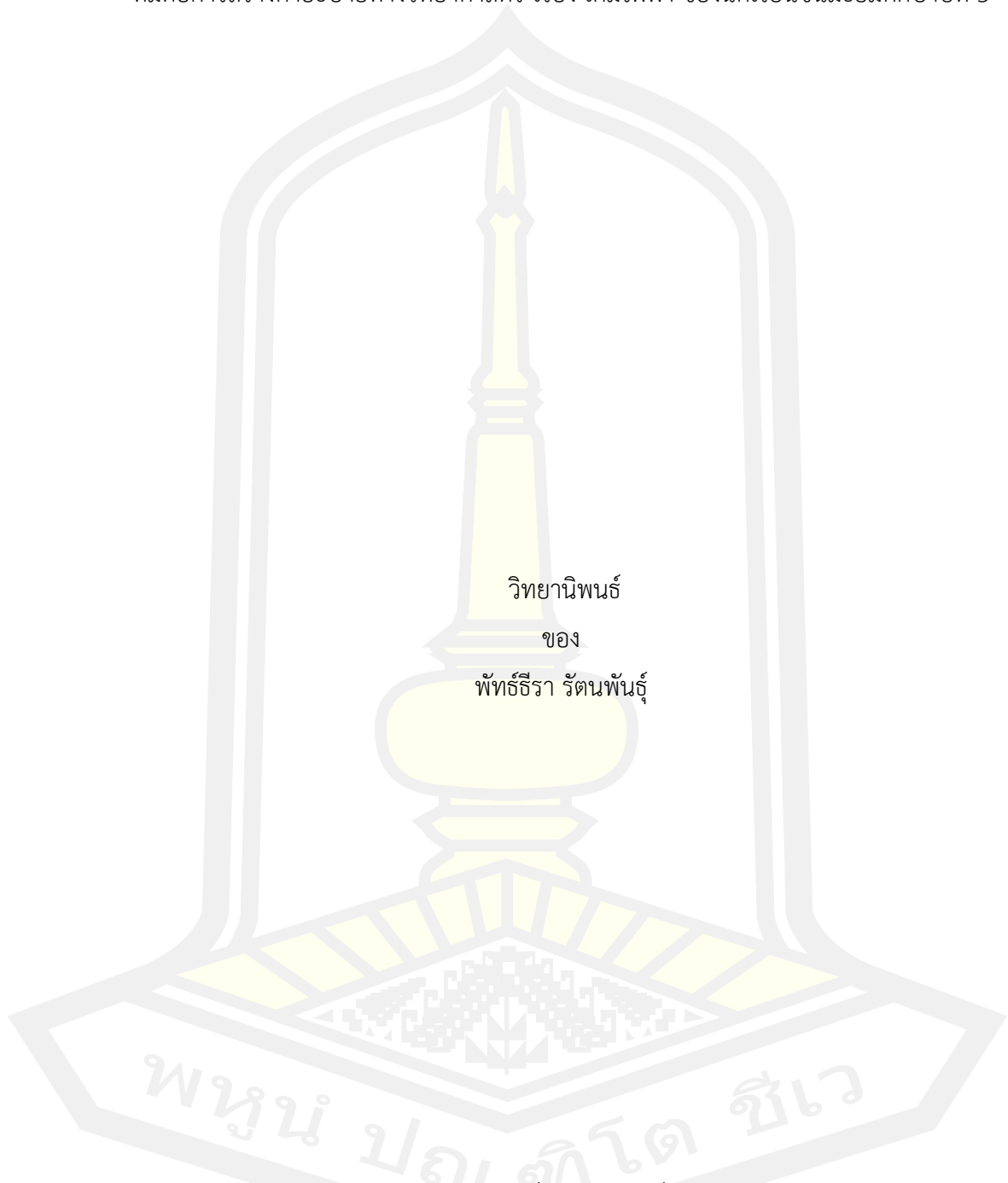
วิทยานิพนธ์  
ของ  
พัทธ์ธีรา รัตนพันธุ์

เสนอต่อมหาวิทยาลัยมหาสารคาม เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร  
ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน

กรกฎาคม 2565

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

การจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานผ่านระบบออนไลน์  
ที่มีต่อการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง เคมีไฟฟ้า ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5



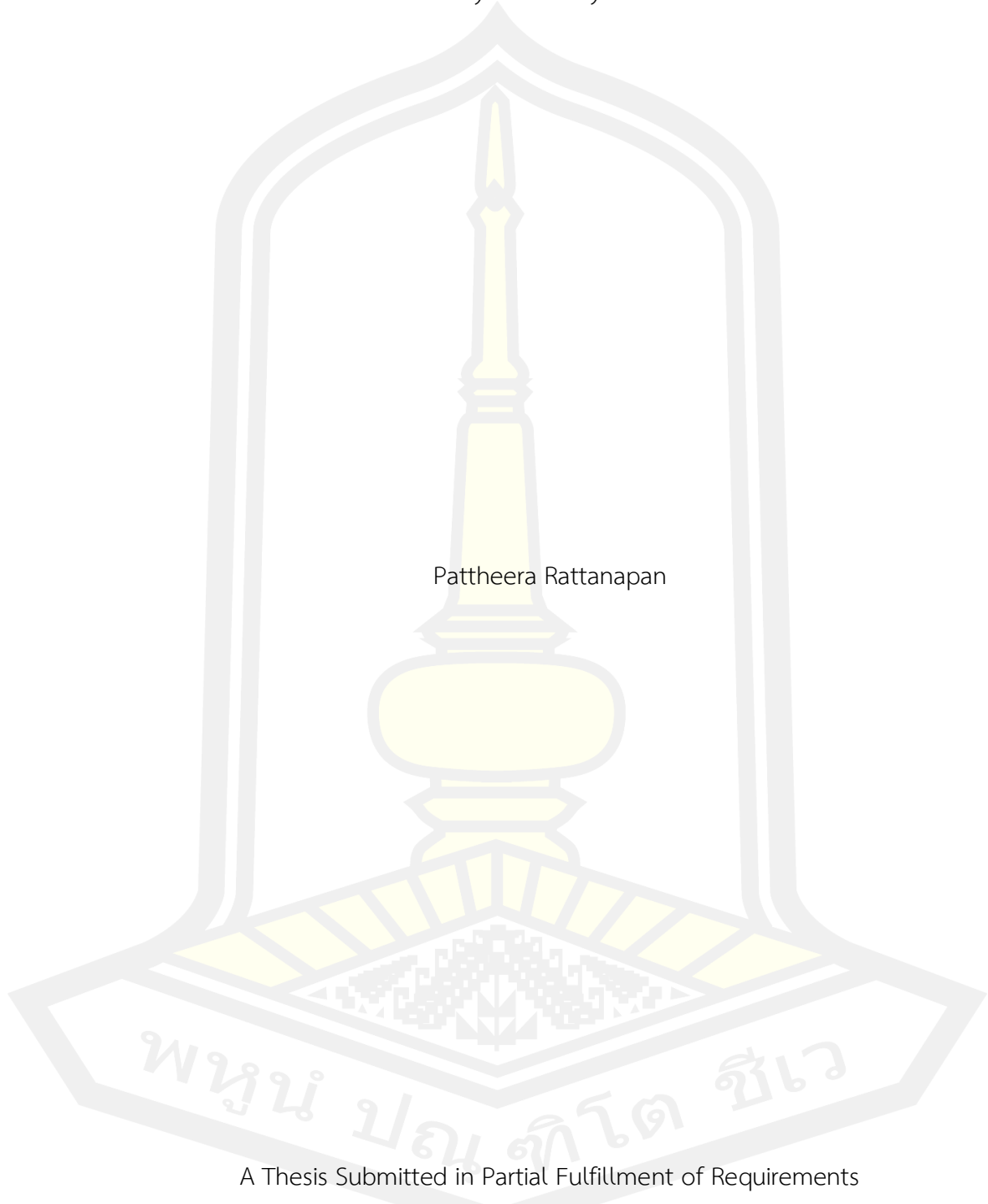
เสนอต่อมหาวิทยาลัยมหาสารคาม เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร  
ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน

กรกฎาคม 2565

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

Online Model-Based Learning Activities on Scientific Explanation  
in Electrochemistry of Mathayomsuksa 5 Students

Pattheera Rattanapan



A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of Requirements  
for Master of Education (Curriculum and Instruction)

July 2022

Copyright of Maharakham University



คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ได้พิจารณาวิทยานิพนธ์ของนางสาวพัทธ์ธีรา รัตนพันธุ์  
แล้วเห็นสมควรรับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชา  
หลักสูตรและการสอน ของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ

(รศ. ดร. ประสาท เนืองเฉลิม )

.....อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(ผศ. ดร. กัญญารัตน์ โคจร )

.....กรรมการ

(ผศ. ดร. วิทยา วรพันธุ์ )

.....กรรมการผู้ทรงคุณวุฒิภายนอก

(ผศ. ดร. ปิยะธิดา ปัญญา )

มหาวิทยาลัยอนุมัติให้รับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร  
ปริญญา การศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน ของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

.....  
(รศ. ดร. ขวลิต ชูกำแหง )

คณบดีคณะศึกษาศาสตร์

.....  
(รศ. ดร. กริสน์ ชัยมูล )

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

<b>ชื่อเรื่อง</b>	การจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานผ่านระบบออนไลน์ ที่มีต่อการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง เคมีไฟฟ้า ของนักเรียนชั้น มัธยมศึกษาปีที่ 5		
<b>ผู้วิจัย</b>	พัทธ์ธีรา รัตนพันธุ์		
<b>อาจารย์ที่ปรึกษา</b>	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. กัญญารัตน์ โคจร		
<b>ปริญญา</b>	การศึกษามหาบัณฑิต	<b>สาขาวิชา</b>	หลักสูตรและการสอน
<b>มหาวิทยาลัย</b>	มหาวิทยาลัยมหาสารคาม	<b>ปีที่พิมพ์</b>	2565

### บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีความมุ่งหมาย 1) เพื่อเปรียบเทียบการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง เคมีไฟฟ้า ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานผ่านระบบออนไลน์ กับเกณฑ์ร้อยละ 70 2) เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง เคมีไฟฟ้า ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานผ่านระบบออนไลน์ กับเกณฑ์ร้อยละ 70 และ 3) เพื่อศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนต่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานผ่านระบบออนไลน์ เรื่อง เคมีไฟฟ้า ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 กลุ่มตัวอย่างในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2564 โรงเรียนโพนทองพัฒนวิทยา จำนวน 42 คน ที่ได้มาโดยวิธีสุ่มแบบกลุ่ม (Cluster Random Sampling) เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ 1) แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานผ่านระบบออนไลน์ 2) แบบวัดการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ 3) แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และ 4) แบบวัดความพึงพอใจต่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานผ่านระบบออนไลน์ สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และสถิติทดสอบที แบบ One sample t-test

### ผลการวิจัยปรากฏดังนี้

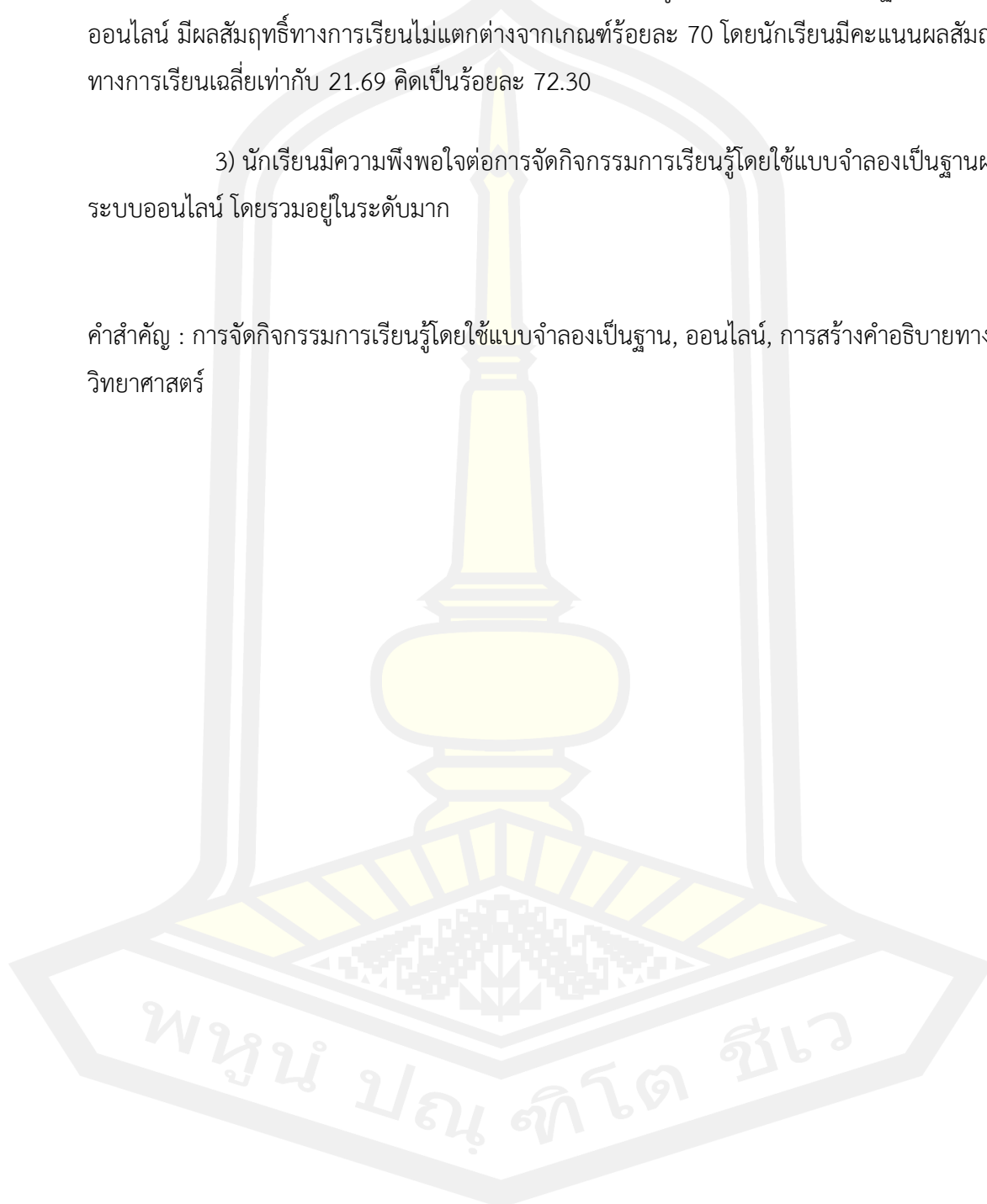
1) นักเรียนที่เรียนด้วยการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานผ่านระบบออนไลน์ มีการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ไม่แตกต่างจากเกณฑ์ร้อยละ 70 โดยนักเรียนมีคะแนนการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์เฉลี่ยเท่ากับ 26.29 คิดเป็นร้อยละ 73.03 เมื่อวิเคราะห์คะแนนการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์แยกตามองค์ประกอบ พบว่า นักเรียนมีคะแนนการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ในองค์ประกอบด้านข้อกลางอ้าง และองค์ประกอบด้านหลักฐาน สูงกว่า

เกณฑ์ร้อยละ 70 ส่วนองค์ประกอบด้านการให้เหตุผล นักเรียนมีคะแนนต่ำกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70

2) นักเรียนที่เรียนด้วยการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานผ่านระบบออนไลน์ มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนไม่แตกต่างจากเกณฑ์ร้อยละ 70 โดยนักเรียนมีคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเฉลี่ยเท่ากับ 21.69 คิดเป็นร้อยละ 72.30

3) นักเรียนมีความพึงพอใจต่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานผ่านระบบออนไลน์ โดยรวมอยู่ในระดับมาก

คำสำคัญ : การจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน, ออนไลน์, การสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์



<b>TITLE</b>	Online Model-Based Learning Activities on Scientific Explanation in Electrochemistry of Mathayomsuksa 5 Students		
<b>AUTHOR</b>	Pattheera Rattanapan		
<b>ADVISORS</b>	Assistant Professor Kanyarat Cojorn , Ed.D.		
<b>DEGREE</b>	Master of Education	<b>MAJOR</b>	Curriculum and Instruction
<b>UNIVERSITY</b>	Maharakham University	<b>YEAR</b>	2022

### ABSTRACT

The present study aimed 1) to compare scientific explanation in electrochemistry of mathayomsuksa 5 students who learned via online model-based learning activities with the criteria of 70%, 2) to compare learning achievement in scientific explanation in electrochemistry of mathayomsuksa 5 students who learned via online model-based learning activities with the criteria of 70% and 3) to investigate mathayomsuksa 5 students' satisfaction toward online model-based learning activities. The sample was 42 mathayomsuksa 5 students who were studying in the 2<sup>nd</sup> semester of 2021 academic year in Phonthongpattanawittaya School by cluster random sampling. The instruments used were 1) lesson plans of online model-based learning activities, 2) test of scientific explanation, 3) leaning achievement test, and 4) questionnaire of students' satisfaction. The statistics used were percentage, mean, standard deviation and one sample t-test.

The results of the study revealed that;

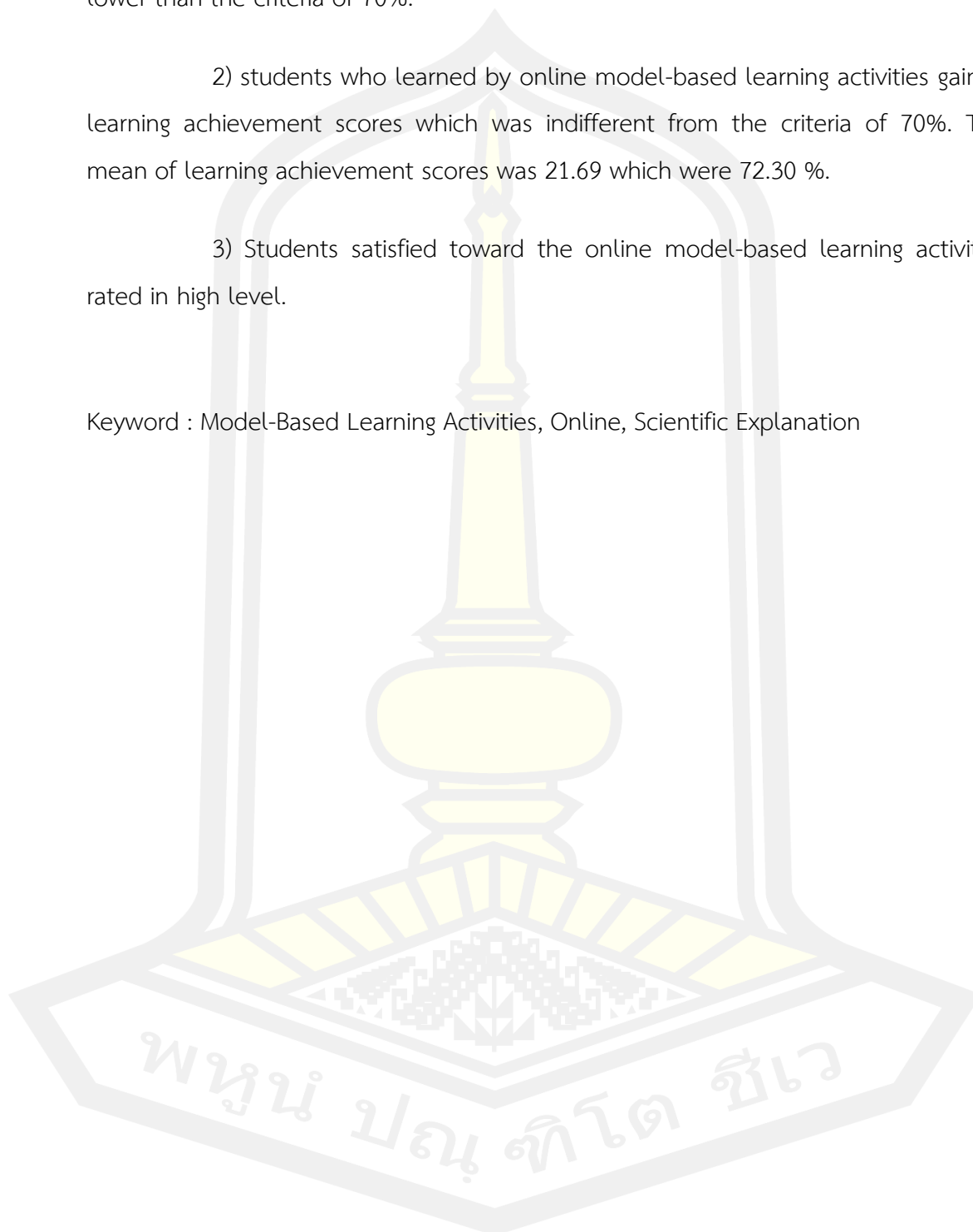
1) students who learned by online model-based learning activities were able to do the scientific explanation which in line with the criteria of 70% indifferently. Students' scores were 26.29 of mean which was 73.03 %. When analyzed each elements of the scores of scientific explanation, it revealed that students achieved the element of claim and evidence which was higher than the

criteria of 70%. However, students achieved the element of reasoning which was lower than the criteria of 70%.

2) students who learned by online model-based learning activities gained learning achievement scores which was indifferent from the criteria of 70%. The mean of learning achievement scores was 21.69 which were 72.30 %.

3) Students satisfied toward the online model-based learning activities rated in high level.

Keyword : Model-Based Learning Activities, Online, Scientific Explanation





## กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จสมบูรณ์ได้ด้วยความกรุณาและความช่วยเหลืออย่างสูงยิ่งจาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กัญญารัตน์ โคนจร อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ให้คำปรึกษา คำแนะนำ และ ตรวจแก้ไขข้อบกพร่องอย่างดียิ่งตั้งแต่ต้นจนสำเร็จเรียบร้อย รองศาสตราจารย์ ดร.ประสาธ เนืองเฉลิม ประธานกรรมการ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิทยา วรพันธุ์ กรรมการสอบ และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปิยะธิดา ปัญญา กรรมการ ผู้ทรงคุณวุฒิภายนอก ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้

ขอขอบพระคุณ คณาจารย์สาขาหลักสูตรและการสอน คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัย มหาสารคาม ที่ให้ความรู้และคำแนะนำตลอดช่วงเวลาในการศึกษาในมหาวิทยาลัยแห่งนี้

ขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ฐิติวรดา พลเยี่ยม คุณครูสมสวย วิชามุข และคุณครูนนท์นิจ ทิพยมาศ ที่กรุณาเป็นผู้เชี่ยวชาญในการตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ตลอดจนข้อเสนอแนะต่าง ๆ ที่เป็นประโยชน์ต่อการทำการวิจัยในครั้งนี้

ขอขอบพระคุณบิดา มารดา และครอบครัวของผู้วิจัย ที่ให้การสนับสนุนและคอยให้กำลังใจ ซึ่งเป็นแรงผลักดันที่มีส่วนทำให้การทำการวิจัยครั้งนี้สำเร็จไปได้ด้วยดี

คุณค่าและประโยชน์จากการทำวิจัยในครั้งนี้ผู้วิจัยขอมอบบูชาพระคุณบิดา มารดา ครู อาจารย์ ตลอดจนผู้มีพระคุณทุกท่านที่มีส่วนในความสำเร็จของการวิจัยในครั้งนี้

พัทธ์ธีรา รัตนพันธุ์

พหุบัณฑิต ชีวะ

## สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ .....	ฉ
กิตติกรรมประกาศ .....	ช
สารบัญ.....	ฅ
สารบัญตาราง.....	ฉ
สารบัญภาพ.....	๗
บทที่ 1 บทนำ .....	1
ภูมิหลัง .....	1
ความมุ่งหมายของการวิจัย .....	5
สมมติฐานของการวิจัย .....	6
ความสำคัญของการวิจัย.....	6
ขอบเขตของการวิจัย .....	6
นิยามศัพท์เฉพาะ.....	7
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	10
หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 และมาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัดฯ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ 2560).....	10
การจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน .....	21
การเรียนการสอนแบบออนไลน์.....	37
การสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์.....	52
ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน.....	63
ความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้.....	75

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง .....	82
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย .....	88
ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง .....	88
เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล .....	88
การสร้างและการหาคุณภาพเครื่องมือการวิจัย .....	89
วิธีดำเนินการวิจัยและการเก็บรวบรวมข้อมูล .....	109
การจัดกระทำกับข้อมูลและการวิเคราะห์ข้อมูล .....	110
สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล .....	110
บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล .....	115
สัญลักษณ์ที่ใช้ในการเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล .....	115
ลำดับขั้นตอนในการเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล .....	116
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล .....	116
บทที่ 5 สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ .....	122
ความมุ่งหมายของการวิจัย .....	122
สรุปผล .....	122
อภิปรายผล .....	123
ข้อเสนอแนะ .....	128
บรรณานุกรม .....	130
ภาคผนวก .....	139
ภาคผนวก ก เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย .....	140
ภาคผนวก ข การวิเคราะห์หาคุณภาพเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย .....	176
ภาคผนวก ค หนังสือขอความอนุเคราะห์เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย .....	189
ภาคผนวก ง ผลงานนักเรียน .....	193
ประวัติผู้เขียน .....	197

## สารบัญตาราง

	หน้า
ตาราง 1 โครงสร้างรายวิชาเคมี 4 (ว30224).....	18
ตาราง 2 พฤติกรรมบ่งชี้ความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ในแต่ละระดับ.....	56
ตาราง 3 ตัวอย่างเครื่องมือวัดการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ ตามแนวคิดของ McNeill & Krajcik (2008b).....	59
ตาราง 4 ตัวอย่างเครื่องมือวัดการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ ตามแนวคิดของ McNeill & Krajcik (2008a).....	59
ตาราง 5 ตัวอย่างเครื่องมือวัดการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ ตามแนวคิดของ McNeill & Martin (2011).....	60
ตาราง 6 เกณฑ์การประเมินการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ ตามแนวคิดของ Lizotte et al. (2003).....	60
ตาราง 7 เกณฑ์การประเมินการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ ตามแนวคิดของ McNeill & Krajcik (2008a).....	61
ตาราง 8 เกณฑ์การประเมินการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ ตามแนวคิดของ ทศตรี น. วรรณเกตุศิริ (2561).....	62
ตาราง 9 ความสัมพันธ์ระหว่างผลการเรียนรู้ สาระการเรียนรู้ สาระสำคัญ จุดประสงค์การเรียนรู้ และเวลาที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้.....	90
ตาราง 10 แสดงการกำหนดจำนวนข้อสอบที่ต้องการให้สอดคล้องระหว่างเนื้อหา และผลการเรียนรู้.....	101
ตาราง 11 แสดงการกำหนดจำนวนข้อสอบที่ต้องการให้สอดคล้องระหว่างเนื้อหา และจุดประสงค์การเรียนรู้.....	104
ตาราง 12 แสดงการเปรียบเทียบคะแนนการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานผ่านระบบออนไลน์ เรื่อง เคมีไฟฟ้า เทียบกับเกณฑ์ร้อยละ 70 โดยใช้สถิติ One Sample t-test.....	116

ตาราง 13 แสดงการเปรียบเทียบคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานผ่านระบบออนไลน์ เรื่อง เคมีไฟฟ้า เทียบกับเกณฑ์ร้อยละ 70 โดยใช้สถิติ One Sample t-test ..... 118

ตาราง 14 แสดงค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ของความพึงพอใจของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานผ่านระบบออนไลน์ เรื่อง เคมีไฟฟ้า ..... 118

ตาราง 15 ผลการประเมินความเหมาะสมของที่มีต่อแผนการจัดการกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานผ่านระบบออนไลน์ เรื่อง เคมีไฟฟ้า ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 – 8 โดยผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน ..... 177

ตาราง 16 สรุปผลการประเมินความเหมาะสมของที่มีต่อแผนการจัดการกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานผ่านระบบออนไลน์ เรื่อง เคมีไฟฟ้า ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ของผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน โดยแยกตามรายด้าน ..... 179

ตาราง 17 ผลการประเมินความสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับผลการเรียนรู้ (IOC) ของแบบวัดการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง เคมีไฟฟ้า ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน ..... 180

ตาราง 18 ผลการวิเคราะห์ค่าอำนาจจำแนก ค่าความยาก และค่าความเชื่อมั่น ( $\alpha$ - Coefficient) ของแบบวัดการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง เคมีไฟฟ้า ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ..... 180

ตาราง 19 ผลการประเมินความเหมาะสมของเกณฑ์การประเมินการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง เคมีไฟฟ้า ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน ..... 181

ตาราง 20 สรุปผลการประเมินความเหมาะสมของเกณฑ์การประเมินการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง เคมีไฟฟ้า ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน ..... 183

ตาราง 21 ผลการประเมินความสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับจุดประสงค์การเรียนรู้ (IOC) ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง เคมีไฟฟ้า ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน ..... 183

ตาราง 22 ผลการวิเคราะห์ค่าอำนาจจำแนก และค่าความเชื่อมั่น ( $r_{CC}$ ) ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง เคมีไฟฟ้า ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ..... 185

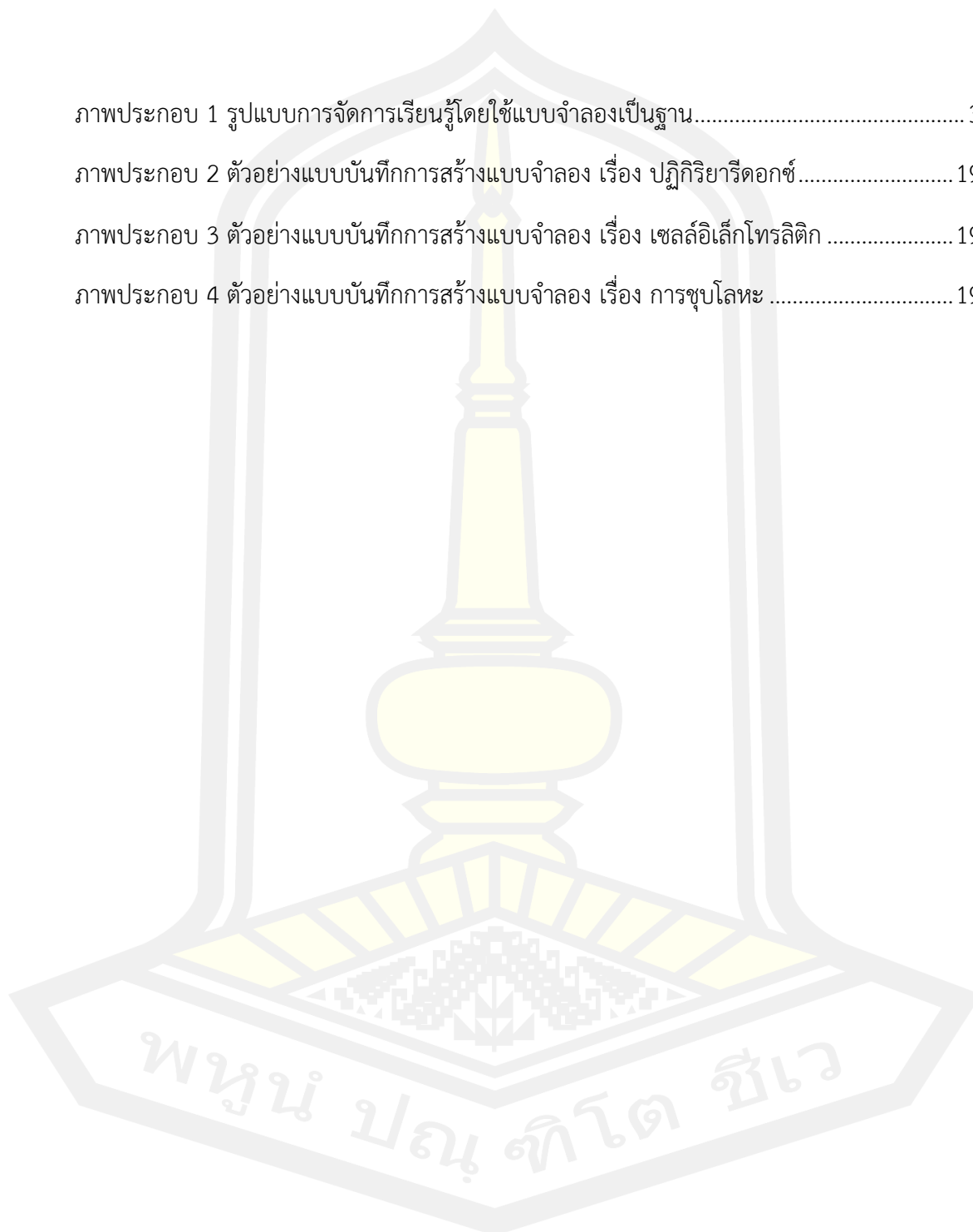
ตาราง 23 ผลการประเมินความสอดคล้อง (IOC) ของแบบวัดความพึงพอใจต่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานผ่านระบบออนไลน์ เรื่อง เคมีไฟฟ้า ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน ..... 186

ตาราง 24 ผลการวิเคราะห์ค่าอำนาจจำแนก ( $r_{xy}$ ) และค่าความเชื่อมั่น ( $\alpha$ - Coefficient) ของแบบวัดความพึงพอใจต่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานผ่านระบบออนไลน์ เรื่อง เคมีไฟฟ้า ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5..... 187



## สารบัญภาพ

	หน้า
ภาพประกอบ 1 รูปแบบการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน.....	33
ภาพประกอบ 2 ตัวอย่างแบบบันทึกการสร้างแบบจำลอง เรื่อง ปฏิกริยารีดอกซ์.....	194
ภาพประกอบ 3 ตัวอย่างแบบบันทึกการสร้างแบบจำลอง เรื่อง เซลล์อิเล็กโทรลิติก .....	195
ภาพประกอบ 4 ตัวอย่างแบบบันทึกการสร้างแบบจำลอง เรื่อง การชุบโลหะ .....	196



## บทที่ 1

### บทนำ

#### ภูมิหลัง

วิทยาศาสตร์มีบทบาทสำคัญยิ่งในสังคมโลกปัจจุบันและอนาคต เพราะวิทยาศาสตร์เกี่ยวข้องกับทุกคนทั้งในชีวิตประจำวันและการงานอาชีพต่าง ๆ ตลอดจนเทคโนโลยี เครื่องมือ เครื่องใช้และผลผลิตต่าง ๆ ที่มนุษย์ได้ใช้เพื่ออำนวยความสะดวกในชีวิตและการทำงานเหล่านี้ล้วนเป็นผลของความรู้วิทยาศาสตร์ผสมผสานกับความคิดสร้างสรรค์และศาสตร์อื่น ๆ วิทยาศาสตร์ช่วยให้มนุษย์ได้พัฒนาวิธีคิดทั้งความคิดเป็นเหตุเป็นผล คิดสร้างสรรค์ คิดวิเคราะห์วิจารณ์ มีทักษะสำคัญในการค้นคว้าหาความรู้ ใช้ความรู้และทักษะเพื่อแก้ปัญหาหรือพัฒนางานด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม มีความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบ รวมทั้งสามารถค้นหาข้อมูลหรือสารสนเทศ ประเมินสารสนเทศ ประยุกต์ใช้ทักษะการคิดเชิงคำนวณและความรู้ด้านวิทยาการคอมพิวเตอร์ สื่อดิจิทัล เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริงอย่างสร้างสรรค์ สามารถตัดสินใจโดยใช้ข้อมูลที่หลากหลายและมีประสิทธิภาพที่ตรวจสอบได้ วิทยาศาสตร์เป็นวัฒนธรรมของโลกสมัยใหม่ ซึ่งเป็นสังคมแห่งการเรียนรู้ (Knowledge-Based Society) ดังนั้นทุกคนจึงจำเป็นต้องได้รับการพัฒนาให้รู้วิทยาศาสตร์ เพื่อที่จะมีความรู้ความเข้าใจในธรรมชาติและเทคโนโลยีที่มนุษย์สร้างสรรค์ขึ้น สามารถนำความรู้ไปใช้อย่างมีเหตุผล สร้างสรรค์ และมีคุณธรรม (กระทรวงศึกษาธิการ, 2560) เป้าหมายของการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ คือ การเตรียมให้บุคคลเป็นผู้ที่รู้วิทยาศาสตร์ (Scientific Literate Person) ซึ่งการส่งเสริมให้นักเรียนมีความรู้เนื้อหาทางวิทยาศาสตร์จะเป็นพื้นฐานสำคัญที่ทำให้นักเรียนมีความเข้าใจสามารถอธิบายหรือทำนายปรากฏการณ์ธรรมชาติที่มีความซับซ้อนได้อย่างถูกต้อง (ลีอชา ลดาชาติ, และ ลฎาภา ลดาชาติ, 2559) และทักษะการเรียนรู้สำคัญที่ผู้เรียนควรได้รับการพัฒนาโดยตรงจากการเรียนรู้ในวิชาวิทยาศาสตร์ คือ การสร้างความรู้ด้วยตนเอง ซึ่งการสืบค้นการอธิบายสิ่งที่ค้นพบในกระบวนการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ และสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์จัดเป็นสมรรถนะที่สำคัญของกระบวนการนี้ (Beyer & Davis, 2008)

การสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์เป็นความสามารถหนึ่งที่ส่งเสริมให้นักเรียนเกิดความรู้รอบรู้ทางวิทยาศาสตร์ และเป็นการเชื่อมโยงความรู้กับภูมิสังคม เนื่องจากการที่นักเรียนมีความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์จะส่งผลให้นักเรียนเกิดความรู้ความเข้าใจในเนื้อหาทางวิทยาศาสตร์ (Ruiz-Primo et al., 2010) การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์จึงควรเป็นการจัดการเรียนรู้ที่เปิดโอกาสให้นักเรียนได้สร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ อันประกอบไปด้วยสาม



องค์ประกอบ ได้แก่ 1) ข้อกล่าวอ้าง (Claim) เป็นการตอบข้อคำถามจากคำถามหรือปรากฏการณ์ที่ได้พบ 2) หลักฐาน (Evidence) เป็นการสนับสนุนข้อกล่าวอ้างโดยใช้ข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ที่ได้จากการสำรวจตรวจสอบ และ 3) การให้เหตุผล (Reasoning) เป็นการเชื่อมโยงระหว่างข้อกล่าวอ้างและข้อมูลหลักฐานโดยใช้หลักการทางวิทยาศาสตร์ (McNeill & Krajcik, 2008a)

ปัจจุบันประเทศไทยได้ร่วมกับองค์การเพื่อความร่วมมือทางเศรษฐกิจและการพัฒนา (Organization for Economic Co-operation and Development หรือ OECD) ดำเนินงานโปรแกรมประเมินสมรรถนะนักเรียนมาตรฐานสากล (Programme for International Student Assessment หรือ PISA) เพื่อประเมินความฉลาดรู้ใน 3 ด้าน ได้แก่ ความฉลาดรู้ด้านการอ่าน (Reading Literacy) ความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ (Mathematical Literacy) และความฉลาดรู้ด้านวิทยาศาสตร์ (Scientific Literacy) ซึ่งกรอบในการประเมินด้านวิทยาศาสตร์ที่สำคัญคือสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ นักเรียนต้องมีความสามารถในการอธิบายปรากฏการณ์ในทางวิทยาศาสตร์ การประเมินและออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ และการแปลความหมายข้อมูลและใช้ประจักษ์พยานทางวิทยาศาสตร์ จากผลการประเมิน PISA 2018 พบว่าประเทศไทยมีคะแนนเฉลี่ยวิทยาศาสตร์ 426 คะแนน ซึ่งต่ำกว่าค่าเฉลี่ยกลุ่มประเทศสมาชิก OECD (ศูนย์ดำเนินงาน PISA แห่งชาติ สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2562) และผลประเมินของนักเรียนแสดงให้เห็นช่วงความสามารถทางวิทยาศาสตร์ของ PISA ในระดับต่าง ๆ 7 ระดับ โดยเฉพาะความสามารถทางวิทยาศาสตร์ในระดับที่ 3 นักเรียนสามารถใช้ความรู้ด้านเนื้อหาที่มีความซับซ้อนปานกลาง เพื่อระบุบอกประเด็นหรือสร้างคำอธิบายปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์ที่รู้จักคุ้นเคย ถ้าเป็นสถานการณ์ที่ไม่คุ้นเคยนักเรียนสามารถสร้างคำอธิบายที่สมเหตุสมผล โดยอาศัยตัวชี้นำหรือตัวสนับสนุนที่เหมาะสม ซึ่งนักเรียนที่ระดับ 3 สามารถแยกแยะอย่างชัดเจนได้ว่าประเด็นใดเป็นวิทยาศาสตร์ (อธิบายได้ มีประจักษ์พยาน ตรวจสอบได้ตามกระบวนการวิทยาศาสตร์) และประเด็นใดไม่เป็นวิทยาศาสตร์ และสามารถระบุประจักษ์พยานเพื่อสนับสนุนข้อกล่าวอ้างทางวิทยาศาสตร์ได้ จากผลการประเมินความสามารถทางวิทยาศาสตร์ พบว่า ประเทศไทยมีนักเรียน 24% ที่มีความสามารถทางวิทยาศาสตร์ตั้งแต่ระดับ 3 ขึ้นไป (ศูนย์ดำเนินงาน PISA แห่งชาติ สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2564) ซึ่งแสดงให้เห็นว่านักเรียนไทยยังไม่สามารถสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่นักเรียนจะต้องเชื่อมโยงหลักฐานในการให้เหตุผลเพื่อสนับสนุนข้อกล่าวอ้างจากสถานการณ์หรือปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์ได้ สอดคล้องกับแผนการศึกษาแห่งชาติได้กำหนดยุทธศาสตร์ในการพัฒนาการศึกษาภายใต้ 6 ยุทธศาสตร์หลักที่ยุทธศาสตร์ชาติ 20 ปี เพื่อให้แผนการศึกษาแห่งชาติบรรลุเป้าหมายตามจุดมุ่งหมาย วิสัยทัศน์ และแนวคิดการจัดการศึกษา ซึ่งในยุทธศาสตร์ที่ 3 การพัฒนาศักยภาพคนทุกช่วงวัย และการสร้างสังคมแห่งการเรียนรู้ ข้อ 3.2 คนทุกช่วงวัยมีทักษะ ความรู้ความสามารถ และสมรรถนะตามมาตรฐาน การศึกษาและมาตรฐานวิชาชีพ

และพัฒนาคุณภาพชีวิตได้ตามศักยภาพ มีตัวชี้วัดที่สำคัญ คือ นักเรียนมีคะแนนผลการทดสอบทางการศึกษาระดับชาติด้านพื้นฐาน (O-NET) แต่ละวิชาผ่านเกณฑ์คะแนนร้อยละ 50 ขึ้นไปเพิ่มขึ้น และจากผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนระดับการศึกษาขั้นพื้นฐาน ซึ่งเป็นการประเมินผลตามหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐานในระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย พบว่าอยู่ในระดับที่ไม่น่าพึงพอใจ เห็นได้จากผลการทดสอบทางการศึกษาระดับชาติด้านพื้นฐาน (O-NET) ในกลุ่มสาระการเรียนรู้หลัก ส่วนใหญ่มีคะแนนเฉลี่ยต่ำกว่าร้อยละ 50 โดยเฉพาะวิชาภาษาอังกฤษ คณิตศาสตร์ และวิทยาศาสตร์ คะแนนส่วนใหญ่อยู่ในระดับปานกลาง และต่ำ (สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา, 2560) โดยผลการประเมินกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ระดับชาติ (O-NET) ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ปีการศึกษา 2561-2563 มีผลการประเมินเป็นคะแนนเฉลี่ยระดับโรงเรียน ดังนี้ ร้อยละ 29.83, 28.65 และ 32.86 ตามลำดับ (สถาบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ (องค์การมหาชน), 2564) จากผลการประเมินแสดงให้เห็นว่านักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่ต่ำกว่าเกณฑ์ที่กำหนดและจัดอยู่ในเกณฑ์ต่ำ

วิชาเคมีจัดเป็นสาขาหนึ่งของวิทยาศาสตร์ที่มีความสำคัญต่อการดำเนินชีวิตประจำวันของมนุษย์ เนื้อหาวิชาเคมีอยู่ในสาระที่ 2 วิทยาศาสตร์กายภาพ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 และมาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัด (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) โดยมุ่งเน้นศึกษาสมบัติของสสารและการเปลี่ยนแปลงของสสารทั้งในระดับอะตอมและโมเลกุล โดยเฉพาะเรื่อง เคมีไฟฟ้า เนื้อหาจะมีความซับซ้อนทำความเข้าใจได้ยาก นักเรียนมีความสับสนและไม่เข้าใจในปฏิกิริยาเคมีที่เรียกว่า “ปฏิกิริยารีดอกซ์” โดยปฏิกิริยานี้จะมีการถ่ายโอนอิเล็กตรอน ซึ่งมีความเป็นนามธรรม มองไม่เห็นด้วยตาเปล่า และยังมีสับสนในการระบุขั้วแคโทดและขั้วแอโนด การดุลสมการเคมี รวมถึงชนิดของเซลล์ไฟฟ้าเคมี (Acar & Tarhan, 2007) สอดคล้องกับการจัดการเรียนรู้ในรายวิชาเคมีที่ผ่านมา เนื่องด้วยธรรมชาติของรายวิชาเคมี นักเรียนจำเป็นต้องทำความเข้าใจในระดับอะตอมและโมเลกุล ทำให้นักเรียนส่วนใหญ่มักจะกล่าวว่า วิชาเคมีเป็นวิชาที่เข้าใจได้ยาก (Carter & Brickhouse, 1989) นักเรียนจึงเรียนวิชาเคมีแบบท่องจำเพื่อนำไปสอบ ไม่ได้มีความเข้าใจอย่างแท้จริง ทำให้เมื่อตั้งคำถามให้นักเรียนได้อธิบายเกี่ยวกับปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์ นักเรียนไม่สามารถให้เหตุผลโดยใช้หลักการทางวิทยาศาสตร์ เพื่อนำไปใช้ในการอธิบายเชื่อมโยงระหว่างข้อกล่าวอ้างกับหลักฐานเชิงประจักษ์ได้ เนื่องจากนักเรียนไม่เคยฝึกฝนวิธีการสื่อสารคำตอบทางวิทยาศาสตร์ ทั้งการเขียน การพูดนำเสนอ และการอภิปรายโต้แย้ง ซึ่งเป็นกระบวนการที่นักเรียนใช้ในการสื่อสารความเข้าใจของตนเองในเรื่องที่กำลังศึกษาอย่างเป็นเหตุเป็นผล (ณัฐธิดา พรหมยอด, 2562) ดังนั้น ในการจัดการเรียนการสอนในชั้นเรียนจึงต้องส่งเสริมให้นักเรียนได้สร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ เพราะเป็นทักษะสำคัญที่สะท้อนหรือแสดงให้เห็น

เห็นถึงความรู้ความเข้าใจของนักเรียนในการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (National Research Council, 2012)

จากสภาพปัญหาข้างต้น ผู้วิจัยได้ศึกษารูปแบบวิธีการสอนและแนวคิดต่าง ๆ เพื่อเป็นแนวทางในการแก้ปัญหาการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เป็นรูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่เน้นให้นักเรียนแสดงศักยภาพของความรู้ที่เป็นนามธรรมออกมาอยู่ในรูปธรรมที่สามารถจับต้องได้ เพื่อเป็นสื่อกลางในการอธิบายปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นผ่านแบบจำลองรูปภาพ 2 มิติ โดยในกิจกรรมการเรียนรู้ นักเรียนจะได้สร้างและพัฒนาแบบจำลองด้วยตนเอง (ชาตรี ฝ่ายคำตา และ ภรทิพย์ สุภัทรชัยวงศ์, 2557) สอดคล้องกับ Schwarz et al. (2009) ได้พัฒนาการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานที่ทำให้นักเรียนเข้าถึงธรรมชาติของแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์และเกิดการเรียนรู้ที่มีความหมาย ซึ่งพบว่า นักเรียนมีการพัฒนาเพิ่มสูงขึ้นโดยสามารถสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์เกี่ยวกับปรากฏการณ์ที่ซับซ้อนจากแบบจำลอง สามารถปรับปรุงและแก้ไขแบบจำลองโดยใช้เหตุผลที่หลากหลาย และสามารถสร้างข้อโต้แย้งผ่านการประยุกต์ใช้แบบจำลองได้ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยด้านการสอน พบว่า การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานสามารถส่งเสริมและพัฒนากการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนได้ โดยหลังจากที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน นักเรียนสามารถเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างหลักฐานเชิงประจักษ์ที่ได้มาจากการสำรวจตรวจสอบกับการให้เหตุผลโดยใช้หลักการทางวิทยาศาสตร์ที่เหมาะสม เพื่อนำมาใช้อ้างอิงในการตอบคำถามหรือสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง และจากขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ที่นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติในการสร้างแบบจำลอง ดัดแปลงและปรับปรุงแก้ไขแบบจำลองให้ได้แบบจำลองที่สมบูรณ์ที่สุดและใกล้เคียงกับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ เพื่อนำแบบจำลองที่สร้างขึ้นมาใช้ในการอธิบายปรากฏการณ์ที่ศึกษา ทำให้นักเรียนเกิดความเข้าใจและสามารถสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ผ่านแบบจำลองเพื่ออธิบายปรากฏการณ์ที่ศึกษาได้ แสดงให้เห็นว่าการสร้างแบบจำลองเป็นสิ่งสำคัญที่ช่วยสนับสนุนและพัฒนากการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน (พัฒน์นิดา มีลา และ ร่มเกล้า อาจเดช, 2560; พิษณุ ศุภศาสตร์วงศ์ และคณะ, 2563; ศศิกานต์ นิมดำ และคณะ, 2563)

จากสถานการณ์การแพร่ระบาดของเชื้อโควิด-19 ของประเทศไทยในปัจจุบัน จึงต้องมีมาตรการในการป้องกันความเสี่ยงจากเชื้อโควิด-19 โดยเฉพาะในสถานศึกษาเป็นสถานที่ที่มีนักเรียนอยู่รวมกันจำนวนมาก มักจะมีความเสี่ยงสูงหากมีระบบการจัดการที่ไม่ดี อาจจะมีการแพร่ระบาดของเชื้อ COVID-19 ได้ในกลุ่มเด็กเนื่องจากพบว่าการติดเชื้อ COVID-19 ส่วนใหญ่จะไม่ค่อยมีอาการหรือมีอาการแสดงค่อนข้างน้อย ความรุนแรงจะน้อยมาก แต่เด็กนักเรียนจะเอาเชื้อกลับบ้าน อาจทำให้การแพร่ระบาดเกิดขึ้นได้อย่างรวดเร็ว (Super Spread) ไปยังบุคคลในบ้าน หากมีการระบาดในกลุ่มเด็กขึ้นจะมีผลกระทบในสังคมหรือผู้ใกล้ชิด เช่น ครู พ่อแม่ ผู้สูงอายุที่ติดเชื้อจากเด็ก ดังนั้นการ

จัดการเรียนการสอนในสถานศึกษาจึงต้องมีการปรับเปลี่ยนรูปแบบการเรียนการสอนให้สอดคล้องกับสถานการณ์ ซึ่งรูปแบบการเรียนการสอนในแต่ละสถานศึกษาสามารถเลือกรูปแบบการจัดการเรียนการสอนโดยพิจารณาตามบริบทและความเหมาะสม (สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน, 2563) จึงทำให้เกิดการปรับตัวเป็นวิถีชีวิตแบบใหม่ (New Normal) โดยเฉพาะสถาบันทางการศึกษาที่ไม่สามารถจัดการเรียนการสอนแบบปกติได้ จึงจำเป็นต้องใช้รูปแบบการเรียนการสอนแบบออนไลน์ เพื่อให้การเรียนรู้เกิดความต่อเนื่อง (วิทยา วาโย และคณะ, 2563) ซึ่งการเรียนการสอนแบบออนไลน์ (Online learning) เป็นการศึกษาผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ตด้วยตนเอง ผู้เรียนสามารถเลือกเรียนตามความชอบของตนเอง ในส่วนของเนื้อหาการเรียน ประกอบด้วย ข้อความ รูปภาพ เสียง VDO และ Multimedia อื่น ๆ สิ่งเหล่านี้จะถูกส่งตรงไปยังผู้เรียนผ่าน Web Browser ทั้งผู้เรียน ผู้สอน และเพื่อนร่วมชั้นทุกคน สามารถติดต่อสื่อสาร ปรีกษา แลกเปลี่ยนความคิดเห็นแบบเดียวกับการเรียนในชั้นเรียนทั่วไป โดยการใช้ E-mail, Chat, Social Network เป็นต้น ด้วยเหตุนี้การเรียนรู้แบบออนไลน์จึงเหมาะสำหรับทุกคนเรียนได้ทุกเวลา (จักรกฤษณ์ โปตาพล, 2563)

ผู้วิจัยได้ตระหนักถึงปัญหาของผู้เรียนดังกล่าว จึงได้จัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานผ่านระบบออนไลน์ เรื่อง เคมีไฟฟ้า ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เพื่อพัฒนาการสร้างความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน ให้นักเรียนสามารถอธิบายหรือทำนายปรากฏการณ์ธรรมชาติที่มีความซับซ้อนได้อย่างถูกต้อง โดยแสดงศักยภาพของความรู้ที่เป็นนามธรรมออกมาอยู่ในรูปธรรมโดยใช้แบบจำลองที่เป็นสื่อกลางในการอธิบายปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้น

### ความมุ่งหมายของการวิจัย

1. เพื่อเปรียบเทียบการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง เคมีไฟฟ้า ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานผ่านระบบออนไลน์ กับเกณฑ์ร้อยละ 70
2. เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง เคมีไฟฟ้า ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานผ่านระบบออนไลน์ กับเกณฑ์ร้อยละ 70
3. เพื่อศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนต่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานผ่านระบบออนไลน์ เรื่อง เคมีไฟฟ้า ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

### สมมติฐานของการวิจัย

1. การสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง เคมีไฟฟ้า ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานผ่านระบบออนไลน์ สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70

2. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง เคมีไฟฟ้า ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานผ่านระบบออนไลน์ สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70

### ความสำคัญของการวิจัย

เป็นแนวทางในการจัดการเรียนการสอนของครูผู้สอนวิทยาศาสตร์และผู้สนใจ ทำให้การจัดการเรียนการสอนมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น ซึ่งจะทำให้ผู้เรียนประสบความสำเร็จในการเรียนและสามารถนำความรู้ที่ได้ไปใช้ประโยชน์ในชีวิตประจำวัน

### ขอบเขตของการวิจัย

1. ประชากร ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนโพ้นทองพัฒนาวิทยา จังหวัดร้อยเอ็ด ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2564 จำนวน 10 ห้องเรียน จำนวนนักเรียน 426 คน โดยในแต่ละห้องประกอบไปด้วยนักเรียนความสามารถ

2. กลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ โรงเรียนโพ้นทองพัฒนาวิทยา จังหวัดร้อยเอ็ด ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2564 ที่ได้มาโดยวิธีสุ่มแบบกลุ่ม (Cluster Random Sampling) ได้กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/2 จำนวน 42 คน

#### 3. ตัวแปรที่ศึกษา

##### 3.1 ตัวแปรต้นหรือตัวแปรจัดกระทำ

การจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานผ่านระบบออนไลน์

3.2 ตัวแปรตาม ได้แก่ 1) การสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ 2) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และ 3) ความพึงพอใจของนักเรียน



#### 4. เนื้อหาที่ใช้ในการศึกษา

เป็นเนื้อหาของวิชาเคมีเพิ่มเติม เรื่อง เคมีไฟฟ้า ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 และมาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัดฯ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2564

#### 5. ระยะเวลา

การวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยใช้ระยะเวลาในการวิจัย ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2564

### นิตยศัพท์เฉพาะ

1. การจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานผ่านระบบออนไลน์ หมายถึง เป็นการจัดการเรียนการสอนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต โดยใช้โปรแกรม Google Meet และ Google Classroom และในการนำเสนอเนื้อหาของการเรียนจะอยู่ในรูปแบบสื่อประสม เช่น ข้อความ รูปภาพ เสียง วิดีโอ และ Multimedia อื่น ๆ ซึ่งในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ นักเรียนจะต้องลงมือปฏิบัติในการสร้างแบบจำลองทางความคิดเพื่ออธิบายปรากฏการณ์ที่ศึกษา ประเมินแบบจำลองที่สร้างขึ้นกับหลักฐานประจักษ์ที่ได้จากการสำรวจตรวจสอบ และทำการดัดแปลงแก้ไขปรับปรุงแบบจำลองจนกระทั่งได้แบบจำลองที่สามารถอธิบายข้อมูลที่ได้อย่างถูกต้อง เพื่อนำไปอธิบายและทำนายปรากฏการณ์อื่น ๆ ที่ใกล้เคียง โดยมีขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ 4 ขั้นตอนดังนี้

ขั้นที่ 1 การสร้างแบบจำลอง (Generating Model) ครูนำเสนอปรากฏการณ์หรือสถานการณ์ที่เกี่ยวข้องกับเรื่อง เคมีไฟฟ้า โดยใช้ภาพหรือวิดีโอที่สร้างความสนใจนักเรียน พร้อมคำถามเพื่อกระตุ้นให้นักเรียนสร้างแบบจำลองทางความคิดจากความรู้เดิมออกมาให้มากที่สุด เพื่อนำมาใช้ในการอธิบายว่าปรากฏการณ์ที่ได้ศึกษาเกิดขึ้นได้อย่างไร โดยครูนำเสนอปรากฏการณ์ผ่าน Google Classroom และให้นักเรียนส่งภาพแบบจำลองที่นักเรียนสร้างขึ้นใน Google Classroom ก่อนเข้าชั้นเรียน

ขั้นที่ 2 การประเมินแบบจำลอง (Evaluating Model) ครูจัดกิจกรรมหรือสถานการณ์ให้นักเรียนทำการสำรวจตรวจสอบเพื่อเก็บรวบรวมข้อมูลเชิงประจักษ์ จากนั้นนักเรียนและครูร่วมกันอภิปรายกิจกรรมที่ได้ทำการสำรวจตรวจสอบ โดยครูใช้คำถามเพื่อกระตุ้นให้นักเรียนได้ประเมินว่าแบบจำลองที่นักเรียนสร้างขึ้นกับหลักฐานที่เป็นข้อมูลเชิงประจักษ์มีความสอดคล้องกันหรือไม่ และแบบจำลองที่สร้างขึ้นสามารถใช้อธิบายปรากฏการณ์ได้มากน้อยเพียงใด และทำการแบ่งกลุ่มนักเรียนโดยการแบ่งห้องประชุมเพื่อให้นักเรียนระดมความคิดในการนำแบบจำลองของสมาชิกแต่ละคนในกลุ่มมาร่วมกันอภิปรายเพื่อดัดแปลงและสร้างเป็นแบบจำลองของกลุ่ม โดยจัดกิจกรรมการเรียนรู้ผ่านโปรแกรม Google Meet

ขั้นที่ 3 การดัดแปลงแก้ไขแบบจำลอง (Modifying Model) ครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอแบบจำลองที่นักเรียนได้ร่วมกันสร้างเป็นแบบจำลองของกลุ่มจากขั้นที่ 2 เพื่อให้นักเรียนได้เปรียบเทียบแบบจำลองของกลุ่มเพื่อนที่สร้างขึ้นและรวมแบบจำลองของแต่ละกลุ่มเข้าด้วยกันเพื่อสร้างเป็นแบบจำลองมติของชั้นเรียน โดยนักเรียนร่วมกันแลกเปลี่ยนความคิดเห็นซึ่งกันและกันทั้งชั้นเรียนในการดัดแปลงแก้ไขแบบจำลอง เพื่อสร้างเป็นแบบจำลองที่ดีที่สุดและสอดคล้องกับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ เพื่อนำไปใช้ในการอธิบายปรากฏการณ์ที่ได้ศึกษาอย่างถูกต้อง ซึ่งครูมีหน้าที่ในการส่งเสริมแบบจำลองทางความคิดของผู้เรียนโดยการเชื่อมโยงความสัมพันธ์ของตัวแปรต่าง ๆ โดยครูและนักเรียนเป็นผู้ร่วมสร้างและส่งเสริมแบบจำลองทางความคิด โดยจัดกิจกรรมการเรียนรู้ผ่านโปรแกรม Google Meet

ขั้นที่ 4 การขยายแบบจำลอง (Elaborating Model) ครูนำเสนอปรากฏการณ์หรือสถานการณ์ที่ใกล้เคียงกับปรากฏการณ์หรือสถานการณ์ในขั้นที่ 1 เพื่อให้นักเรียนนำแบบจำลองที่ผ่านการดัดแปลงแก้ไขจากขั้นที่ 3 มาใช้ในการอธิบายปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้น โดยจัดกิจกรรมการเรียนรู้ผ่านโปรแกรม Google Meet

2. การสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง เป็นการตอบคำถามของนักเรียนโดยการเขียนอธิบายปรากฏการณ์หรือสถานการณ์ที่ศึกษาในเรื่อง เคมีไฟฟ้า โดยอาศัยหลักฐาน และหลักการทางวิทยาศาสตร์มาเชื่อมโยงกันเพื่อใช้ในการสนับสนุนคำอธิบาย ประกอบไปด้วย 3 องค์ประกอบ ได้แก่

1. ข้อกล่าวอ้าง (Claim) หมายถึง ข้อสรุปหรือคำตอบของนักเรียน ซึ่งเป็นการตอบคำถามที่เกี่ยวข้องกับปรากฏการณ์หรือสถานการณ์ที่ศึกษา

2. หลักฐาน (Evidence) หมายถึง ข้อมูลที่นักเรียนได้มาจากการสำรวจตรวจสอบ ซึ่งเป็นข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ที่นักเรียนนำมาใช้ในการสนับสนุนหรือแก้ต่างข้อกล่าวอ้าง

3. การให้เหตุผล (Reasoning) หมายถึง การเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างหลักฐานและข้อกล่าวอ้าง โดยใช้หลักการทางวิทยาศาสตร์ เพื่อแสดงให้เห็นว่าข้อมูลที่นักเรียนนำมาใช้เป็นหลักฐานสามารถสนับสนุนข้อกล่าวอ้างได้อย่างไร โดยแต่ละองค์ประกอบมีคะแนนตั้งแต่ 0-2 คะแนน ในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยได้สร้างแบบวัดการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง เคมีไฟฟ้า เป็นแบบทดสอบแบบอัตนัย จำนวน 6 ข้อ

3. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง ความสามารถในการเรียนรู้ของนักเรียนที่เกิดขึ้นหลังจากได้รับการเรียนการสอน โดยแสดงให้เห็นถึงความรู้ ความเข้าใจในเรื่องที่นักเรียนได้เรียนรู้ และเป็นพฤติกรรมที่สามารถวัดได้ โดยพิจารณาจากคะแนนที่ได้จากการทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน รายวิชาเคมี เรื่อง เคมีไฟฟ้า เป็นแบบทดสอบแบบปรนัย 4 ตัวเลือก จำนวน 30 ข้อ

4. ความพึงพอใจต่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานผ่านระบบออนไลน์ หมายถึง ความรู้สึกชอบ หรือพอใจ ซึ่งเป็นความรู้สึกในเชิงบวกของนักเรียนต่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานผ่านระบบออนไลน์ รายวิชาเคมี เรื่อง เคมีไฟฟ้า โดยใช้แบบวัดความพึงพอใจของนักเรียนที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น ซึ่งวัดความพึงพอใจของนักเรียน 4 ด้าน ได้แก่ ด้านการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ด้านบรรยากาศในชั้นเรียน ด้านกระบวนการกลุ่ม และด้านสื่อการเรียนรู้ ซึ่งแบบสอบถามดังกล่าวใช้เกณฑ์วัดระดับความพึงพอใจแบบมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับของลิเคิร์ต (Likert Rating Scale) จำนวน 20 ข้อ





## บทที่ 2

### เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การวิจัยเรื่องการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานผ่านระบบออนไลน์ ที่มีต่อการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง เคมีไฟฟ้า ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ผู้วิจัยได้ศึกษาค้นคว้าแนวคิดทฤษฎีจากเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ดังนี้

1. หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 และมาตรฐานการเรียนรู้ และตัวชี้วัดฯ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560)
2. การจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน
3. การเรียนการสอนแบบออนไลน์
4. การสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์
5. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
6. ความพึงพอใจ
7. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

**หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 และมาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัดฯ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560)**

กระทรวงศึกษาธิการ (2560) ระบุว่า กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ มีสาระสำคัญ ดังนี้

1. ความสำคัญของกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เป็นการศึกษาวิทยาศาสตร์ในสังคมโลกปัจจุบันและอนาคต เพราะวิทยาศาสตร์เกี่ยวข้องกับทุกคนทั้งในชีวิตประจำวันและการงานอาชีพต่าง ๆ ตลอดจนเทคโนโลยี เครื่องมือเครื่องใช้และผลผลิตต่าง ๆ ที่มนุษย์ได้ใช้เพื่ออำนวยความสะดวกในชีวิตและการทำงาน เหล่านี้ล้วนเป็นผลของความรู้วิทยาศาสตร์ ผสมผสานกับความคิดสร้างสรรค์และศาสตร์อื่น ๆ วิทยาศาสตร์ช่วยให้มนุษย์ได้พัฒนาวิธีคิดทั้งความคิดเป็นเหตุเป็นผล คิดสร้างสรรค์ คิดวิเคราะห์วิจารณ์ มีทักษะสำคัญในการค้นคว้าหาความรู้ ใช้ความรู้และทักษะเพื่อแก้ปัญหาหรือพัฒนางานด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม มีความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบ รวมทั้งสามารถค้นหาข้อมูลหรือสารสนเทศ ประเมินสารสนเทศ ประยุกต์ใช้ทักษะการคิดเชิงคำนวณและความรู้ด้านวิทยาการคอมพิวเตอร์ สื่อดิจิทัล เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริงอย่างสร้างสรรค์ สามารถตัดสินใจโดยใช้ข้อมูลที่หลากหลายและ

มีประจักษ์พยานที่ตรวจสอบได้ วิทยาศาสตร์เป็นวัฒนธรรมของโลกสมัยใหม่ ซึ่งเป็นสังคมแห่งการเรียนรู้ (Knowledge-Based Society) ดังนั้นทุกคนจึงจำเป็นต้องได้รับการพัฒนาให้รู้วิทยาศาสตร์ เพื่อที่จะมีความรู้ความเข้าใจในธรรมชาติและเทคโนโลยีที่มนุษย์สร้างสรรค์ขึ้น สามารถนำความรู้ไปใช้อย่างมีเหตุผล สร้างสรรค์ และมีคุณธรรม

2. เป้าหมายของการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ในการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์มุ่งเน้นให้ผู้เรียนได้ค้นพบความรู้ด้วยตนเองมากที่สุด เพื่อให้ได้ทั้งกระบวนการและความรู้ จากวิธีการสังเกต การสำรวจตรวจสอบการทดลอง แล้วนำผลที่ได้มาจัดระบบเป็นหลักการ แนวคิด และองค์ความรู้ การจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์จึงมีเป้าหมายที่สำคัญ ดังนี้

2.1 เพื่อให้เข้าใจหลักการ ทฤษฎี และกฎที่เป็นพื้นฐานในวิชาวิทยาศาสตร์

2.2 เพื่อให้เข้าใจขอบเขตของธรรมชาติของวิชาวิทยาศาสตร์และข้อจำกัดในการศึกษา วิชาวิทยาศาสตร์

2.3 เพื่อให้มีทักษะที่สำคัญในการศึกษาค้นคว้าและคิดค้นทางเทคโนโลยี

2.4 เพื่อให้ตระหนักถึงความสัมพันธ์ระหว่างวิชาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี มวลมนุษย์ และสภาพแวดล้อมในเชิงที่มีอิทธิพลและผลกระทบซึ่งกันและกัน

2.5 เพื่อนำความรู้ ความเข้าใจ ในวิชาวิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยีไปใช้ให้เกิดประโยชน์ต่อสังคมและการดำรงชีวิต

2.6 เพื่อพัฒนากระบวนการคิดและจินตนาการ ความสามารถในการแก้ปัญหา และการจัดการ ทักษะในการสื่อสาร และความสามารถในการตัดสินใจ

2.7 เพื่อให้เป็นผู้ที่มีจิตวิทยาศาสตร์ มีคุณธรรม จริยธรรม และค่านิยมในการใช้ วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอย่างสร้างสรรค์

3. สาระและมาตรฐานการเรียนรู้ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์มุ่งหวังให้ผู้เรียนได้เรียนรู้วิทยาศาสตร์ ที่เน้นการเชื่อมโยงความรู้กับกระบวนการ มีทักษะสำคัญในการค้นคว้าและสร้างองค์ความรู้ โดยใช้กระบวนการในการสืบเสาะหาความรู้และแก้ปัญหาที่หลากหลาย ให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการเรียนรู้ทุกขั้นตอน มีการทำกิจกรรมด้วยการลงมือปฏิบัติจริงอย่างหลากหลาย เหมาะสมกับระดับชั้น

3.1 วิทยาศาสตร์พื้นฐาน

3.1.1 สาระในองค์ความรู้ของกลุ่มวิทยาศาสตร์ ประกอบด้วยสาระสำคัญ 4 สาระ ดังนี้

สาระที่ 1 วิทยาศาสตร์ชีวภาพ เรียนรู้เกี่ยวกับชีวิตในสิ่งแวดล้อม องค์ประกอบของสิ่งมีชีวิต การดำรงชีวิตของมนุษย์และสัตว์ การดำรงชีวิตของพืช พันธุกรรม ความหลากหลายทางชีวภาพและวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิต

สาระที่ 2 วิทยาศาสตร์กายภาพ เรียนรู้เกี่ยวกับธรรมชาติของสาร การเปลี่ยนแปลงของสาร การเคลื่อนที่พลังงาน และคลื่น

สาระที่ 3 วิทยาศาสตร์โลก และอวกาศ เรียนรู้เกี่ยวกับองค์ประกอบของเอกภพ ปฏิสัมพันธ์ภายในระบบสุริยะ เทคโนโลยีอวกาศ ระบบโลก การเปลี่ยนแปลงทางธรณีวิทยา กระบวนการเปลี่ยนแปลงลมฟ้าอากาศ และผลต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม

#### สาระที่ 4 เทคโนโลยี

การออกแบบและเทคโนโลยี เรียนรู้เกี่ยวกับเทคโนโลยีเพื่อการดำรงชีวิต ในสังคมที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว ใช้ความรู้และทักษะทางด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และศาสตร์อื่น ๆ เพื่อแก้ปัญหาหรือพัฒนางานอย่างมีความคิดสร้างสรรค์ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เลือกใช้เทคโนโลยีอย่างเหมาะสมโดยคำนึงถึงผลกระทบต่อชีวิต สังคม และสิ่งแวดล้อม

วิทยาการคำนวณ เรียนรู้เกี่ยวกับการคิดเชิงคำนวณ การคิดวิเคราะห์ แก้ปัญหาเป็นขั้นตอนและเป็นระบบ ประยุกต์ใช้ความรู้ด้านวิทยาการคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารในการแก้ปัญหาที่พบในชีวิตจริงได้อย่างมีประสิทธิภาพ

#### 3.1.2 มาตรฐานการเรียนรู้

##### สาระที่ 1 วิทยาศาสตร์ชีวภาพ

มาตรฐาน ว 1.1 เข้าใจความหลากหลายของระบบนิเวศ ความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งไม่มีชีวิตกับสิ่งมีชีวิต และความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งมีชีวิตกับสิ่งมีชีวิตต่าง ๆ ในระบบนิเวศ การถ่ายทอดพลังงาน การเปลี่ยนแปลงแทนที่ในระบบนิเวศ ความหมายของประชากร ปัญหาและผลกระทบที่มีต่อทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม แนวทางในการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติและ การแก้ไขปัญหาสิ่งแวดล้อม รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

มาตรฐาน ว 1.2 เข้าใจสมบัติของสิ่งมีชีวิต หน่วยพื้นฐานของสิ่งมีชีวิต การลำเลียงสารเข้าและออกจากเซลล์ ความสัมพันธ์ของโครงสร้าง และหน้าที่ของระบบต่าง ๆ ของสัตว์และมนุษย์ที่ทำงานสัมพันธ์กัน ความสัมพันธ์ของโครงสร้าง และหน้าที่ของอวัยวะต่าง ๆ ของพืชที่ทำงานสัมพันธ์กัน รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

มาตรฐาน ว 1.3 เข้าใจกระบวนการและความสำคัญของการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม สารพันธุกรรม การเปลี่ยนแปลงทางพันธุกรรมที่มีผลต่อสิ่งมีชีวิต ความหลากหลายทางชีวภาพและวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิต รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

##### สาระที่ 2 วิทยาศาสตร์กายภาพ

มาตรฐาน ว 2.1 เข้าใจสมบัติของสสาร องค์ประกอบของสสาร ความสัมพันธ์ระหว่างสมบัติของสสารกับโครงสร้างและแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาค หลักและธรรมชาติของการเปลี่ยนแปลงสถานะของสสาร การเกิดสารละลาย และการเกิดปฏิกิริยาเคมี

มาตรฐาน ว 2.2 เข้าใจธรรมชาติของแรงในชีวิตประจำวัน ผลของแรงที่กระทำต่อวัตถุ ลักษณะการเคลื่อนที่แบบต่าง ๆ ของวัตถุ รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

มาตรฐาน ว 2.3 เข้าใจความหมายของพลังงาน การเปลี่ยนแปลงและการถ่ายโอนพลังงานปฏิสัมพันธ์ระหว่างสสารและพลังงาน พลังงานในชีวิตประจำวัน ธรรมชาติของคลื่นปรากฏการณ์ที่เกี่ยวข้องกับเสียง แสง และคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

### สาระที่ 3 วิทยาศาสตร์โลก และอวกาศ

มาตรฐาน ว 3.1 เข้าใจองค์ประกอบ ลักษณะ กระบวนการเกิด และวิวัฒนาการของเอกภพ กาแล็กซี ดาวฤกษ์ และระบบสุริยะ รวมทั้งปฏิสัมพันธ์ภายในระบบสุริยะที่ส่งผลต่อสิ่งมีชีวิต และการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีอวกาศ

มาตรฐาน ว 3.2 เข้าใจองค์ประกอบและความสัมพันธ์ของระบบโลก กระบวนการเปลี่ยนแปลงภายในโลก และบนผิวโลก ธรณีพิบัติภัย กระบวนการเปลี่ยนแปลงลมฟ้าอากาศและภูมิอากาศโลก รวมทั้งผลต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม

### สาระที่ 4 เทคโนโลยี

มาตรฐาน ว 4.1 เข้าใจแนวคิดหลักของเทคโนโลยีเพื่อการดำรงชีวิตในสังคมที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว ใช้ความรู้และทักษะทางด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และศาสตร์อื่น ๆ เพื่อแก้ปัญหาหรือพัฒนางานอย่างมีความคิดสร้างสรรค์ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เลือกใช้เทคโนโลยีอย่างเหมาะสมโดยคำนึงถึงผลกระทบต่อชีวิต สังคม และสิ่งแวดล้อม

มาตรฐาน ว 4.2 เข้าใจและใช้แนวคิดเชิงคำนวณในการแก้ปัญหาที่พบในชีวิตจริงอย่างเป็นขั้นตอนและเป็นระบบ ใช้เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารในการเรียนรู้ การทำงาน และการแก้ปัญหาได้อย่างมีประสิทธิภาพ รู้เท่าทัน และมีจริยธรรม

### 3.2 วิทยาศาสตร์เพิ่มเติม

3.2.1 สาระในองค์ความรู้ของกลุ่มวิทยาศาสตร์ ประกอบด้วยสาระสำคัญ 4 สาระ ดังนี้

สาระชีววิทยา เรียนรู้เกี่ยวกับการศึกษาชีววิทยา สารที่เป็นองค์ประกอบของสิ่งมีชีวิต เซลล์ของสิ่งมีชีวิต พันธุกรรมและการถ่ายทอด วิวัฒนาการ ความหลากหลายทางชีวภาพ โครงสร้างและการทำงานของส่วนต่าง ๆ ในพืชดอก ระบบและการทำงานในอวัยวะต่าง ๆ ของสัตว์ และมนุษย์ และสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม

1. เข้าใจธรรมชาติของสิ่งมีชีวิต การศึกษาชีววิทยาและวิธีการทางวิทยาศาสตร์ สารที่เป็นองค์ประกอบของสิ่งมีชีวิต ปฏิบัติเคมีในเซลล์ของสิ่งมีชีวิต กล้องจุลทรรศน์ โครงสร้างและหน้าที่ของเซลล์ การลำเลียงสารเข้าและออกจากเซลล์ การแบ่งเซลล์ และการหายใจระดับเซลล์

2. เข้าใจการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม การถ่ายทอดยีนบนโครโมโซม สมบัติและหน้าที่ของสารพันธุกรรม การเกิดมิวเทชัน เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ หลักฐานข้อมูลและแนวคิดเกี่ยวกับวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิต ภาวะสมดุลของฮาร์ดี-ไวน์เบิร์ก การเกิดสปีชีส์ใหม่ ความหลากหลายทางชีวภาพ กำเนิดของสิ่งมีชีวิต ความหลากหลายของสิ่งมีชีวิต และอนุกรมวิธาน รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

3. เข้าใจส่วนประกอบของพืช การแลกเปลี่ยนแก๊สและคายน้ำของพืช การลำเลียงของพืช การสังเคราะห์ด้วยแสง การสืบพันธุ์ของพืชดอกและการเจริญเติบโต และการตอบสนองของพืช รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

4. เข้าใจการย่อยอาหารของสัตว์และมนุษย์ รวมทั้งการหายใจและการแลกเปลี่ยนแก๊ส การลำเลียงสารและการหมุนเวียนเลือด ภูมิคุ้มกันของร่างกาย การขับถ่าย การรับรู้และการตอบสนอง การเคลื่อนที่ การสืบพันธุ์และการเจริญเติบโต ฮอโมนกับการรักษาคุณภาพ และพฤติกรรมของสัตว์ รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

5. เข้าใจแนวคิดเกี่ยวกับระบบนิเวศ กระบวนการถ่ายทอดพลังงานและการหมุนเวียนสารในระบบนิเวศ ความหลากหลายของไบโอม การเปลี่ยนแปลงแทนที่ของสิ่งมีชีวิตในระบบนิเวศ ประชากรและรูปแบบการเพิ่มของประชากร ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ปัญหา และผลกระทบที่เกิดจากการใช้ประโยชน์ และแนวทางการแก้ไขปัญหา

สาระเคมี เรียนรู้เกี่ยวกับปริมาณสาร องค์ประกอบและสมบัติของสาร การเปลี่ยนแปลงของสาร ทักษะและการแก้ปัญหาทางเคมี

1. เข้าใจโครงสร้างอะตอม การจัดเรียงธาตุในตารางธาตุ สมบัติของธาตุ พันธะเคมีและสมบัติของสาร แก๊สและสมบัติของแก๊ส ประเภทและสมบัติของสารประกอบอินทรีย์และพอลิเมอร์ รวมทั้งการนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

2. เข้าใจการเขียนและการดุลสมการเคมี ปริมาณสัมพันธ์ในปฏิกิริยาเคมี อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี สมดุลในปฏิกิริยาเคมี สมบัติและปฏิกิริยาของกรด-เบส ปฏิกิริยารีดอกซ์ และเซลล์เคมีไฟฟ้า รวมทั้งการนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

3. เข้าใจหลักการทำปฏิบัติการเคมี การวัดปริมาณสาร หน่วยวัดและการเปลี่ยนหน่วย การคำนวณปริมาณของสาร ความเข้มข้นของสารละลาย รวมทั้งการบูรณาการความรู้และทักษะในการอธิบายปรากฏการณ์ในชีวิตประจำวันและการแก้ปัญหาทางเคมี

สาระฟิสิกส์ เรียนรู้เกี่ยวกับ ธรรมชาติและการค้นพบทางฟิสิกส์ แรงและการเคลื่อนที่ และพลังงาน

1. เข้าใจธรรมชาติทางฟิสิกส์ ปริมาณและกระบวนการวัด การเคลื่อนที่แนวตรง แรงและกฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน กฎความโน้มถ่วงสากล แรงเสียดทาน สมดุลกลของวัตถุ

งานและกฎการอนุรักษ์พลังงานกล โมเมนตัมและกฎการอนุรักษ์โมเมนตัม การเคลื่อนที่แนวโค้ง รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

2. เข้าใจการเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่าย ธรรมชาติของคลื่น เสียงและการได้ยินปรากฏการณ์ที่เกี่ยวข้องกับเสียง แสงและการเห็น ปรากฏการณ์ที่เกี่ยวข้องกับแสง รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

3. เข้าใจแรงไฟฟ้าและกฎของคูลอมบ์ สนามไฟฟ้า ศักย์ไฟฟ้า ความจุไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า และกฎของโอห์ม วงจรไฟฟ้ากระแสตรง พลังงานไฟฟ้าและกำลังไฟฟ้า การเปลี่ยนพลังงานทดแทนเป็นพลังงานไฟฟ้า สนามแม่เหล็ก แรงแม่เหล็กที่กระทำกับประจุไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้า การเหนี่ยวนำแม่เหล็กไฟฟ้า และกฎของฟาราเดย์ ไฟฟ้ากระแสสลับ คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า และการสื่อสาร รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

4. เข้าใจความสัมพันธ์ของความร้อนกับการเปลี่ยนอุณหภูมิและสถานะของสสาร สภาพยืดหยุ่นของวัสดุ และโมดูลัสของยัง ความดันในของไหล แรงพยุง และหลักของอาร์คิมิดีส ความตึงผิวและแรงหนืดของของเหลว ของไหลอุดมคติ และสมการแบร์นูลลี กฎของแก๊ส ทฤษฎีจลน์ของแก๊สอุดมคติและพลังงานในระบบ ทฤษฎีอะตอมของโบร์ ปรากฏการณ์โฟโตอิเล็กทริก ทวิภาวะของคลื่นและอนุภาค กัมมันตภาพรังสี แรงแวนเดอร์วาลส์ ปฏิกริยานิวเคลียร์ พลังงานนิวเคลียร์ ฟิสิกส์อนุภาค รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

สาระโลก ดาราศาสตร์ และอวกาศ เรียนรู้เกี่ยวกับ โลกและกระบวนการเปลี่ยนแปลงทางธรณีวิทยา ข้อมูลทางธรณีวิทยาและการนำไปใช้ประโยชน์ การถ่ายโอนพลังงาน ความร้อนของโลกการเปลี่ยนแปลงลักษณะลมฟ้าอากาศกับการดำรงชีวิตของมนุษย์ โลกในเอกภพ และดาราศาสตร์กับมนุษย์

1. เข้าใจกระบวนการเปลี่ยนแปลงภายในโลก ธรณีพิบัติภัยและผลต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม การศึกษาลำดับชั้นหิน ทรัพยากรธรณี แผนที่ และการนำไปใช้ประโยชน์

2. เข้าใจสมดุลพลังงานของโลก การหมุนเวียนของอากาศบนโลก การหมุนเวียนของน้ำในมหาสมุทร การเกิดเมฆ การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศโลกและผลต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม รวมทั้งการพยากรณ์อากาศ

3. เข้าใจองค์ประกอบ ลักษณะ กระบวนการเกิด และวิวัฒนาการของเอกภพ กาแล็กซี ดาวฤกษ์ และระบบสุริยะ ความสัมพันธ์ของดาราศาสตร์กับมนุษย์จากการศึกษาตำแหน่งดาวบนทรงกลมฟ้าและปฏิสัมพันธ์ภายในระบบสุริยะ รวมทั้งการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีอวกาศ

จากข้างต้นสรุปได้ว่า หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 มาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัด (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ถือเป็นต้นแบบหรือแนวทางในการที่ครูผู้สอน



จะสามารถนำเนื้อหาไปใช้ในการจัดการเรียนการสอน ซึ่งสามารถออกแบบได้หลากหลายตามแนวความคิดผู้สอนเพียงแต่ใช้หลักสูตรแกนกลางเป็นกรอบในการดำเนินการสอนในชั้นเรียน

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี โรงเรียนโพธิทองพัฒนาวิทยาชัฒนมัธยมศึกษาปีที่ 5 รายวิชาเคมี 4 (เพิ่มเติม) รหัสวิชา ว30224 เวลา 60 ชั่วโมง 1.5 หน่วยกิต ได้กำหนดคำอธิบายรายวิชาและผลการเรียนรู้ไว้ดังนี้

### 3.2.2 คำอธิบายรายวิชา

ระบุและอธิบายว่าสารเป็นกรดหรือเบสโดยใช้ทฤษฎีกรด-เบสของ อาร์เรเนียส เบรินสเตด-ลาวรี หรือลิวอิส ระบุคู่กรด-เบสของสารตามทฤษฎีกรด-เบสของเบรินสเตด-ลาวรี คำนวณและเปรียบเทียบความสามารถในการแตกตัวหรือความแรงของกรดและเบส คำนวณค่า pH ความเข้มข้นของไฮโดรเนียมไอออนหรือไฮดรอกไซด์ไอออนของสารละลายกรดและเบส เขียนสมการเคมีแสดงปฏิกิริยาสะเทิน และระบุความเป็นกรด-เบสของสารละลายหลังการสะเทิน เขียนปฏิกิริยาไฮโดรลิซิสของเกลือ และระบุความเป็นกรด-เบสของสารละลายเกลือ ทดลอง และอธิบายหลักการไทเทรตและเลือกใช้อินดิเคเตอร์ที่เหมาะสมสำหรับการไทเทรตกรด-เบส คำนวณปริมาณสารหรือความเข้มข้นของสารละลายกรดหรือเบสจากการไทเทรต อธิบายสมบัติองค์ประกอบและประโยชน์ของสารละลายบัฟเฟอร์ สืบค้นข้อมูล และนำเสนอตัวอย่างการใช้ประโยชน์และการแก้ปัญหาโดยใช้ความรู้เกี่ยวกับกรด-เบส คำนวณเลขออกซิเดชัน และระบุปฏิกิริยาที่เป็นปฏิกิริยารีดอกซ์ วิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงเลขออกซิเดชันและระบุตัวรีดิวซ์และตัวออกซิไดซ์ รวมทั้งเขียนครึ่งปฏิกิริยาออกซิเดชันและครึ่งปฏิกิริยารีดักชันของปฏิกิริยารีดอกซ์ ทดลองและเปรียบเทียบความสามารถในการเป็นตัวรีดิวซ์หรือตัวออกซิไดซ์และเขียนแสดงปฏิกิริยารีดอกซ์ ดุลสมการรีดอกซ์ด้วยการใช้เลขออกซิเดชันและวิธีครึ่งปฏิกิริยา ระบุองค์ประกอบของเซลล์ไฟฟ้าเคมีและเขียนสมการเคมีของปฏิกิริยาที่แอโนดและแคโทดปฏิกิริยารวมและแผนภาพเซลล์ คำนวณค่าศักย์ไฟฟ้ามาตรฐานของเซลล์และระบุประเภทของเซลล์เคมีไฟฟ้า ขั้วไฟฟ้าและปฏิกิริยาเคมีที่เกิดขึ้น อธิบายหลักการทำงานและเขียนสมการแสดงปฏิกิริยาของเซลล์ปฐมภูมิและเซลล์ทุติยภูมิ ทดลองชุบโลหะและแยกสารเคมีด้วยกระแสไฟฟ้า และอธิบายหลักการทางเคมีไฟฟ้าที่ใช้ในการชุบโลหะ การแยกสารเคมีด้วยกระแสไฟฟ้า การทำโลหะให้บริสุทธิ์ และการป้องกันการกัดกร่อนของโลหะ สืบค้นข้อมูล และนำเสนอตัวอย่างความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับเซลล์เคมีไฟฟ้าในชีวิตประจำวัน

โดยใช้การเรียนรู้ด้วยกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ การสืบเสาะหาความรู้ การสำรวจตรวจสอบ สามารถนำความรู้และหลักการไปใช้ประโยชน์ เชื่อมโยง อธิบายปรากฏการณ์หรือแก้ปัญหาในชีวิตประจำวัน สามารถจัดกระทำและวิเคราะห์ข้อมูล สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้ มีความสามารถในการตัดสินใจแก้ปัญหา มีจิตวิทยาศาสตร์ เห็นคุณค่าของวิทยาศาสตร์ มีจริยธรรม คุณธรรม และค่านิยมที่เหมาะสม

### 3.2.3 ผลการเรียนรู้

1. ระบุ และอธิบายว่าสารเป็นกรดหรือเบสโดยใช้ทฤษฎีกรด-เบสของอาร์เรเนียส เบรินสเตด-ลาวรี หรือลิวอิส
2. ระบุคู่กรด-เบสของสารตามทฤษฎีกรด-เบสของเบรินสเตด-ลาวรี
3. คำนวณและเปรียบเทียบความสามารถในการแตกตัวหรือความแรงของกรดและเบส
4. คำนวณค่า pH ความเข้มข้นของไฮโดรเนียมไอออนหรือไฮดรอกไซด์ไอออนของสารละลายกรดและเบส
5. เขียนสมการเคมีแสดงปฏิกิริยาสะเทิน และระบุความเป็นกรด-เบสของสารละลายหลังการสะเทิน
6. เขียนปฏิกิริยาไฮโดรลิซิสของเกลือ และระบุความเป็นกรด-เบสของสารละลายเกลือ
7. ทดลอง และอธิบายหลักการการไทเทรตและเลือกใช้อินดิเคเตอร์ที่เหมาะสมสำหรับการไทเทรต กรด-เบส
8. คำนวณปริมาณสารหรือความเข้มข้นของสารละลายกรดหรือเบสจากการไทเทรต
9. อธิบายสมบัติองค์ประกอบและประโยชน์ของสารละลายบัฟเฟอร์
10. สืบค้นข้อมูล และนำเสนอตัวอย่างการใช้ประโยชน์และการแก้ปัญหาโดยใช้ความรู้เกี่ยวกับกรด-เบส
11. คำนวณเลขออกซิเดชัน และระบุปฏิกิริยาที่เป็นปฏิกิริยารีดอกซ์
12. วิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงเลขออกซิเดชันและระบุตัวรีดิวซ์และตัวออกซิไดซ์ รวมทั้งเขียนครึ่งปฏิกิริยาออกซิเดชันและครึ่งปฏิกิริยารีดักชันของปฏิกิริยารีดอกซ์
13. ทดลอง และเปรียบเทียบความสามารถในการเป็นตัวรีดิวซ์หรือตัวออกซิไดซ์ และเขียนแสดงปฏิกิริยารีดอกซ์
14. ดุลสมการรีดอกซ์ด้วยการใช้เลขออกซิเดชันและวิธีครึ่งปฏิกิริยา
15. ระบุองค์ประกอบของเซลล์ไฟฟ้าเคมีและเขียนสมการเคมีของปฏิกิริยาที่แอโนดและแคโทด ปฏิกิริยารวมและแผนภาพเซลล์
16. คำนวณค่าศักย์ไฟฟ้ามาตรฐานของเซลล์และระบุประเภทของเซลล์เคมีไฟฟ้า ชั่วไฟฟ้าและปฏิกิริยาเคมีที่เกิดขึ้น
17. อธิบายหลักการทำงาน และเขียนสมการแสดงปฏิกิริยาของเซลล์ปฐมภูมิ และเซลล์ทุติยภูมิ



18. ทดลองชุบโลหะและแยกสารเคมีด้วยกระแสไฟฟ้า และอธิบายหลักการทางเคมีไฟฟ้าที่ใช้ในการชุบโลหะ การแยกสารเคมีด้วยกระแสไฟฟ้า การทำโลหะให้บริสุทธิ์ และการป้องกันการกัดกร่อนของโลหะ

19. สืบค้นข้อมูล และนำเสนอตัวอย่างความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับเซลล์เคมีไฟฟ้าในชีวิตประจำวัน

### โครงสร้างรายวิชา

#### ตาราง 1 โครงสร้างรายวิชาเคมี 4 (ว30224)

ที่	หน่วยการเรียนรู้	ผลการเรียนรู้	สาระสำคัญ	เวลา (ชั่วโมง)	น้ำหนักคะแนน
1	กรด-เบส	1-10	<p>- สารในชีวิตประจำวันหลายชนิดมีสมบัติเป็นกรดหรือเบส การระบุว่าสารใดเป็นกรดหรือเบส สามารถพิจารณาโดยใช้ทฤษฎีกรด-เบสของอาร์เรเนียส เบรินสแตด-ลาวรี หรือลิวอิส และการพิจารณาคู่กรด-เบสใช้ทฤษฎีกรด-เบสของเบริน สแตด-ลาวรี</p> <p>- กรดแก่หรือเบสแก่เมื่อละลายน้ำถือว่าแตกตัวได้สมบูรณ์ ส่วนกรดอ่อนหรือเบสอ่อนแตกตัวได้บางส่วน ความสามารถในการแตกตัวหรือความแรงของกรดหรือเบสพิจารณาจากค่าคงที่การแตกตัวหรือร้อยละการแตกตัว นอกจากนี้เกลือบางชนิดสามารถแตกตัวในน้ำและเกิดปฏิกิริยาไฮโดรลิซิสได้ ทำให้ได้สารละลายที่มีสมบัติเป็นกรดหรือเบส ความเป็นกรด-เบสของสารละลายพิจารณาจากความเข้มข้นของไฮโดรเนียมไอออน ซึ่งใช้ในการคำนวณ pH ของสารละลาย</p> <p>- ปฏิกิริยาเคมีระหว่างสารละลายกรดและเบสที่พอดิกัน เรียกว่า ปฏิกิริยาสะเทิน ซึ่งให้</p>	27	20

ตาราง 1 (ต่อ)

ที่	หน่วยการเรียนรู้	ผลการเรียนรู้	สาระสำคัญ	เวลา (ชั่วโมง)	น้ำหนักคะแนน
			<p>ผลิตภัณฑ์เป็นเกลือที่อาจมีสมบัติเป็นกรดกลาง หรือเบส ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดของกรดและเบสที่ทำปฏิกิริยากัน</p> <p>- จุดที่สารทำปฏิกิริยาพอดีกัน เรียกว่า จุดสมมูล สำหรับปฏิกิริยาระหว่างกรดและเบส อาจสังเกตจุดสมมูลได้จากการเปลี่ยนสีของอินดิเคเตอร์ที่เหมาะสมระหว่างการไทเทรตที่เรียกว่า จุดยุติ ซึ่งใกล้เคียงกับจุดสมมูล ข้อมูลจากการไทเทรตสามารถนำมาใช้คำนวณความเข้มข้นหรือปริมาตรของสารที่เกี่ยวข้องในปฏิกิริยาได้</p> <p>- สารละลายบัฟเฟอร์มีสมบัติในการควบคุม pH ของสารละลายไม่ให้เกิดการเปลี่ยนแปลงมากนัก เมื่อมีการเติมกรด เบส หรือน้ำลงไปเล็กน้อย ความรู้เกี่ยวกับกรด-เบสสามารถนำไปใช้ประโยชน์หรือแก้ปัญหาในชีวิตประจำวันได้</p>		
สอบกลางภาค				3	30
2	เคมีไฟฟ้า	11-19	<p>- เคมีไฟฟ้าเป็นการศึกษาปฏิกิริยาเคมีที่เกี่ยวข้องกับพลังงานไฟฟ้า โดยปฏิกิริยาเคมีถ่ายโอนอิเล็กตรอนระหว่างสาร เรียกว่า ปฏิกิริยารีดอกซ์ ประกอบด้วยครึ่งปฏิกิริยาออกซิเดชันของตัวรีดิวซ์ซึ่งให้อิเล็กตรอน และครึ่งปฏิกิริยารีดักชันของตัวออกซิไดส์ซึ่งรับอิเล็กตรอน ความสามารถในการให้หรือรับอิเล็กตรอนในปฏิกิริยารีดอกซ์ สังเกตได้จากการทดลอง การดุลสมการรีดอกซ์ทำได้โดยวิธีเลขออกซิเดชันหรือวิธีครึ่งปฏิกิริยา</p>	27	20

ตาราง 1 (ต่อ)

ที่	หน่วยการเรียนรู้	ผลการเรียนรู้	สาระสำคัญ	เวลา (ชั่วโมง)	น้ำหนักคะแนน
			<ul style="list-style-type: none"> <li>- เซลล์เคมีไฟฟ้าประกอบด้วยขั้วไฟฟ้าและอิเล็กโทรไลต์ ซึ่งอาจเชื่อมต่อแต่ละครึ่งเซลล์ด้วยสะพานเกลือหรือเยื่อ โดยขั้วไฟฟ้าที่เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันเรียกว่า แอโนด และขั้วไฟฟ้าที่เกิดปฏิกิริยารีดักชันเรียกว่า แคโทด เซลล์เคมีไฟฟ้าสามารถเขียนแสดงได้ด้วยแผนภาพเซลล์</li> <li>- ค่าศักย์ไฟฟ้าของเซลล์คำนวณได้จากค่าศักย์ไฟฟ้าของครึ่งเซลล์ ถ้ามีค่าเป็นบวกแสดงว่าปฏิกิริยารีดอกซ์เกิดขึ้นได้เองซึ่งพบในเซลล์กัลวานิก แต่ถ้ามีค่าเป็นลบแสดงว่าปฏิกิริยารีดอกซ์เกิดได้เอง ต้องมีการให้พลังงานไฟฟ้าจากแหล่งกำเนิดไฟฟ้าภายนอก จึงจะเกิดปฏิกิริยาซึ่งพบในเซลล์อิเล็กโทรลิติก</li> <li>- ความรู้เกี่ยวกับเซลล์เคมีไฟฟ้าทั้งเซลล์กัลวานิกและเซลล์อิเล็กโทรลิติกสามารถนำไปใช้ในการผลิตแบตเตอรี่ การชุบโลหะ การแยกสลายด้วยไฟฟ้า การทำโลหะให้บริสุทธิ์ การป้องกันการกัดกร่อนของโลหะ และการพัฒนาเทคโนโลยีที่นำไปสู่นวัตกรรมด้านพลังงานที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม</li> </ul>		
			สอบปลายภาค	3	30
			รวมทั้งสิ้น ตลอดภาคเรียน	60	100

จากการศึกษาคำอธิบายรายวิชา ผลการเรียนรู้ และโครงสร้างรายวิชาเคมี 4 (เพิ่มเติม) รหัสวิชา ว30224 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี โรงเรียนโพ้นทองพัฒนวิทยา สรุปได้ว่า รายวิชาเคมี 4 (เพิ่มเติม) รหัสวิชา ว30224 จำนวน 1.5 หน่วยกิต

เวลา 60 ชั่วโมง ประกอบด้วยหน่วยการเรียนรู้ 2 หน่วยการเรียนรู้ ได้แก่ หน่วยการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง กรด-เบส และหน่วยการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง เคมีไฟฟ้า โดยในหน่วยการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง เคมีไฟฟ้า เนื้อหาที่มีความซับซ้อนทำความเข้าใจได้ยาก ทำให้นักเรียนเกิดความสับสนและไม่เข้าใจ เนื่องจากเนื้อหามีความเป็นนามธรรม และไม่สามารถมองเห็นด้วยตาเปล่า ส่งผลให้นักเรียนไม่สามารถอธิบายปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นในระดับอนุภาคได้ ผู้วิจัยจึงได้จัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานผ่านระบบออนไลน์ เรื่อง เคมีไฟฟ้า เพื่อพัฒนาการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียน

### การจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

#### 1. ทฤษฎีการเรียนรู้พื้นฐานของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

การจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เป็นการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งเน้นให้ผู้เรียนสร้าง ปรับปรุง และแก้ไขแบบจำลองเพื่อนำไปใช้ในการอธิบายหรือทำนายปรากฏการณ์ต่าง ๆ ที่ได้ศึกษา โดยมีทฤษฎีการเรียนรู้ที่เป็นพื้นฐาน คือ ทฤษฎีการสร้างความรู้ด้วยตนเอง (Constructivism)

ชัยวัฒน์ สุทธิรัตน์ (2553) กล่าวว่า แนวคิดการจัดการเรียนรู้แบบคอนสตรัคติวิซึมของ Piaget การเรียนรู้ตามแนวคอนสตรัคติวิซึมเป็นกระบวนการที่เกิดขึ้นภายในผู้เรียน ผู้เรียนเป็นผู้สร้าง (Construct) ความรู้จากสัมพันธ์ระหว่างสิ่งที่พบเห็นกับความรู้ความเข้าใจที่มีอยู่เดิม โดยผู้เรียนสร้างเสริมความรู้ผ่านกระบวนการทางจิตวิทยาด้วยตนเอง ผู้สอนไม่สามารถปรับเปลี่ยนโครงสร้างทางปัญญาของผู้เรียนได้ แต่ผู้สอนสามารถช่วยผู้เรียนปรับเปลี่ยนโครงสร้างทางปัญญาได้โดยจัดสภาพการณ์ที่ทำให้เกิดภาวะไม่สมดุลขึ้น

ลักขณา สิริวัฒน์ (2557) กล่าวว่า ทฤษฎีการสร้างความรู้ด้วยตนเอง (Constructivism) จัดเป็นทฤษฎีการเรียนรู้กลุ่มปัญญานิยม (Cognitive Psychology) มีรากฐานมาจากผลงานของออสซูเบล (Ausubel) และเพียเจต์ (Piaget) ซึ่งสามารถสรุปหลักการสำคัญได้ดังรายละเอียดต่อไปนี้

หลักการสำคัญของทฤษฎีการสร้างความรู้ด้วยตนเอง ประกอบด้วย

1. ผู้เรียนเป็นผู้สร้าง (Construct) ความรู้จากความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งที่พบเห็นกับความรู้ความเข้าใจที่มีอยู่เดิม โดยใช้กระบวนการทางปัญญา (Cognitive Apparatus) ของตน

2. การเรียนรู้ตามแนวคอนสตรัคติวิสต์ (Constructivism) โดยโครงสร้าง

ทางปัญญาเป็นผลของความพยายามทางความคิด ผู้เรียนสร้างเสริมความรู้ผ่านกระบวนการทางจิตวิทยาด้วยตนเอง ผู้สอนไม่สามารถปรับเปลี่ยนโครงสร้างทางปัญญาของผู้เรียนได้ แต่ผู้สอนสามารถช่วยผู้เรียนปรับเปลี่ยนโครงสร้างทางปัญญาได้โดยจัดสภาพที่ทำให้เกิดภาวะไม่สมดุลขึ้น

3. การที่ผู้เรียนไม่ได้รับเอาข้อมูลและเก็บข้อมูลความรู้ขึ้นมาเป็นของตนเองทันที แต่จะแปลความหมายของข้อมูลความรู้เหล่านั้น โดยประสบการณ์ของตนและเสริมขยายและทดสอบการแปลความหมายของตนด้วย

4. การเรียนรู้เกิดขึ้นได้จากการที่แต่ละบุคคลได้สร้างความรู้ขึ้นและทำให้สำเร็จโดยผ่านกระบวนการของความสมดุล ซึ่งกลไกของความสมดุลเป็นการปรับตัวของตนเองให้เข้ากับสิ่งแวดล้อมเพื่อให้อยู่ในสภาพสมดุลที่ประกอบด้วยกระบวนการ 2 ประการ คือ

4.1 การซึมซับหรือดูดซับ (Assimilation) เป็นกระบวนการที่มนุษย์มีปฏิสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อมและซึมซับหรือดูดซับเอาประสบการณ์ใหม่เข้าสู่ประสบการณ์เดิมที่เหมือนหรือคล้ายคลึงกัน โดยสมองจะปรับเอาประสบการณ์ใหม่เข้ากับความคิด ความรู้ในโครงสร้างที่เกิดจากการเรียนรู้เดิมที่มีอยู่

4.2 การปรับโครงสร้างทางปัญญา (Accommodation) เป็นกระบวนการที่ต่อเนื่องมาจากกระบวนการซึมซับหรือดูดซับ คือ เมื่อได้ซึมซับเอาประสบการณ์ใหม่เข้าไปในโครงสร้างเดิมแล้วก็จะทำการปรับประสบการณ์ใหม่ให้เข้ากับโครงสร้างของความรู้เดิมที่มีอยู่ในสมองก่อนแล้ว แต่ถ้าเข้ากันไม่ได้ก็จะทำการสร้างโครงสร้างใหม่ขึ้นมาเพื่อรับประสบการณ์ใหม่นั้น

สุมาลี ชัยเจริญ (2559) กล่าวว่า ทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ มีรากฐานมาจากทฤษฎีพัฒนาการเชอว์ปีญญาของ Piaget เรียกว่า คอนสตรัคติวิสต์เชิงปัญญา (Cognitive Constructivism) และของ Vygotsky เรียกว่า คอนสตรัคติวิสต์เชิงสังคม (Social Constructivism) ซึ่งเน้นเกี่ยวกับบริบททางสังคมแนวคิดของทฤษฎีนี้มุ่งเน้นการสร้างมากกว่าการรับความรู้ โดยเชื่อว่าการเรียนรู้เป็นกระบวนการที่เกิดขึ้นภายในของผู้เรียน โดยมีผู้เรียนเป็นผู้สร้างความรู้จากความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งที่พบเห็นกับความรู้ความเข้าใจเดิมที่มีมาก่อน โดยพยายามนำความเข้าใจเกี่ยวกับเหตุการณ์และปรากฏการณ์ที่ตนพบเห็นมาสร้างเป็นโครงสร้างทางปัญญา (Cognitive Structure) หรือที่เรียกว่า สกีม่า (Schema) ซึ่งเป็นหน่วยที่เล็กที่สุดของโครงสร้างทางปัญญาหรือโครงสร้างของความรู้ในสมอง โครงสร้างทางปัญญานี้จะประกอบด้วย ความหมายของสิ่งต่าง ๆ ที่ใช้ภาษา หรือเกี่ยวกับเหตุการณ์หรือสิ่งที่แต่ละบุคคลมีประสบการณ์หรือเหตุการณ์ อาจเป็นความเข้าใจหรือความรู้ของแต่ละบุคคล โครงสร้างทางปัญญาของบุคคลจะมีการพัฒนาโดยผ่านกระบวนการดูดซับ (Assimilation) ซึ่งเป็นการนำสิ่งแวดล้อมภายนอกหรือความรู้ใหม่เข้ามาเพิ่มหรือขยายในโครงสร้างทางปัญญา และการปรับโครงสร้างทางปัญญา (Accommodation) เป็นการปรับโครงสร้างทางปัญญาให้เข้ากับสิ่งแวดล้อมใหม่ โดยการเชื่อมโยงระหว่างความรู้เดิมหรือโครงสร้างทางปัญญา

เดิมกับข้อมูลหรือสารสนเทศใหม่จากสิ่งแวดล้อมที่มีความขัดแย้งหรือแตกต่างกับโครงสร้างทางปัญญาเดิม โดยการเชื่อมโยงกับประสบการณ์เดิมหรือสกีมาของตนเอง เพื่อให้ปรับเข้าสู่สภาพสมดุล (Equilibrium) ของแต่ละบุคคล หรือเกิดการเรียนรู้

สุรางค์ โค้วตระกูล (2559) กล่าวว่า ทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์มีรากฐานมาจาก 2 แหล่ง คือ ทฤษฎีพัฒนาการของเพียเจต์ และวิกอทสกี ทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ จึงแบ่งออกเป็น 2 ทฤษฎี คือ

1. Cognitive Constructivism หมายถึง ทฤษฎีการเรียนรู้พุทธิปัญญานิยมที่มีรากฐานมาจากทฤษฎีพัฒนาการของเพียเจต์ ทฤษฎีนี้ถือว่านักเรียนเป็นผู้กระทำ (Active) และเป็นผู้สร้างความรู้ขึ้นในใจเอง ปฏิสัมพันธ์ทางสังคมมีบทบาทในการก่อให้เกิดความสมดุลทางพุทธิปัญญาขึ้น เป็นเหตุให้นักเรียนปรับความเข้าใจเดิมที่มีอยู่ให้เข้ากับข้อมูลข่าวสารใหม่จนกระทั่งเกิดความสมดุลทางพุทธิปัญญา หรือเกิดความรู้ใหม่ขึ้น

2. Social Constructivism เป็นทฤษฎีที่มีพื้นฐานมาจากทฤษฎีพัฒนาการของวิกอทสกีซึ่งถือว่านักเรียนสร้างความรู้ด้วยการมีปฏิสัมพันธ์ทางด้านสังคมกับผู้อื่น (ผู้ใหญ่หรือเพื่อน) ในขณะที่นักเรียนมีส่วนร่วมในกิจกรรมหรืองาน ในสภาวะสังคม (Social Context) ซึ่งเป็นตัวแปรที่สำคัญและขาดไม่ได้ ปฏิสัมพันธ์ทางสังคมทำให้นักเรียนสร้างความรู้ด้วยการเปลี่ยนแปลงความเข้าใจเดิมให้ถูกต้องหรือซับซ้อนกว้างขวางขึ้น

ทิศนา แคมมณี (2560) กล่าวว่า แนวคิด Constructivism เกี่ยวข้องกับธรรมชาติของความรู้ของมนุษย์ มีความหมายทั้งในเชิงจิตวิทยาและเชิงสังคมวิทยา ทฤษฎีด้านจิตวิทยา เริ่มต้นจาก ยีน เพียเจต์ (Jean Piaget) ซึ่งเสนอว่า การเรียนรู้ของเด็กเป็นกระบวนการส่วนบุคคลมีความเป็นอัตนัย ไวกอทสกี (Vygotsky) ได้ขยายขอบเขตการเรียนรู้ของแต่ละบุคคลว่าเกิดจากการสื่อสารทางภาษากับบุคคลอื่น สำหรับด้านสังคมวิทยา อีมิลล์ ดาร์กฮีม (Emile Durkheim) และคณะ เชื่อว่าสภาพแวดล้อมทางสังคมมีผลต่อการเสริมสร้างความรู้ใหม่

ทฤษฎีการเรียนรู้ตามแนว Constructivism จัดเป็นทฤษฎีการเรียนรู้กลุ่มปัญญานิยม (Cognitive Psychology) มีรากฐานมาจากผลงานของ ออซูเบล (Ausubel) และเพียเจต์ (Piaget)

1. ประเด็นสำคัญประการแรกของทฤษฎีการเรียนรู้ตาม Constructivism คือ ผู้เรียนเป็นผู้สร้าง (Construct) ความรู้จากความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งที่พบเห็นกับความรู้ความเข้าใจที่มีอยู่เดิม โดยใช้กระบวนการทางปัญญา (Cognitive Apparatus) ของตน

2. ประเด็นสำคัญประการที่สองของทฤษฎี คือ การเรียนรู้ตามแนว Constructivism คือ โครงสร้างทางปัญญา เป็นผลของความพยายามทางความคิด ผู้เรียนสร้างเสริมความรู้ผ่านกระบวนการทางจิตวิทยาด้วยตนเอง ผู้สอนไม่สามารถปรับเปลี่ยนโครงสร้างทางปัญญา



ของผู้เรียนได้ แต่ผู้สอนสามารถช่วยผู้เรียนปรับเปลี่ยนโครงสร้างทางปัญญาได้โดยจัดสภาพการณ์ที่ทำให้เกิดภาวะไม่สมดุลขึ้น

จากการศึกษาความหมายของแนวคิดของทฤษฎีการสร้างความรู้ด้วยตนเอง (Constructivism) ข้างต้นสรุปได้ว่า ทฤษฎีการสร้างความรู้ด้วยตนเอง (Constructivism) แบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่ คอนสตรัคติวิสต์เชิงปัญญา (Cognitive Constructivism) มีรากฐานมาจากทฤษฎีพัฒนาการของเพียเจต์ (Piaget) และคอนสตรัคติวิสต์เชิงสังคม (Social Constructivism) มีรากฐานมาจากทฤษฎีพัฒนาการของวิกอทสกี (Vygotsky) เป็นทฤษฎีที่ว่าด้วยการสร้างองค์ความรู้ของผู้เรียน ซึ่งเป็นกระบวนการที่เกิดขึ้นภายในของผู้เรียน โดยผู้เรียนเป็นผู้สร้างความรู้จากความสัมพันธ์ระหว่างประสบการณ์หรือสิ่งที่พบเห็นในสิ่งแวดล้อมที่ผู้เรียนเกิดการปฏิสัมพันธ์ โดยเชื่อมโยงความรู้เดิมมาสร้างเป็นความเข้าใจเกิดเป็นโครงสร้างทางปัญญา (Cognitive Structure) หรือที่เรียกว่า สกีมา (Schema) โดยผู้เรียนสร้างเสริมความรู้ผ่านกระบวนการทางจิตวิทยาด้วยตนเอง ผู้สอนไม่สามารถปรับเปลี่ยนโครงสร้างทางปัญญาของผู้เรียนได้ แต่ผู้สอนสามารถช่วยผู้เรียนปรับเปลี่ยนโครงสร้างทางปัญญาได้โดยจัดสภาพการณ์ที่ทำให้เกิดภาวะไม่สมดุลขึ้น

## 2. ความหมายของแบบจำลอง

Harrison & Treagust (2000) กล่าวว่า แบบจำลอง หมายถึง การใช้รูปร่าง และแบบแผนที่เสมือนจริงแสดงลักษณะของระบบ ซึ่งทำให้ลักษณะที่สำคัญมีความเด่นชัดและมองเห็นได้ เพื่อสร้างความเข้าใจ ก่อให้เกิดคำอธิบายหรือการทำนายเกี่ยวกับปรากฏการณ์ทางกายภาพ

Justi & Gilbert (2002) กล่าวว่า แบบจำลองและกระบวนการสร้างแบบจำลองมีความสำคัญต่อวิทยาศาสตร์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในวิชาเคมี แบบจำลองสามารถทำให้เข้าใจแนวคิดต่าง ๆ ได้ง่ายขึ้น มองเห็นสิ่งที่เป็นามธรรมให้เป็นรูปธรรมได้ ช่วยในการมองเห็นปรากฏการณ์ต่าง ๆ และสามารถใช้อธิบายปรากฏการณ์ทางธรรมชาติได้ การสร้างแบบจำลองจะมีวัตถุประสงค์ที่เฉพาะเจาะจง แบบจำลองที่สร้างขึ้นที่มีขนาดเล็กกว่าเป้าหมาย เช่น แบบจำลองรถไฟ หรือมีขนาดใหญ่ใกล้เคียงกับเป้าหมาย เช่น แบบจำลองอวัยวะมนุษย์ หรือมีขนาดใหญ่กว่าเป้าหมายก็ได้ เช่น แบบจำลองของไวรัส

Gilbert & Ireton (2003) กล่าวว่า แบบจำลองเป็นคำที่แปลมาจากภาษาอังกฤษจากคำว่า Model ทั้งนี้ได้มีผู้ให้คำแปลภาษาไทยโดยใช้คำว่า โมเดล แบบจำลอง ต้นแบบ แบบแผน ตัวแบบ ซึ่งแบบจำลองมีความหมายว่าสิ่งที่นักวิทยาศาสตร์สร้างขึ้นเพื่อใช้อธิบายแนวคิด หลักการ ทฤษฎี กฎ หรืออาจกล่าวได้ว่าแบบจำลอง คือ ระบบของวัตถุหรือสัญลักษณ์ที่ใช้เป็นตัวแทนของระบบอื่น ๆ ที่เรียกว่า "เป้าหมาย" ซึ่งได้แก่ ระบบแนวคิด วัตถุ เหตุการณ์ กระบวนการ หรือปรากฏการณ์ต่าง ๆ

Schwarz et al. (2009) ได้ให้ความหมายแบบจำลองไว้ว่า เป็นสิ่งที่ทำให้เข้าถึงวิทยาศาสตร์และเป็นศูนย์กลางของการรู้เรื่องวิทยาศาสตร์

ชาตรี ฝ่ายคำตา และ ภรติพย์ สุภัทรชัยวงศ์ (2557) ได้ให้ความหมายแบบจำลองไว้ว่า เป็นสิ่งที่นักวิทยาศาสตร์นำไปใช้เพื่ออธิบายหลักการ แนวคิด ทฤษฎี หรือกฎ หรือเป็นตัวแทนของ วัตถุ แนวคิด กระบวนการ หรือระบบที่นำไปเชื่อมโยงระหว่างทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์กับความจริง

จากการศึกษาความหมายของแบบจำลองข้างต้นสรุปได้ว่า แบบจำลอง หมายถึง สิ่งที่ใช้เป็นตัวแทนในการอธิบายแนวคิด หลักการ ทฤษฎี กฎ รวมถึงปรากฏการณ์ต่าง ๆ ทำให้มองเห็นที่เป็นนามธรรมให้เป็นรูปธรรมได้

### 3. ประเภทของแบบจำลอง

Harrison & Treagust (2000) ได้ศึกษาความเหมือนและแบบจำลองที่ใช้ในการสอนและการเรียนรู้ในบทเรียนทางวิทยาศาสตร์บนพื้นฐานแบบจำลองที่เรียกว่า แบบจำลองเชิงเทียบ (Analogical Models) จนสามารถจัดประเภทของแบบจำลองตามวัตถุประสงค์และหน้าที่ของแบบจำลองแต่ละประเภทรวมแบ่งได้ทั้งหมด 10 ประเภท ดังนี้

1. แบบจำลองมาตราส่วน (Scale Models) คือ แบบจำลองที่สะท้อนลักษณะภายนอก ขนาด สี รูปร่าง และโครงสร้างของสิ่งที่ต้องการสร้างขึ้นเป็นแบบจำลอง เช่น แบบจำลองสัตว์ต่าง ๆ พืช รถยนต์ หรือตุ๊กตาของเล่น เป็นต้น

2. แบบจำลองเชิงเทียบที่ใช้ในการสอน (Pedagogical Analogical Models) คือ แบบจำลองที่แสดงโครงสร้างของสิ่งที่ไม่สามารถสังเกตได้โดยตรง ซึ่งมีลักษณะเสมือนกับแบบตำหน่งต่อตำหน่งและเน้นที่ลักษณะสำคัญ มักทำจากวัสดุ เช่น การใช้วัตถุกลมและแท่งทรงกระบอกเชื่อมต่อกันเป็นแบบจำลองของอะตอมและโมเลกุล เป็นต้น

3. แบบจำลองที่เป็นสัญลักษณ์ (Iconic and Symbolic Models) คือ แบบจำลองที่มีลักษณะเป็นสัญลักษณ์ สูตร หรือสมการ มักใช้ในทางเคมีเพื่ออธิบายและสื่อออกมาเป็นแบบจำลอง เช่น แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์แทนด้วยสัญลักษณ์  $\text{CO}_2$  หรืออยู่ในรูป  $\text{O}=\text{C}=\text{O}$

4. แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ (Mathematical Models) คือ แบบจำลองที่แสดงความสัมพันธ์ทางคณิตศาสตร์ในองค์ประกอบและกระบวนการทางกายภาพ ซึ่งแสดงได้เป็นสมการและกราฟ เช่น กฎการเคลื่อนที่ข้อที่สองของนิวตันเขียนแทนได้เป็น  $F = ma$  หรือกฎของบอยล์เขียนความสัมพันธ์ได้เป็น  $k = PV$  เป็นต้น โดยแบบจำลองประเภทนี้มีความเป็นนามธรรมแม่นยำและทำนายได้มากที่สุดจากบรรดาแบบจำลองทั้งหมด และนักเรียนควรที่จะสามารถพูดหรือเขียนอธิบายจากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์นี้ได้ด้วย



5. แบบจำลองทางทฤษฎี (Theoretical Models) คือ แบบจำลองที่สร้างขึ้นบนพื้นฐานของลักษณะทางทฤษฎีเพื่อใช้ในการบรรยายและอธิบาย เช่น การเขียนเส้นแม่เหล็กไฟฟ้าเพื่อใช้แทนแรงและโฟตอน เป็นต้น

6. การใช้แผนที่แผนผังและตารางเป็นแบบจำลอง (Maps, Diagrams and Tables) เป็นแบบจำลองที่เป็นตัวแทนของแบบแผน เส้นทาง และความสัมพันธ์ที่นักเรียนสามารถสังเกตและจำแนกได้โดยง่าย มีลักษณะเป็นสองมิติ เช่น ตารางธาตุ ผังต้นไม้แสดงวิวัฒนาการแผนที่อากาศ แผนที่วงจรไฟฟ้า ระบบไหลเวียนโลหิต แผนที่แสดงห่วงโซ่อาหาร เป็นต้น

7. แบบจำลองเชิงมโนทัศน์และกระบวนการ (Concept-Process Models) เป็นแบบจำลองที่เน้นการอธิบายกระบวนการในมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ เช่น สมการรีดอกซ์และสมดุลทางเคมี การอธิบายการหักเหของแสงโดยวาดเป็นวงกลมเป็นในลักษณะแถวเรียงกันเคลื่อนที่เปลี่ยนตัวกลางที่ต่างกัน เป็นต้น

8. สถานการณ์จำลอง (Simulations) เป็นแบบจำลองที่มีลักษณะเคลื่อนไหวโดยแสดงกระบวนการที่ซับซ้อนและยุ่งยากในการทำความเข้าใจ เช่น การแสดงเที่ยวบินของอากาศยาน ปฏิกริยานิวเคลียร์ การเกิดภาวะโลกร้อน เป็นต้น โดยแบบจำลองนี้มีข้อดีที่ไม่เป็นอันตรายต่อชีวิตและทรัพย์สินเนื่องจากเป็นสถานการณ์เสมือน

9. แบบจำลองทางความคิด (Mental Models) เป็นแบบจำลองของบุคคลที่เกิดจากกระบวนการทางสติปัญญา

10. แบบจำลองสังเคราะห์ (Synthetic Models) เป็นแบบจำลองที่นักเรียนสร้างขึ้นเมื่อเรียนจบบทเรียนทางวิทยาศาสตร์ เช่น นักเรียนเปรียบเทียบไขกับชั้นอิเล็กทรอนิกส์ที่สามารถช่วยปกป้องโครงสร้างของมันได้ เป็นต้น

Gilbert (2005, อ้างถึงใน ชาตรี ฝ่ายคำตา และ ภรทิพย์ สุภัทรชัยวงศ์, 2557) ได้แบ่งประเภทของแบบจำลอง โดยอาศัยลักษณะที่แตกต่างกันของแบบจำลองเป็นเกณฑ์ แบ่งเป็น 8 ประเภท ดังนี้

1. แบบจำลองทางความคิด (Mental Models) เป็นแบบจำลองเฉพาะของแต่ละบุคคลที่สร้างขึ้นโดยบุคคลนั้น ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของความรู้ที่อยู่ภายในจึงถือว่าเป็นแบบจำลองของบุคคล (Personal Model) ที่อธิบายเกี่ยวกับปรากฏการณ์ธรรมชาติอาจมีระดับของความสอดคล้องกับความรู้ทางวิทยาศาสตร์ในระดับต่าง ๆ กัน ดังนั้นจึงเป็นการยากที่จะทำให้ผู้อื่นเข้าใจแบบจำลองทางความคิดของบุคคลนั้น

2. แบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ (Scientific Models) เป็นแบบจำลองที่ได้รับการยอมรับจากประชาคมวิทยาศาสตร์ ซึ่งแสดงความคิดเกี่ยวกับกระบวนการที่เกิดขึ้นในโลก เช่น แบบจำลองแสดงวัฏจักรของน้ำ แบบจำลอง DNA ของ Watson and Crick เป็นต้น แบบจำลองทาง

วิทยาศาสตร์หรือแบบจำลองแนวคิด (Conceptual Model) สามารถแสดงออกมาได้หลายรูปแบบ ไม่ว่าจะเป็นไดอะแกรม แผนผัง โปรแกรมคอมพิวเตอร์ หรือสมการทางคณิตศาสตร์ โดยครูจะนำเสนอแบบจำลองแนวคิดให้กับนักเรียนเพื่อทำให้นักเรียนเข้าใจปรากฏการณ์ธรรมชาติได้ง่ายขึ้น แต่ยังคงความหมายและความเข้าใจเช่นเดียวกันกับที่นักวิทยาศาสตร์เข้าใจ แบบจำลองแนวคิดต่างกับแบบจำลองทางความคิด ตรงที่แบบจำลองแนวคิดเป็นเครื่องมือสำหรับสร้างความเข้าใจหรือการสอนเกี่ยวกับปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นในธรรมชาติ แต่แบบจำลองทางความคิดเป็นสิ่งที่เกิดในหัวของคน และเป็นส่วนผลักดันการกระทำของเขา

3. แบบจำลองประวัติศาสตร์ (Historical Models) เป็นแบบจำลองที่เคยได้รับการยอมรับจากประชาคมวิทยาศาสตร์ เช่น แบบจำลองอะตอมของโบร์ เป็นต้น

4. แบบจำลองที่แสดงออก (Expressed Models) เป็นการนำเสนอแบบจำลองทางความคิดเพื่อสื่อสารให้ผู้อื่นรับรู้ ทำให้แบบจำลองทางความคิดชัดเจนมากขึ้น

5. แบบจำลองมติของกลุ่ม (Consensus Models) เป็นแบบจำลองที่ได้รับการยอมรับจากกลุ่มผู้ศึกษาเรื่องนั้น ๆ เช่น แบบจำลองที่ได้จากการลงมติของผู้เรียนในชั้นเรียน เป็นต้น

6. แบบจำลองหลักสูตร (Curricular Models) เป็นแบบจำลองที่อยู่ในรูปแบบที่ง่ายขึ้น มีจุดประสงค์เพื่อทำให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เช่น แบบจำลองแบบจุดของสิวอิสที่ใช้แสดงโครงสร้างอะตอมและการสร้างพันธะของสาร เป็นต้น

7. แบบจำลองการสอน (Teaching Model) เป็นแบบจำลองที่สร้างขึ้นเพื่อส่งเสริมการเรียนรู้ของผู้เรียนเพื่อให้นักเรียนเข้าใจแบบจำลองหลักสูตรมากขึ้น เช่น การใช้การอุปมาอุปมัยระหว่างระบบสุริยะจักรวาลกับโครงสร้างอะตอม เป็นต้น

8. แบบจำลองผสม (Hybrid Model) เป็นแบบจำลองที่เกิดจากการใช้ลักษณะของแบบจำลองหลาย ๆ ประเภทร่วมกัน เช่น ในตอนเริ่มต้นการสอนเรื่องแบบจำลองอะตอมในชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย อาจใช้แบบจำลองของโบร์ แต่ในระดับอุดมศึกษาอาจใช้แบบจำลองของชโรดิงเจอร์เข้ามาช่วยอธิบายให้ชัดเจนมากขึ้น

Frigg & Hartmann (2006) ได้จำแนกประเภทของแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ออกเป็น 3 ประเภท ดังนี้

1. แบบจำลองวัตถุ (Physical Object) เป็นแบบจำลองที่เป็นวัตถุ เช่น แบบจำลองเรือ แบบจำลอง DNA ของวัตสันและครีกส์ แบบจำลองอวัยวะภายในต่าง ๆ แบบจำลองประดิษฐ์ (Fictional Objects) เป็นแบบจำลองที่แสดงให้เห็นหน้าที่การทำงาน เน้นให้เห็นลักษณะกลไกการทำงานของแบบจำลอง

2. แบบจำลองโครงสร้างทฤษฎี (Set-theoretic Structures) เป็นแบบจำลองแสดงความสัมพันธ์ของทฤษฎี เช่น แบบจำลองทางคณิตศาสตร์

3. แบบจำลองพรรณนา (Descriptions) เป็นแบบจำลองที่นำเสนอรายละเอียดความสัมพันธ์ภายในระบบ เป็นการอธิบายแบบจำลอง เช่น แบบจำลองระบบสุริยะ อธิบายได้ว่าประกอบด้วยดาวเคราะห์เป็นรูปร่างของดาวเคราะห์ไปรอบดวงอาทิตย์

จากการศึกษาประเภทของแบบจำลองข้างต้นสรุปได้ว่า แบบจำลองสามารถแบ่งออกได้หลายประเภท ขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ในการอธิบายแบบจำลองนั้น ๆ หน้าที่ของแบบจำลองแต่ละประเภท และลักษณะการนำไปใช้งานของแบบจำลอง

#### 4. ลักษณะและข้อจำกัดของแบบจำลอง

Gilbert & Ireton (2003) ถึงแม้ว่าแบบจำลองจะแบ่งออกเป็นหลายประเภท แต่อย่างไรก็ตามแบบจำลองเหล่านี้มีลักษณะที่สำคัญ ได้เสนอไว้ดังนี้

1. ไม่เป็นของจริง (Artificial) เพราะแบบจำลองทุกชนิดเป็นสิ่งที่มนุษย์สร้างขึ้นจริงไม่ได้เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ เพื่อใช้เป็นตัวแทนของสิ่งอื่น ๆ ซึ่งคำว่าไม่เป็นของจริงในที่นี้ไม่ได้หมายความว่า เป็นของปลอม

2. คำนึงถึงประโยชน์เป็นหลัก (Utilitarian) แบบจำลองถูกสร้างขึ้นเพื่อวัตถุประสงค์บางอย่าง กล่าวคือ มักจะใช้เป็นตัวแทนบางส่วนของเป้าหมายแทนที่จะใช้เป็นตัวแทนของเป้าหมายทั้งหมด เช่น แบบจำลองของโลกจะใช้ประโยชน์เพื่ออธิบายลักษณะทางภูมิศาสตร์แต่จะไม่ใช้เพื่อการศึกษากระบวนการทางธรณีวิทยา เป็นต้น

3. ง่าย (Simplified) แบบจำลองที่ถูกสร้างขึ้นจะต้องมีกระบวนการสร้างแบบง่าย ๆ ไม่ซับซ้อนและมีข้อมูลหรือรายละเอียดน้อยกว่าเป้าหมาย

4. ต้องตีความหมาย (Interpreted) แบบจำลองจะต้องตีความหมายเพื่อทำความเข้าใจในสิ่งที่เป้าหมาย การตีความหมายของแบบจำลองจะง่ายไม่เท่ากันขึ้นอยู่กับประเภท

5. มีความไม่สมบูรณ์ (Imperfect) แบบจำลองทุกชนิดจะไม่มี ความสมบูรณ์ในการเป็นตัวแทนของเป้าหมาย เนื่องจากมีเฉพาะเป้าหมายเท่านั้นที่ถือว่าสมบูรณ์ที่สุด

Valk et al. (2007 อ้างถึงใน ศุภกาญจน์ รัตนกร, 2552) ได้ระบุลักษณะสำคัญของแบบจำลองไว้ 8 ลักษณะ ดังต่อไปนี้

1. แบบจำลองมีความสัมพันธ์กับเป้าหมาย และถูกออกแบบมาเพื่อวัตถุประสงค์เฉพาะ ซึ่งเป้าหมายอาจเป็นสิ่งของ ปรากฏการณ์ เหตุการณ์ต่าง ๆ กระบวนการ ระบบ หรือความคิด โดยจะถูกแสดงออกมาในรูปแบบแบบจำลอง ดังนั้นจึงระบุได้ว่าอะไรคือเป้าหมาย และอะไรคือแบบจำลอง

2. แบบจำลองเป็นเครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย ซึ่งไม่สามารถสังเกตและวัดได้โดยตรง นอกจากนั้นแบบจำลองยังเป็นสิ่งที่แทนความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวกับเป้าหมายเพื่อสะดวกในการใช้ทำนายผล

3. แบบจำลองเป็นสิ่งที่นำมาเปรียบเทียบเพื่อให้เห็นความชัดเจนของเป้าหมาย และการเปรียบเทียบนั้นทำให้นักวิจัยเข้าถึงแบบจำลอง เช่น การตั้งสมมติฐานจากแบบจำลองเพื่อทำนายผล

4. แบบจำลองอาจมีการแตกต่างจากเป้าหมาย โดยที่แบบจำลองสามารถเป็นสื่อกลางในการอธิบายได้ง่ายกว่าและมีความน่าสนใจกว่า เช่น เป้าหมายอาจมีขนาดเล็กเกินไป (อะตอม) ใหญ่เกินไป (จักรวาล) มีความซับซ้อนเกินกว่าจะจินตนาการหรือสังเกตได้ เป็นเรื่องจริยธรรม (สมองของมนุษย์) เป็นต้น เป้าหมายที่กล่าวมานี้จะสามารถเก็บรวบรวมข้อมูลโดยใช้แบบจำลองได้

5. ในการเลือกใช้แบบจำลองจะเลือกใช้แบบจำลองที่สามารถใช้งานได้ง่ายกว่า

6. แบบจำลองเกี่ยวข้องกับความคิดสร้างสรรค์ในการออกแบบให้มีความสัมพันธ์กับวัตถุประสงค์ เช่น การเปรียบเทียบกับเป้าหมายและความแตกต่างจากเป้าหมาย

7. อาจมีแบบจำลองหลายรูปแบบที่ใช้ในการอธิบายเป้าหมายเดียวกัน เช่น ในการเรียนเรื่องโครงสร้างโมเลกุล รายวิชาชีวเคมีกับเคมี จะใช้แบบจำลองที่แตกต่างกันขึ้นอยู่กับความถูกต้องในการใช้งาน

8. แบบจำลองสามารถปรับปรุงให้ดีขึ้นได้

ชาตรี ฝ่ายคำตา (2563) กล่าวถึงธรรมชาติของแบบจำลองว่า แบบจำลองคือสิ่งที่นักวิทยาศาสตร์สร้างขึ้นเพื่อใช้อธิบายแนวคิด หลักการ ทฤษฎีหรือกฎ โดยแบบจำลองเป็นตัวแทนของวัตถุ แนวคิด กระบวนการหรือระบบที่เชื่อมโยงระหว่างทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์กับความจริงทำให้สามารถเข้าใจทฤษฎีได้ง่ายขึ้น รวมไปถึงนำไปใช้อธิบายและทำนายปรากฏการณ์ธรรมชาติ และช่วยทำให้มองเห็นภาพปรากฏการณ์ทางธรรมชาติที่ไม่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า โดยลักษณะทั่วไปของแบบจำลองมีดังต่อไปนี้

1. แบบจำลองมีความสัมพันธ์กับเป้าหมาย (Target) ซึ่งเป้าหมายนั้นอาจเป็นสิ่งของ ปรากฏการณ์ เหตุการณ์ กระบวนการ ระบบ ข้อเท็จจริง แนวคิด ทฤษฎีหรือกฎ

2. แบบจำลองสามารถอธิบายและทำนายปรากฏการณ์ทางธรรมชาติได้

3. แบบจำลองสามารถถูกปรับปรุงให้ดีขึ้นได้

4. แบบจำลองอาจแสดงลักษณะของปรากฏการณ์หรือวัตถุทั้งหมด เช่น ภาพวาดของหลอดทดลอง แบบจำลองอะตอม

5. แบบจำลองอาจแสดงเพียงบางส่วนของปรากฏการณ์หรือวัตถุ เช่น ภาพวาดปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นในหลอดทดลอง ภาพวาดแสดงการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอน

6. แบบจำลองอาจเล็กหรือใหญ่กว่าของจริงก็ได้ เช่น แบบจำลองวาฬ แบบจำลองไวรัส

7. แบบจำลองบางชนิดจะแสดงตัวแทนของสิ่งที่เป็นนามธรรมหรือเอกลักษณ์ เช่น การแสดงเส้นการไหลของพลังงาน การแสดงเวกเตอร์ของแรง
8. แบบจำลองสามารถแสดงทั้งสิ่งที่เป็นรูปธรรมและนามธรรมในแบบจำลองเดียว เช่น การแสดงแรงผลักดันต่อโต๊ะเรียน
9. แบบจำลองสามารถแสดงระบบหรือลำดับของสิ่งต่าง ๆ ที่มีความสัมพันธ์กัน เช่น แบบจำลองอะตอมของคาร์บอนในเพชร
10. แบบจำลองสามารถแสดงเหตุการณ์ การเกิดพฤติกรรมของระบบ เช่น แบบจำลองแสดงการเคลื่อนที่ของไอออนผ่านเยื่อเลือกผ่าน
11. แบบจำลองสามารถแสดงกระบวนการที่มีเพียงหนึ่งองค์ประกอบหรือมากกว่า เช่น แบบจำลองของเครื่องเปลี่ยนตัวเร่งปฏิกิริยาของสารประกอบไฮโดรคาร์บอน

จากการศึกษาลักษณะและข้อจำกัดแบบจำลองข้างต้นสรุปได้ว่า ถึงแม้ว่าแบบจำลองจะสามารถแบ่งได้หลายประเภทตามวัตถุประสงค์และการใช้งาน แต่หัวใจสำคัญของแบบจำลองมีเป้าหมายเพื่ออธิบายและทำนายปรากฏการณ์ทางธรรมชาติที่ยากต่อการทำความเข้าใจ ทำให้มองเห็นนามธรรมให้เป็นรูปธรรม ซึ่งการใช้แบบจำลองย่อมมีข้อจำกัด เช่น แบบจำลองทุกชนิดจะไม่มีคุณสมบัติในการเป็นตัวแทนของเป้าหมาย เนื่องจากมีเฉพาะเป้าหมายเท่านั้นที่ถือว่าสมบูรณ์ที่สุด และการใช้แบบจำลองควรเลือกใช้แบบจำลองที่แตกต่างกันขึ้นอยู่กับความถูกต้องในการนำไปใช้งาน

#### 5. ขั้นตอนของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

Gobert & Buckley (2002) ได้กำหนดขั้นตอนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ดังนี้

1. นักเรียนสร้างแบบจำลองทางความคิดเกี่ยวกับปรากฏการณ์ที่ศึกษา
2. ครูผู้สอนทำการประเมินเพื่อสรุปแบบจำลองทางความคิดของนักเรียนจากเหตุผลที่นักเรียนใช้ในการอธิบายปรากฏการณ์ที่ศึกษา
3. นักเรียนสร้างแบบจำลอง โดยนักเรียนรวบรวมข้อมูลต่าง ๆ เข้าด้วยกันทั้งข้อมูลเกี่ยวกับโครงสร้าง หน้าที่การทำงาน พฤติกรรม และสาเหตุการเกิดขึ้นของปรากฏการณ์นั้นโดยเขียนเป็นแผนผังความคิด (Concept Mapping) โดยเปรียบเทียบจากปรากฏการณ์ที่คล้ายคลึง (Analogous System) ที่นักเรียนทราบ จากนั้นตรวจสอบข้อมูลแล้วจึงลงมือสร้างแบบจำลอง
4. แก้ไขแบบจำลอง โดยนักเรียนอาจจะพบว่าแบบจำลองที่นักเรียนสร้างขึ้นถูกปฏิเสธเนื่องจากใช้อธิบายปรากฏการณ์ที่ศึกษาได้ไม่ดีพอ นักเรียนต้องกลับไปปรับปรุง (Revision) และการแก้ไขแบบจำลองเพื่อให้สามารถอธิบายปรากฏการณ์ต่าง ๆ ที่ศึกษาได้ดีขึ้น

5. ขยายแบบจำลอง โดยให้นักเรียนนำแบบจำลองเดิมไปสร้างเพิ่มเติมหรือนำไปรวมกับแบบจำลองอื่นเพื่อให้แนวคิดกว้างขึ้น

Schwarz et al. (2009) ได้เสนอแนวทางการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ด้วยแบบจำลอง ซึ่งประกอบด้วย 7 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นที่ 1 ขั้นนำเสนอปรากฏการณ์ (Anchor phenomena) ซึ่งครูนำเสนอปรากฏการณ์พร้อมทั้งคำถาม เพื่อให้นักเรียนสร้างแบบจำลองที่จะอธิบายว่าปรากฏการณ์นั้นเกิดขึ้นได้อย่างไร

ขั้นที่ 2 ขั้นสร้างแบบจำลอง (Construct a model) ซึ่งครูเปิดโอกาสให้นักเรียนสร้างแบบจำลองตามความรู้เดิมของตนเอง

ขั้นที่ 3 ขั้นทดสอบแบบจำลองด้วยหลักฐาน (Empirically test the model) ซึ่งนักเรียนทำการสืบเสาะเพื่อเก็บรวบรวมหลักฐาน เพื่อทดสอบว่าแบบจำลองนั้นสอดคล้องกับหลักฐานหรือไม่

ขั้นที่ 4 ขั้นประเมินแบบจำลอง (Evaluate the model) ซึ่งนักเรียนนำหลักฐานต่าง ๆ มาแลกเปลี่ยนกัน เพื่อประเมินว่าแบบจำลองของตนเองควรเป็นที่ยอมรับบนพื้นฐานของหลักฐานเหล่านั้นหรือไม่

ขั้นที่ 5 ขั้นเปรียบเทียบแบบจำลองของตนเองกับของผู้อื่น (Test the model against other ideas) ซึ่งนักเรียนทั้งชั้นนำแบบจำลองต่างๆ มาเปรียบเทียบกับบนพื้นฐานของหลักฐานต่าง ๆ

ขั้นที่ 6 ขั้นปรับปรุงแบบจำลอง (Revise the model) ซึ่งนักเรียนกลับมาทบทวนแบบจำลองของตนเอง และปรับปรุงแบบจำลองของตนเองให้สอดคล้องกับหลักฐานมากขึ้นและอธิบายปรากฏการณ์นั้นได้ดีขึ้น

ขั้นที่ 7 ขั้นใช้แบบจำลองเพื่อพยากรณ์หรืออธิบายปรากฏการณ์ (Use the model to predict or explain) ซึ่งนักเรียนนำแบบจำลองที่ผ่านการปรับปรุงแล้วไปพยากรณ์หรืออธิบายปรากฏการณ์อื่น ๆ ที่ใกล้เคียงกัน

Campbell et al. (2015) ได้เสนอขั้นตอนของการสอนโดยใช้แบบจำลอง ซึ่งมี 5 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นที่ 1 สสำรวจแบบจำลองทางความคิด (Exploratory Model) การที่ผู้เรียนสำรวจคุณสมบัติของแบบจำลองที่มีอยู่ก่อนหน้า โดยการมีส่วนร่วมกับแบบจำลองนั้น และสังเกตผลกระทบที่เกิดขึ้น เพื่อให้ผู้เรียนสร้างแบบจำลองทางความคิดเกี่ยวกับปรากฏการณ์ที่ศึกษา ซึ่งผู้เรียนจะต้องรวบรวมข้อมูลและเหตุผลเข้าด้วยกัน เพื่อใช้อธิบายปรากฏการณ์นั้น



ขั้นที่ 2 แสดงออกแบบจำลอง (Expressive Model) ผู้เรียนจะต้องแสดงออกถึงความคิดของตนเองเพื่อบอกหรืออธิบายปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์ โดยการสร้างแบบจำลองขึ้นหรือใช้แบบจำลองที่มีอยู่ ซึ่งสามารถแสดงได้ในรูปแบบต่าง ๆ เช่น ภาษา สัญลักษณ์ รูปภาพ เป็นต้น เพื่อสื่อสารให้บุคคลอื่นได้เข้าใจในแบบจำลองนั้น ๆ

ขั้นที่ 3 ทดลองแบบจำลอง (Experimental Model) ผู้เรียนสร้างสมมติฐานและคาดการณ์จากแบบจำลองและทดสอบแบบจำลองนั้นผ่านการทดลองตามปรากฏการณ์ต่าง ๆ

ขั้นที่ 4 ประเมินแบบจำลอง (Evaluation Model) ผู้เรียนนำแบบจำลองที่สร้างขึ้นแล้วไปเปรียบเทียบกับปรากฏการณ์หรือปัญหาที่คล้าย ๆ กัน รวมทั้งประเมินข้อดีและข้อจำกัด และเลือกแบบจำลองที่เหมาะสมไปใช้อธิบายปรากฏการณ์ที่ศึกษาหรือเพื่อใช้ในการแก้ไขปัญหา

ขั้นที่ 5 วงจรแบบจำลอง (Cyclic Model) ผู้เรียนนำแบบจำลองที่สร้างขึ้นไปพัฒนาประเมิน และแก้ไขแบบจำลองให้เสร็จสมบูรณ์

ชาตรี ฝ่ายคำตา (2563) ได้เสนอรูปแบบการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานซึ่งแบ่งออกเป็น 4 ขั้นตอน ดังต่อไปนี้

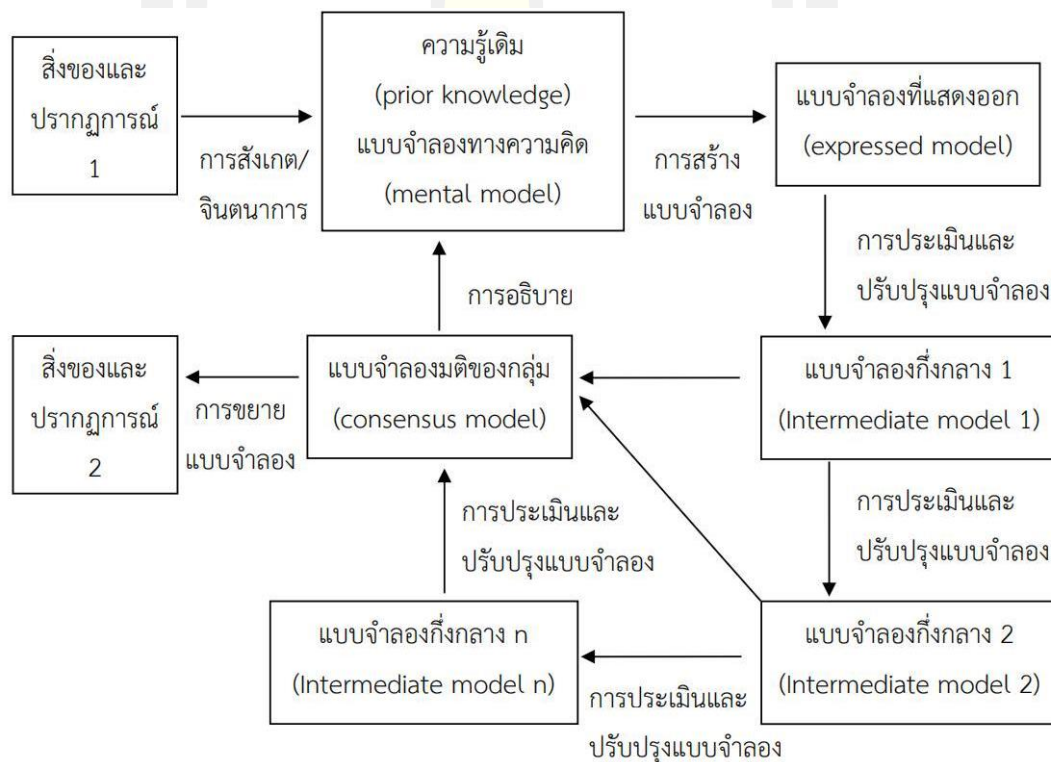
1. การสร้างแบบจำลอง (Generating Model) ครูเปิดโอกาสให้ผู้เรียนแสดงแบบจำลองความคิดของตนเองออกมาให้มากที่สุด โดยอาจใช้คำถามหรือกิจกรรมที่สร้างความสนใจให้ผู้เรียนเพื่อกระตุ้นให้ผู้เรียนสังเกตและสร้างแบบจำลองขึ้นมาและอธิบายปรากฏการณ์ทางธรรมชาติ ครูอาจให้ผู้เรียนทำนายผลของการปฏิบัติการและอธิบายเหตุผลการทำนายดังกล่าว กิจกรรมนี้เป็นโอกาสที่ดีที่จะเข้าใจแบบจำลองทางความคิดของผู้เรียนว่าอย่างไร เหมือนหรือแตกต่างกับแบบจำลองทางเคมีหรือไม่ อย่างไร เมื่อครูได้ล้างแบบจำลองทางความคิดของผู้เรียนแล้ว ครูจะสามารถส่งเสริมแบบจำลองทางความคิดของผู้เรียนให้เป็นแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ตามเป้าหมายที่วางไว้ได้ เช่น ครูอาจให้ผู้เรียนลองสังเกตการณ์การเดือดของน้ำในภาชนะที่มีฝาปิด จากเหตุการณ์นี้ครูอาจกระตุ้นถามผู้เรียนว่าทำไมจึงเป็นเช่นนั้น พร้อมให้ผู้เรียนวาดภาพจำลองเพื่ออธิบายปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้น

2. การประเมินแบบจำลอง (Evaluating Model) ครูกระตุ้นให้ผู้เรียนได้ประเมินความสอดคล้องของแบบจำลองที่ผู้เรียนสร้างขึ้นกับหลักฐานที่เป็นข้อมูลเชิงประจักษ์ ในขั้นนี้ควรฝึกให้ผู้เรียนได้ออกแบบการทดลอง ดำเนินการทดลอง หรือทำการศึกษาค้นคว้าเพื่อรวบรวมข้อมูลเชิงประจักษ์ หรืออาจค้นคว้าข้อมูลเพิ่มเติมเกี่ยวกับปรากฏการณ์นั้นจากแหล่งข้อมูลอื่น ๆ ผู้เรียนอาจจะศึกษาข้อมูลปรากฏการณ์ผ่านการจำลองด้วยคอมพิวเตอร์แล้วนำมาใช้เป็นข้อมูลเพื่อประเมินแบบจำลองของตนในขั้นที่ 1 ผู้เรียนต้องสำรวจตรวจสอบดูว่าแบบจำลองของตนเองมีความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์หรือไม่เพียงใด และแบบจำลองของตนเองสามารถใช้อธิบายปรากฏการณ์อื่นได้อย่างกว้างขวางเพียงใด ครูต้องพยายามส่งเสริมแบบจำลองทางความคิดของผู้เรียนโดยการเชื่อมโยง

ความสัมพันธ์ของตัวแปรต่าง ๆ โดยครูและนักเรียนต้องเป็นผู้ร่วมสร้างและส่งเสริมแบบจำลองทางความคิด

3. การดัดแปลงแก้ไขแบบจำลอง (Modifying Model) ในขั้นนี้ผู้เรียนจะดัดแปลงแก้ไขแบบจำลองเพิ่มเติมจนกระทั่งแบบจำลองที่ผ่านการดัดแปลงแก้ไขแล้วสามารถอธิบายข้อมูลที่ได้ อย่างถูกต้อง โดยเมื่อผู้เรียนได้ทำกิจกรรมแล้วค้นพบปรากฏการณ์ ข้อเท็จจริง หลักการหรือกฎใหม่ ๆ ที่ไม่อาจอธิบายได้ด้วยแบบจำลองที่ตั้งไว้ก็จำเป็นต้องมีการปรับปรุงแบบจำลองนั้น ผู้เรียนอาจจะเปรียบเทียบแบบจำลองของกลุ่มเพื่อนที่สร้างขึ้นและรวมแบบจำลองของแต่ละกลุ่มเข้าด้วยกัน เพื่อสร้างเป็นแบบจำลองมติของกลุ่ม (Consensus Model) ผู้เรียนสามารถแลกเปลี่ยนความคิดเห็นซึ่งกันและกันเพื่อสร้างเป็นแบบจำลองที่ดีที่สุดและสอดคล้องกับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ ขั้นตอนนี้มีความสำคัญที่จะทำให้ผู้เรียนเข้าใจแบบจำลองและการพัฒนาความรู้ทางวิทยาศาสตร์

4. การขยายแบบจำลอง (Elaborating Model) ในขั้นนี้ผู้เรียนจะใช้แบบจำลองที่ผ่านการดัดแปลงแก้ไขแล้วมาอธิบายและทำนายปรากฏการณ์อื่น ๆ หรือสถานการณ์อื่น ซึ่งจะทำให้ผู้เรียนเชื่อและเข้าใจแบบจำลองที่ตนสร้างหรือที่ได้เรียนรู้ว่าสามารถอธิบายหรือทำนายปรากฏการณ์อื่นได้หรือไม่



ที่มา : ชาตรี ฝ่ายคำตา (2563)

ภาพประกอบ 1 รูปแบบการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน



จากการศึกษาขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานจะเน้นกระบวนการเรียนแบบสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งนักเรียนจะต้องลงมือปฏิบัติในการสร้างแบบจำลอง โดยผ่านกระบวนการเรียนรู้ด้วยกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ผ่านการคิดวิเคราะห์ คิดสังเคราะห์ การเปรียบเทียบแบบจำลองที่สร้างขึ้นกับข้อมูลเชิงประจักษ์ ประเมินปรับปรุงหรือดัดแปลงแก้ไขแบบจำลอง เพื่อให้ได้แบบจำลองที่สมบูรณ์และถูกต้อง เพื่อนำไปใช้ในการอธิบายและทำนายสถานการณ์ต่าง ๆ รวมถึงปรากฏการณ์ทางธรรมชาติที่ยากต่อการทำความเข้าใจ ทำให้มองเห็นจากนามธรรมให้เป็นรูปธรรม ในงานวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยจึงจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานโดยใช้รูปแบบของ ซาตรี ฝ่ายคำตา (2563) โดยประกอบไปด้วยขั้นการสร้างแบบจำลอง ขั้นการประเมินและการดัดแปลงแบบจำลอง ขั้นการดัดแปลงแก้ไขแบบจำลอง และขั้นการขยายแบบจำลอง จากขั้นตอนการจัดการเรียนรู้จะเห็นได้ว่านักเรียนจะต้องสร้างแบบจำลองทางความคิดเพื่ออธิบายปรากฏการณ์ที่ศึกษา ทำการประเมินแบบจำลองที่สร้างขึ้นกับหลักฐานประจักษ์ที่ได้จากการสืบเสาะ จากนั้นนักเรียนจะทำการดัดแปลงแก้ไขแบบจำลองจนกระทั่งได้แบบจำลองที่สามารถอธิบายข้อมูลที่ได้อย่างถูกต้อง เพื่อนำไปอธิบายและทำนายปรากฏการณ์อื่น ๆ ที่ใกล้เคียง ซึ่งขั้นตอนการจัดการเรียนรู้มีความเหมาะสมกับบริบทของผู้เรียน และเมื่อพิจารณาขั้นตอนในการจัดการเรียนรู้ของ Gobert & Buckley (2002) ประกอบไปด้วยขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ทั้งหมด 5 ขั้น Schwarz et al. (2009) ประกอบไปด้วยขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ทั้งหมด 9 ขั้น และ Campbell et al. (2015) ประกอบไปด้วยขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ทั้งหมด 5 ขั้น ผู้วิจัยเห็นว่าการจัดการเรียนรู้ในชั้นเรียนมีข้อจำกัดในเรื่องของเวลา ดังนั้น การจัดการเรียนรู้ของ Gobert & Buckley Schwarz et al. และ Campbell et al. อาจจะไม่เหมาะสม โดยรูปแบบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานของงานวิจัยครั้งนี้ ประกอบด้วยขั้นตอนดังนี้

ขั้นที่ 1 การสร้างแบบจำลอง (Generating Model) ครูเปิดโอกาสให้นักเรียนแสดงแบบจำลองความคิดของตนเองออกมาให้มากที่สุด โดยอาจใช้คำถามหรือกิจกรรมที่เร้าความสนใจนักเรียนเพื่อกระตุ้นให้นักเรียนสังเกตและสร้างแบบจำลองขึ้นมา เพื่ออธิบายหรือทำนายปรากฏการณ์ต่าง ๆ ทางธรรมชาติ

ขั้นที่ 2 การประเมินแบบจำลอง (Evaluating Model) ครูกระตุ้นให้นักเรียนได้ประเมินความสอดคล้องของแบบจำลองที่นักเรียนสร้างขึ้นกับหลักฐานที่เป็นข้อมูลเชิงประจักษ์ โดยนักเรียนทำการศึกษาค้นคว้าเพื่อรวบรวมข้อมูลเชิงประจักษ์ หรืออาจค้นคว้าข้อมูลเพิ่มเติมเกี่ยวกับปรากฏการณ์นั้นจากแหล่งข้อมูลอื่น ๆ ซึ่งนักเรียนต้องประเมินว่าแบบจำลองของตนในขั้นที่ 1 มีความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์หรือไม่เพียงใด และแบบจำลองของตนสามารถใช้อธิบายปรากฏการณ์อื่นได้อย่างกว้างขวางเพียงใด

ขั้นที่ 3 การดัดแปลงแก้ไขแบบจำลอง (Modifying Model) นักเรียนจะมีการดัดแปลงแก้ไขแบบจำลองเพิ่มเติมจนกระทั่งแบบจำลองที่ผ่านการดัดแปลงแก้ไขแล้วสามารถอธิบายข้อมูลที่ได้อย่างถูกต้อง โดยนักเรียนอาจจะเปรียบเทียบแบบจำลองของกลุ่มเพื่อนที่สร้างขึ้นและรวมแบบจำลองของแต่ละกลุ่มเข้าด้วยกันเพื่อสร้างเป็นแบบจำลองมติของกลุ่ม โดยนักเรียนสามารถแลกเปลี่ยนความคิดเห็นซึ่งกันและกันเพื่อสร้างเป็นแบบจำลองที่ดีที่สุดและสอดคล้องกับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์

ขั้นที่ 4 การขยายแบบจำลอง (Elaborating Model) นักเรียนจะใช้แบบจำลองที่ผ่านการดัดแปลงแก้ไขแล้วมาอธิบายและทำนายปรากฏการณ์อื่น ๆ หรือสถานการณ์อื่น ที่ใกล้เคียงกัน

#### 6. บทบาทของครูในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

พรรณวิไล ชมชิต (2552) กล่าวว่า การจัดการเรียนการสอนเพื่อให้นักเรียนสามารถคิดได้อย่างนักวิทยาศาสตร์ และเข้าใจแนวคิดทางวิทยาศาสตร์อย่างถ่องแท้ จำเป็นอย่างยิ่งที่ครูจะต้องสอนให้นักเรียนรู้จักการสร้างแบบจำลองและทำความเข้าใจเกี่ยวกับแบบจำลองนั้น ๆ เพื่อช่วยให้นักเรียนได้พัฒนาองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์จากแบบจำลอง ครูมีบทบาทสำคัญในฐานะผู้อำนวยความสะดวกต่าง ๆ ดังนี้

1. สร้างบรรยากาศให้เกิดการคิด เพื่อสร้างแบบจำลองทางความคิดของนักเรียนแต่ละบุคคล และการแลกเปลี่ยนความคิดเห็นเพื่อให้เกิดแบบจำลองทางความคิดของกลุ่ม
2. แนะนำเกี่ยวกับทักษะการใช้แบบจำลองต่าง ๆ (Modeling Skills) เพื่อให้นักเรียนรู้จักแบบจำลองที่หลากหลาย และเลือกใช้แบบจำลองที่สามารถอธิบายความคิดได้ชัดเจนที่สุด รวมทั้งชี้แนะให้นักเรียนได้นำเสนอ อภิปราย เปรียบเทียบ และวิพากษ์แบบจำลองนั้น ๆ
3. ชี้แนะให้นักเรียนได้เห็นถึงธรรมชาติของแบบจำลองว่า มีข้อจำกัด เนื่องจากแบบจำลองไม่ใช่ของจริง และไม่สามารถอธิบายปรากฏการณ์ที่ศึกษาได้ทั้งหมด ดังนั้นครูต้องให้นักเรียนหาข้อสนับสนุนการอธิบายปรากฏการณ์ธรรมชาติของแบบจำลองที่นักเรียนสร้างขึ้น และให้นักเรียนหาข้อจำกัดที่แบบจำลองนั้น ๆ ไม่สามารถอธิบายได้

ชาตรี ฝ่ายคำตา (2563) กล่าวถึง บทบาทของครูในกระบวนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ดังต่อไปนี้

1. กระตุ้นผู้เรียนให้คิดและสะท้อนความคิดของตนเองว่ามีจุดเด่นและจุดด้อยอะไรบ้างเกี่ยวกับการเรียนรู้ของตนเอง กระบวนการที่ผู้เรียนใช้ในการเรียนรู้ ธรรมชาติของกิจกรรมการเรียนรู้ที่ทำให้ตนเกิดการเรียนรู้
2. กระตุ้นและล้วงแบบจำลองความคิดของผู้เรียนโดยใช้การสัมภาษณ์สั้น ๆ อภิปรายสาเหตุเหตุการณ์ที่ผู้เรียนคุ้นเคยแล้วอภิปรายเกี่ยวกับเหตุการณ์ดังกล่าว

3. ส่งเสริมผู้เรียนให้ปรับ Conceptual Model เป็นรูปธรรมมากขึ้น
4. ในระหว่างกิจกรรม ควรแสดงความคิดเห็นและสาธิตการเรียนรู้ การแก้ปัญหาให้ผู้เรียนได้เห็น
5. สนับสนุนให้ผู้เรียนแสดงปัญหาในหลาย ๆ รูปแบบ เช่น การเขียน วาดรูป คณิตศาสตร์
6. ให้ผู้เรียนแสดงบทบาทเป็นครูเพื่อถ่ายทอดความรู้ให้เพื่อนร่วมชั้นเข้าใจ
7. ใช้วิธีการอ่าน เขียน อภิปรายและโต้เถียงเพื่อส่งเสริมความสนใจ เจตคติและชื่อของผู้เรียน
8. ถามคำถามผู้เรียนว่า ใคร อะไร เมื่อไหร่ ที่ไหน ทำไม และอย่างไร โดยถามผู้เรียนให้อธิบายคำตอบที่ถูกและผิด ถามผู้เรียนว่าทำไมจึงคิดเช่นนั้น ให้ผู้เรียนอธิบาย Conceptual Model ด้วยภาษาของตนเอง และให้ผู้เรียนสื่อสารความเข้าใจของตนเองออกมาด้วยการวาดภาพ
9. เริ่มต้นบทเรียนด้วยแนวคิดที่ง่ายและปัญหาที่กระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดความสนใจ เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ใช้แนวคิดดังกล่าว
10. กระตุ้นให้ผู้เรียนตั้งคำถามเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ด้วยตัวของเขาเอง สร้างสมมติฐาน ค้นหาคำตอบ และนำความรู้ไปใช้ในชีวิตจริง ให้ผู้เรียนเชื่อมโยงบทเรียนกับชีวิตประจำวัน
11. ใช้คำถามเพื่อกระตุ้นให้ผู้เรียนประเมินแบบจำลองดังต่อไปนี้
  - 11.1 ลักษณะของสำคัญของแบบจำลองนี้คืออะไร จงอธิบายว่าทำไมผู้เรียนจึงใช้แบบจำลองนี้
  - 11.2 แบบจำลองนี้มีประโยชน์ต่อผู้ที่ไม่เคยเรียนเรื่องนี้มาก่อนหรือไม่
  - 11.3 ผู้เรียนคิดว่าควรมีอะไรที่ต้องเพิ่มเติมในแบบจำลองนี้ เพื่อให้แบบจำลองสามารถช่วยให้คนอื่นที่ไม่เคยเรียนเรื่องนี้มาก่อนเข้าใจมากขึ้น
  - 11.4 ผู้เรียนตอบคำถามต่อไปนี้
    - 1) ฉันเปลี่ยนแบบจำลองเดิมเกี่ยวกับ.....เพราะว่ามันไม่สามารถอธิบาย.....ได้หรือไม่
    - 2) ตอนนี้แบบจำลองของฉันช่วยอธิบายเกี่ยวกับ.....
    - 3) แบบจำลองของฉันมีประโยชน์ต่อผู้อื่นเพราะมันมี.....
    - 4) ฉันปรับปรุงแบบจำลองของฉันตามที่เพื่อนร่วมชั้นได้ให้ข้อเสนอแนะดังต่อไปนี้
    - ...
    - 5) ฉันปรับปรุงแบบจำลองของฉันโดย.....

จากการศึกษาบทบาทของครูในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานสรุปได้ว่า หน้าที่ของครูผู้สอนระหว่างการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานจะต้องมีลักษณะที่

เป็นเสมือนผู้สนับสนุน คอยกระตุ้น และสร้างบรรยากาศให้นักเรียนแสดงความคิดเห็นออกมาในเชิงวิทยาศาสตร์ โดยใช้คำถามหรือสถานการณ์ที่กระตุ้นให้นักเรียนอธิบายออกมาในรูปแบบการสร้างแบบจำลอง โดยใช้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์มาอ้างอิง กระตุ้นให้นักเรียนแสดงความคิดเห็นออกมาในรูปแบบรูปธรรมมากที่สุด ซึ่งจะช่วยให้เกิดการเรียนรู้หรือสร้างองค์ความรู้ด้วยตัวนักเรียนเอง และครูต้องชี้ให้นักเรียนเห็นถึงข้อจำกัดของแบบจำลอง เนื่องจากแบบจำลองไม่ใช่ของจริง ไม่สามารถอธิบายปรากฏการณ์ที่ศึกษาได้ทั้งหมด

## การเรียนการสอนแบบออนไลน์

### 1. ความหมายของการเรียนการสอนแบบออนไลน์

ถนอมพร เลหาจรัสแสง (2545ก) กล่าวว่า การสอนออนไลน์ สามารถแบ่งออกเป็น 2 ลักษณะด้วยกัน ได้แก่ ความหมายโดยทั่วไป และความหมายเฉพาะเจาะจง สำหรับความหมายโดยทั่วไปของการสอนออนไลน์จะครอบคลุมความหมายที่กว้างมาก กล่าวคือ จะหมายถึงการเรียนในลักษณะใดก็ได้ ซึ่งใช้การถ่ายทอดเนื้อหาผ่านทางอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ไม่ว่าจะเป็นคอมพิวเตอร์ เครื่องข่ายอินเทอร์เน็ต อินทราเน็ต เอ็กซ์ทราเน็ต หรือ ทางสัญญาณโทรทัศน์ หรือ สัญญาณดาวเทียม (Satellite) ก็ได้ ซึ่งเนื้อหาสารสนเทศอาจอยู่ในรูปแบบการเรียนที่เราคุ้นเคยกันมาพอสมควร เช่น คอมพิวเตอร์ช่วยสอน (Computer Assisted Instruction) การสอนบนเว็บ (Web Base Instruction) การเรียนออนไลน์ การเรียนทางไกลผ่านดาวเทียม หรืออาจอยู่ในลักษณะที่ยังไม่ค่อยเป็นที่แพร่หลายนัก เช่น การเรียนจากวีดิทัศน์ตามอัธยาศัย (Video On-Demand) เป็นต้น สำหรับความหมายเจาะจงนั้น การสอนออนไลน์ เป็นการเรียนเนื้อหาหรือสารสนเทศสำหรับการสอนหรือการอบรม ซึ่งใช้การนำเสนอด้วยอักษร ภาพนิ่ง ผสมผสานกับการใช้ภาพเคลื่อนไหว วีดิทัศน์และเสียง โดยอาศัยเทคโนโลยีของเว็บ (Web Technology) ในการถ่ายทอดเนื้อหา รวมทั้งการใช้เทคโนโลยีระบบการจัดการคอร์ส (Course Management System) ในการบริหารจัดการสอน โดยจัดให้มีเครื่องมือการสื่อสารต่าง ๆ เช่น จดหมายอิเล็กทรอนิกส์และกระดานเสวนา สำหรับตั้งคำถามหรือแลกเปลี่ยนแนวคิดระหว่างผู้เขียนด้วยกัน หรือกับวิทยากร การจัดให้มีแบบทดสอบหลังจากเรียนจบเพื่อวัดผลการเรียน รวมทั้งให้มีระบบบันทึก ติดตาม ตรวจสอบ และประเมินผลการเรียน โดยผู้เรียนที่เรียนจากการสอนออนไลน์นี้ ส่วนใหญ่แล้วจะศึกษาเนื้อหาในลักษณะออนไลน์ ซึ่งหมายถึงจากเครื่องมือที่มีการเชื่อมต่อกับระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์

กระทรวงศึกษาธิการ (2548) กล่าวว่า การเรียนการสอนออนไลน์ เป็นการเรียนการสอนผ่านอิเล็กทรอนิกส์หรือคอมพิวเตอร์ผ่านระบบเครือข่าย หรือเรียกว่า การเรียนการสอนออนไลน์ หรือ

ห้องเรียนออนไลน์ โดยนำเสนอเนื้อหาบทเรียน (Content) ในรูปแบบสื่อประสม (Multimedia) เช่น ภาพนิ่ง ภาพกราฟิก ภาพเคลื่อนไหว ภาพสามมิติ และเสียง เป็นต้น

วีระ ไทยพานิช (2551) ให้ความหมายของคำว่า การเรียนการสอนบนเว็บหรือการเรียนการสอนในบริบทออนไลน์ หมายถึง การเรียนการสอนที่บูรณาการระหว่างเทคโนโลยีปัจจุบันกับกระบวนการออกแบบการเรียนการสอน เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพทางการเรียนรู้และการแก้ปัญหาเรื่องข้อจำกัดทางด้านสถานที่และเวลา ซึ่งการสอนบนเว็บจะเป็นการประยุกต์ใช้คุณสมบัติและทรัพยากรของเวปไซด์เวป ในการจัดสภาพแวดล้อมที่ส่งเสริมและสนับสนุนการเรียนการสอน ซึ่งการเรียนการสอนที่จัดขึ้นผ่านเว็บอาจเป็นส่วนหนึ่งหรือทั้งหมดของกระบวนการสอนก็ได้

อาณัติ รัตนธิรกุล (2558) กล่าวว่า การเรียนการสอนออนไลน์ หรือ e-Learning ย่อมาจากคำว่า Electronic Learning เป็นการเรียนการสอนผ่านสื่ออิเล็กทรอนิกส์ เช่น วิทยุกระจายเสียง โทรทัศน์ ซีดีรอม/ดีวีดีรอม เครื่องข่ายอินเทอร์เน็ต เครื่องข่ายเอ็กซ์ทราเน็ต เครื่องข่ายอินเทอร์เน็ต ดาวเทียม โทรศัพท์มือถือ อุปกรณ์พกพาหน้าจอสัมผัส โดยที่ผู้เรียนสามารถเข้าเรียนรู้เพื่อพัฒนาตนเองได้ตามอรรถาศัยได้ ทุกสถานที่ ทุกเวลา ผ่านทางหน้าเว็บไซต์ในรูปแบบสื่อมัลติมีเดียไม่ว่าจะเป็นข้อความเสียง ภาพนิ่ง ภาพเคลื่อนไหว และวิดีโอ อีกทั้งผู้ใช้งานสามารถทำการโต้ตอบได้เสมือนการนั่งเรียนในห้องเรียนปกติ

จักรกฤษณ์ โปตาพล (2563) กล่าวว่า การเรียนการสอนแบบออนไลน์ (Online Learning) เป็นการศึกษาผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ตด้วยตนเอง ผู้เรียนสามารถเลือกเรียนตามความชอบของตนเอง ในส่วนของเนื้อหาการเรียน ประกอบด้วย ข้อความ รูปภาพ เสียง VDO และ Multimedia อื่น ๆ สิ่งเหล่านี้จะถูกส่งตรงไปยังผู้เรียนผ่าน Web Browser ทั้งผู้เรียน ผู้สอน และเพื่อนร่วมชั้นทุกคน สามารถติดต่อสื่อสาร ปรึกษา แลกเปลี่ยนความคิดเห็นแบบเดียวกับการเรียนในชั้นเรียนทั่วไป โดยการใช้ E-mail, Chat, Social Network เป็นต้น ด้วยเหตุนี้การเรียนรู้ออนไลน์จึงเหมาะสมสำหรับทุกคนเรียนได้ทุกเวลา

จากการศึกษาความหมายของการเรียนการสอนแบบออนไลน์ สรุปได้ว่า การเรียนการสอนแบบออนไลน์ หมายถึง เป็นการจัดการเรียนการสอนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต โดยใช้โปรแกรมการประชุมออนไลน์ร่วมกับแพลตฟอร์มออนไลน์อื่น ๆ โดยผู้เรียนสามารถเข้าเรียนโดยไม่จำเป็นต้องเดินทางมายังสถานศึกษาหรือห้องเรียน และในการนำเสนอเนื้อหาของการเรียนจะอยู่ในรูปแบบสื่อประสม เช่น ข้อความ รูปภาพ เสียง วิดีโอ และ Multimedia อื่น ๆ ซึ่งการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนสามารถโต้ตอบสื่อสารระหว่างผู้สอนกับผู้เรียน และระหว่างผู้เรียนด้วยตนเอง เหมือนกับห้องเรียนปกติ

## 2. ลักษณะสำคัญของการเรียนการสอนแบบออนไลน์

ถนอมพร เลหาจรัสแสง (2545ก) ได้กล่าวว่า การสอนออนไลน์ที่ดี ควรประกอบด้วย ลักษณะสำคัญดังนี้

1. ทุกเวลาและสถานที่ (Anytime, Anywhere) หมายถึง การสอนออนไลน์ ควรต้องช่วยขยายโอกาสในการเข้าถึงเนื้อหาการเรียนรู้อันผู้เรียนได้จริง ในที่นี้หมายถึงการที่ผู้เรียนสามารถเรียกดูเนื้อหาตามความสะดวกของผู้เรียน ยกตัวอย่างเช่น ในประเทศไทยควรมีการใช้เทคโนโลยีการนำเสนอเนื้อหาที่สามารถเรียกดูได้ทั้งขณะที่ออนไลน์ (เครื่องมีการเชื่อมต่อ กับเครือข่าย) และในขณะที่ออฟไลน์ (เครื่องไม่มีการต่อเชื่อมกับเครือข่าย)

2. สื่อประสม (Multimedia) หมายถึง การสอนออนไลน์ ควรต้องมีการนำเสนอเนื้อหาโดยใช้ประโยชน์จากสื่อประสม เพื่อช่วยในการประมวลผลสารสนเทศของผู้เรียนเพื่อให้เกิดความคงทนในการเรียนรู้ได้ดีขึ้น

3. ไม่เป็นเชิงเส้นตรง (Non-linear) หมายถึง การสอนออนไลน์ควรต้องมีการนำเสนอเนื้อหาในลักษณะไม่เป็นเชิงเส้นตรง กล่าวคือ ผู้เรียนสามารถเข้าถึงเนื้อหาตามความต้องการ โดยการจัดการเรียนการสอนผ่านการสอนออนไลน์นี้จะต้องจัดหาการเชื่อมโยงที่ยืดหยุ่นแก่ผู้เรียน

4. ปฏิสัมพันธ์ (Interaction) หมายถึง การสอนออนไลน์นั้นควรต้องมีการเปิดโอกาสให้ผู้เรียนโต้ตอบกับเนื้อหาหรือกับผู้อื่นได้ กล่าวคือ

4.1 การสอนออนไลน์ควรต้องมีการออกแบบกิจกรรมซึ่งผู้เรียนสามารถโต้ตอบกับเนื้อหา รวมทั้งมีการจัดเตรียมแบบฝึกหัดและแบบทดสอบให้ผู้เรียนสามารถตรวจสอบความเข้าใจด้วยตนเองได้

4.2 การสอนออนไลน์ควรต้องมีการจัดหาเครื่องมือในการให้ช่องทางแก่ผู้เรียนในการติดต่อสื่อสารเพื่อการปรึกษา อภิปราย ชักถาม แสดงความคิดเห็นกับผู้สอน วิทยากร ผู้เชี่ยวชาญ หรือเพื่อน ๆ

5. มีผลป้อนกลับทันที (Immediate Response) หมายถึง การสอนออนไลน์ ควรต้องมีการออกแบบให้มีการทดสอบ การวัดผลและการประเมินผล ซึ่งให้ผลป้อนกลับโดยทันทีแก่ผู้เรียน ไม่ว่าจะอยู่ในลักษณะของแบบทดสอบก่อนเรียน หรือแบบทดสอบหลังเรียนก็ตาม

มนต์ชัย เทียนทอง (2548) ได้กล่าวถึงลักษณะสำคัญการเรียนรู้ออนไลน์แบ่งออกได้หลายแนวความคิด ดังนี้

1. 3As ได้แก่ Anyone, Anywhere, and Anytime หมายถึง ผู้เรียนที่อยู่ในระบบ e-Learning จะเป็นผู้ใดก็ได้ที่ต่อเชื่อมเข้าระบบเพื่อศึกษาบทเรียนจากที่ใดก็ได้ และศึกษาบทเรียนเมื่อเวลาใดก็ได้ ตามความถนัดและความต้องการของตนเอง



2. 3Ds ได้แก่ Digital, Distance and Individual หมายถึง e-Learning ประกอบด้วย สื่อดิจิทัลในลักษณะของมัลติมีเดีย ทั้งข้อความ ภาพนิ่ง กราฟิก ภาพเคลื่อนไหว และเสียง ซึ่งเน้นการใช้งานเพื่อการเรียนการสอนทางไกล และเป็นการเรียนรู้รายบุคคล

3. 4Os ได้แก่ Open Course, Open Method, Open Media and Open Service หมายถึง การเปิดกว้างของหลักสูตรสำหรับผู้เรียนในระบบที่จะเลือกศึกษาจากหลักสูตรใดหรือเนื้อหาใดก็ได้ โดยใช้วิธีการเรียนการสอนที่มีอิสระพร้อมทั้งมีสื่อการเรียนการสอนให้เลือกตามต้องการของผู้เรียน ตลอดจนมีบริการบนเครือข่ายคอมพิวเตอร์ที่เอื้ออำนวยต่อการเรียนการสอน

4. 4Cs ได้แก่ Culture, Champions, Communication and Change หมายถึง วัฒนธรรมการเรียนการสอนด้วย e-Learning ที่มีความเป็นส่วนตัวเน้นการเรียนการสอนเพื่อให้ค้นพบตัวเอง เพื่อมุ่งความเป็นเลิศทางด้านวิชาการ โดยใช้การติดต่อสื่อสารกันระหว่างผู้เรียนกับบทเรียน หรือระหว่างผู้เรียนด้วยกัน ทำให้กระบวนการเรียนรู้เกิดการเปลี่ยนแปลงไปจากระบบดั้งเดิม

5. 4Is ได้แก่ Information, Interactive, Individual and Immediate Feedback หมายถึง ความเป็นสารสนเทศของเนื้อหาที่ผ่านกระบวนการออกแบบ ซึ่งไม่ใช่ข้อมูลดิบเหมือนข้อมูลที่บรรจุไว้ในหนังสือหรือตำราทั่วไป ส่งเสริมการปฏิสัมพันธ์แบบ 2 ทาง ในกระบวนการเรียนรู้ที่เน้นการเรียนรู้รายบุคคล มีการป้อนกลับทันทีที่ผู้เรียนมีปฏิสัมพันธ์ ทำให้การเรียนรู้เกิดความต่อเนื่องและรวดเร็ว

6. 5Es ได้แก่ Entertainment, Ethic, Equity, Excellence and Empowerment หมายถึง ความบันเทิงที่เกิดขึ้นในการเรียนรู้ด้วยตนเอง ไม่เคร่งครัดเรื่องขั้นตอนและกระบวนการเรียนรู้เหมือนการเรียนการสอนในชั้นปกติ โดยผู้เรียนจะต้องมีความรับผิดชอบต่อตนเองและมีจรรยาบรรณในการเรียนรู้ โดย e-Learning ยังสร้างความเสมอภาคทางการศึกษาให้มีมาตรฐานเทียบเคียงกัน เนื่องจากผ่านกระบวนการออกแบบพัฒนาและทดลองใช้มาก่อนคำนึงถึงความแตกต่างระหว่างบุคคล สร้างปฏิสัมพันธ์เพื่อให้เกิดการเรียนรู้อย่างต่อเนื่อง

จากการศึกษาลักษณะสำคัญของการเรียนการสอนแบบออนไลน์ สรุปได้ว่า การเรียนการสอนแบบออนไลน์เป็นรูปแบบการเรียนการสอนที่ผู้เรียนสามารถเรียนรู้ได้ทุกสถานที่ ทุกเวลา เนื้อหาในการเรียนรู้จะอยู่ในลักษณะของสื่อดิจิทัลที่เป็นสื่อมัลติมีเดีย เช่น ข้อความ ภาพนิ่ง กราฟิก ภาพเคลื่อนไหว และเสียง การจัดการเรียนการสอนต้องมีความยืดหยุ่น โดยผู้เรียนสามารถเข้าเรียนเนื้อหาตามความต้องการ และความสนใจของผู้เรียนเอง และการออกแบบกิจกรรมต้องส่งเสริมการปฏิสัมพันธ์แบบ 2 ทาง ผู้เรียนสามารถโต้ตอบกับเนื้อหา โดยมีการจัดเตรียมแบบฝึกหัดและแบบทดสอบให้ผู้เรียนสามารถตรวจสอบความเข้าใจด้วยตนเองได้ และให้ผลป้อนกลับโดยทันทีแก่

ผู้เรียน และมีช่องทางสำหรับผู้เรียนในการติดต่อสื่อสารเพื่อการปรึกษา อภิปราย ชักถาม แสดงความคิดเห็นกับผู้สอน วิทยากร ผู้เชี่ยวชาญ หรือเพื่อน ๆ ทำให้การเรียนรู้เกิดความต่อเนื่องและรวดเร็ว

### 3. องค์ประกอบของการเรียนการสอนแบบออนไลน์

วิทยา วาโย และคณะ (2563) การจัดการเรียนการสอนแบบออนไลน์ เป็นการจัดการเรียนรู้ที่ผสมผสานองค์ความรู้ร่วมกับนวัตกรรมการเรียนรู้และเทคโนโลยีที่ทันสมัย มีรูปแบบการสอนที่หลากหลาย องค์ประกอบของการจัดการเรียนการสอนแบบออนไลน์ สรุปได้ดังนี้

1. ผู้สอน (Instructor) เป็นผู้ถ่ายทอดเนื้อหา องค์ความรู้ต่าง ๆ ให้กับผู้เรียนให้เกิดความเข้าใจใน เนื้อหาประสบการณ์ ความเชี่ยวชาญของผู้สอน มีส่วนทำให้การสอนออนไลน์บรรลุเป้าหมาย ซึ่งบทบาทของ ผู้สอนเป็นผู้ให้คำแนะนำ (Guide) พี่เลี้ยง (Mentor) เป็นผู้ฝึก (Coach) อำนวยความสะดวก (Facilitators) เพื่อช่วยให้ผู้เรียนสามารถสังเกตเห็นศักยภาพของตนเองในด้านการเรียนรู้ รวมถึงการพัฒนาสมรรถนะในการเรียนทักษะด้านความรู้ที่ใช้ในการทำงาน ความสามารถในการใช้เทคนิคต่างๆในการทำงานที่สอนกันได้ (Hard Skill) เพื่อนำไปสู่การปฏิบัติงานที่เหมาะสม และการพัฒนาทักษะด้านอารมณ์ ความสามารถในการอยู่ร่วมกับผู้อื่น รวมถึงการพัฒนาตนเอง (Soft Skill) เพื่อให้สามารถอยู่ในสังคมร่วมกับผู้อื่นได้อย่างมีความสุข รวมทั้งการส่งเสริมให้เกิดความเข้าใจเนื้อหาการเรียนได้รวดเร็วและนานขึ้น อย่างไรก็ตามผู้สอนต้องพัฒนาสมรรถนะด้านการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ เพื่อส่งเสริมกระบวนการจัดการเรียนรู้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ และช่วยให้มีความพร้อมในการแก้ไขปัญหาเฉพาะหน้าขณะที่สอน และควรมีการติดตามการเข้าเรียนของผู้เรียนอย่างต่อเนื่อง เช่น ความถี่ของการเข้าเรียน จำนวนชั่วโมงการเรียน ปัญหาอุปสรรค ความต้องการในการช่วยเหลือเพิ่มเติมในการเรียน เพื่อให้ผู้เรียนได้รับประโยชน์จากการเรียนการสอนแบบออนไลน์เพิ่มขึ้น

2. ผู้เรียน (Student) เป็นผู้รับเนื้อหาและองค์ความรู้จากผู้สอน ซึ่งผู้เรียนจำเป็นต้องมีความพร้อม ในด้านการใช้เทคโนโลยีและสารสนเทศ การรู้เท่าทันสื่อ (Digital Literacy) สามารถสืบค้นวิเคราะห์ข้อมูล ประเมินเนื้อหาอย่างเป็นระบบ โดยใช้วิจารณญาณในการตัดสินใจเกี่ยวกับข้อมูลได้อย่างเหมาะสม มีการเตรียมความพร้อมในการเรียนรู้ เช่น การศึกษาขอบเขตของเนื้อหาก่อนเข้าเรียน การสืบค้นข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการเรียนรู้จากแหล่งเรียนรู้ต่าง ๆ การเตรียมระบบเครือข่ายอินเทอร์เน็ตให้พร้อมใช้งาน การเตรียมสถานที่สำหรับการเรียนที่เหมาะสม การติดต่อสื่อสารแบบดิจิทัลกับผู้สอนเพื่อให้สามารถมีปฏิสัมพันธ์กับผู้สอนได้เหมาะสม รวมทั้งมีความฉลาดทางอารมณ์ในการใช้สื่อ (Digital Emotional Intelligence) อย่างเหมาะสม เช่น การแบ่งปันข้อมูลข่าวสารให้กับคนอื่น การมีน้ำใจในโลกออนไลน์ เป็นต้น รวมทั้งควรเป็นผู้ที่มีความรับผิดชอบในการเรียนรู้ด้วยตนเอง และมีคุณธรรมจริยธรรมในการเรียนรู้ มีส่วนร่วมในการเรียน การส่งงานตาม



กำหนด มีการทบทวนความรู้อย่างสม่ำเสมอ เพื่อให้ผู้เรียนได้รับประโยชน์จากการเรียนการสอนแบบออนไลน์เพิ่มขึ้น

3. เนื้อหา (Content) เป็นส่วนสำคัญที่ทำให้การเรียนการสอนบรรลุตามวัตถุประสงค์ เนื้อหาควรมีการออกแบบโครงสร้างตามวัตถุประสงค์ของรายวิชา มีการวางแผนผังรายวิชาเพื่อเป็นระบบนำทางเชื่อมโยงไปสู่เนื้อหาต่าง ๆ ในบทเรียน สำหรับข้อความของเนื้อหาควรมีความชัดเจน กระชับ เข้าใจง่าย มีการปรับปรุงให้ทันสมัยอยู่ตลอดเวลา เพื่อให้ผู้เรียนศึกษาทำความเข้าใจได้ด้วยตนเองอย่างเหมาะสม รวมทั้งควรมีการจัดลำดับข้อมูลหัวข้อย่อยต่าง ๆ ให้มีการเชื่อมโยงกัน และเนื้อหาในบทเรียนสามารถที่จะส่งเสริมให้ผู้เรียนศึกษาค้นคว้าเพิ่มเติมได้ภายหลังจากการเรียนออนไลน์

4. สื่อการเรียนและแหล่งเรียนรู้ (Instructional Media & Resources) ถือว่ามีความสำคัญเป็นอย่างยิ่งต่อการจัดการศึกษา สื่อการสอนที่ดีจะเป็นส่วนช่วยให้ผู้เรียนสามารถทำความเข้าใจในเนื้อหาขณะที่เรียนได้ สื่อที่ใช้ในการสอนควรมีความแปลกใหม่ดึงดูดความสนใจของผู้เรียนและกระตุ้นการเรียนรู้ เช่น วิดีโอ ภาพนิ่ง ภาพเคลื่อนไหว สถานการณ์จำลอง บทความวิชาการ เป็นต้น อย่างไรก็ตามผู้สอนควรเลือกใช้สื่อให้เหมาะสม เช่น ขนาดตัวหนังสือ สี ความคมชัดของรูปภาพ ความถูกต้องของข้อมูล รวมทั้งสื่อที่นำมาใช้ควรมีความสอดคล้องกับเนื้อหาของรายวิชา เพื่อให้ผู้เรียนเกิดความเข้าใจเพิ่มมากขึ้น นอกจากนี้แหล่งเรียนรู้ (Resources) ได้แก่ หนังสือ ตำรา E-book E-Journal ห้องสมุด เป็นทางเลือกที่ทำให้ผู้เรียนสามารถเข้าถึงสื่อการเรียนรู้อย่างสะดวกสืบค้นข้อมูลเพิ่มเติมเพื่อนำมาประกอบการเรียน ซึ่งแหล่งเรียนรู้ควรมีความหลากหลายให้ผู้เรียนสืบค้นได้อย่างเพียงพอ ทำให้ผู้สอนไม่จำเป็นต้องใส่เนื้อหาในบทเรียนทั้งหมด

5. กระบวนการจัดการเรียนรู้ (Learning Process) เป็นกระบวนการออกแบบการเรียนรู้ออกแบบ การเรียนรู้ให้กับ ผู้เรียนตามหัวข้อ วัตถุประสงค์ เนื้อหา สื่อการสอน กิจกรรมการเรียนรู้ วิธีการวัด ประเมินผล โดยอาศัยเทคโนโลยีสารสนเทศมาออกแบบวิธีการจัดการเรียนรู้ภายใต้กระบวนการวิเคราะห์ (Analysis) วางแผนออกแบบ (Planning Design) นำไปใช้ (Implement) พัฒนา (Development) ประเมินผล (Evaluation) หลักสูตรการเรียนรู้ให้กับผู้เรียน ซึ่งกระบวนการจัดการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพควรส่งเสริมให้ผู้เรียนได้สามารถนำเนื้อหาไปประยุกต์สู่การเรียนรู้ตามสภาพจริง (Authentic Learning)

6. ระบบการติดต่อสื่อสาร (Communication Systems) มีส่วนสำคัญทำให้การจัดการเรียนการสอนแบบออนไลน์ประสบความสำเร็จได้ ซึ่งการติดต่อสื่อสารแบ่งออกเป็น 2 ชนิด ได้แก่

6.1 การสื่อสารทางเดียว (One-Way Communication) เป็นการถ่ายทอดเนื้อหาผ่านสื่อการสอน เช่น วิดีโอ (Video) PowerPoint ภาพนิ่ง (Slide) สถานการณ์จำลอง (Scenario) กรณีศึกษา (Case Study) โดยไม่มีปฏิสัมพันธ์ระหว่างผู้สอนกับผู้เรียน

6.2 การสื่อสารสองทาง (Two-Way Communication) เป็นการถ่ายทอดเนื้อหาผ่านสื่อการสอน เช่น คอมพิวเตอร์ช่วยสอน (Computer Assisted Instruction : CAI) ระบบการจัดการบทเรียน (Learning Management System: LMS) หรือการเรียนรู้ผ่านแอปพลิเคชันการประชุมทางวิดีโอ เช่น Google Hangout Meet, Zoom Meeting, Schoology, Webex, Microsoft Teams เป็นต้น ซึ่งผู้สอนและผู้เรียนสามารถพูดคุย ซักถามร่วมกันได้ในขณะที่สอนและตรวจสอบความเข้าใจของผู้เรียนได้

7. ระบบเครือข่ายเทคโนโลยีสารสนเทศ (Network Systems) เป็นช่องทางในการอำนวยความสะดวก สะดวกให้การเรียนการสอนมีความราบรื่นได้ ระบบเครือข่ายสารสนเทศประกอบด้วย

7.1 ระบบเครือข่ายภายในสถาบัน (Intranet) เป็นระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์ภายในสถานศึกษา ซึ่งให้ผู้เรียนสามารถเข้ามาใช้เครือข่ายภายในสถานศึกษาสำหรับการเรียนออนไลน์ได้

7.2 ระบบเครือข่ายภายนอกสถาบัน (Internet) ที่เชื่อมต่อระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์ทั่วโลกเพื่อให้สามารถติดต่อสื่อสารได้รวดเร็ว ซึ่งผู้เรียนสามารถใช้เครือข่ายอินเทอร์เน็ตสำหรับการเข้าเรียนออนไลน์ได้ทุกที่ ทุกเวลา รวมทั้งสืบค้นข้อมูลประกอบการเรียนรู้ได้ อย่างไรก็ตาม อาจมีข้อจำกัดเกี่ยวกับความพร้อมของนักศึกษาในเรื่องการเตรียมอุปกรณ์เชื่อมต่อกับระบบเครือข่ายเทคโนโลยีสารสนเทศและพื้นที่ที่ไม่มีสัญญาณเครือข่ายอินเทอร์เน็ต รวมถึงความเร็วของอินเทอร์เน็ต อาจทำให้การจัดการเรียนการสอนแบบออนไลน์ไม่ราบรื่นได้

8. การวัดและการประเมินผล (Measurement and Evaluation) จำเป็นต้องมีการวัดและประเมินผล โดยมีการวัดและประเมินผลทั้งระหว่างเรียน (Formative Assessment) เช่น การตั้งคำถาม การสังเกตพฤติกรรมผู้เรียน สะท้อนคิด เป็นต้น และภายหลังจัดการเรียน (Summative Assessment) เช่น การทดสอบด้วยแบบทดสอบต่าง ๆ เพื่อตรวจสอบความเข้าใจของผู้เรียน ประสิทธิภาพของการเรียน เพื่อสะท้อน ความสามารถการเรียนรู้ของผู้เรียน ซึ่งควรมีความหลากหลายเพื่อวัดประเมินผลผู้เรียนให้สอดคล้องตามสภาพจริง อย่างไรก็ตามผู้สอนจำเป็นต้องออกแบบเครื่องมือวิธีการวัดและประเมินผลให้มีประสิทธิภาพ รวมทั้งควรมีการส่งเสริมคุณธรรม จริยธรรมในการทดสอบออนไลน์ เพื่อป้องกันการทุจริตในระหว่างการสอบ

จากการศึกษาองค์ประกอบของการเรียนการสอนแบบออนไลน์ ประกอบด้วย 8 องค์ประกอบ ดังนี้ 1. ผู้สอน (Instructor) 2. ผู้เรียน (Student) 3. เนื้อหา (Content) 4. สื่อการเรียนและแหล่งเรียนรู้ (Instructional Media & Resources) 5. กระบวนการจัดการเรียนรู้ (Learning Process) 6. ระบบการติดต่อสื่อสาร (Communication Systems) 7. ระบบเครือข่ายเทคโนโลยีสารสนเทศ (Network Systems) และ 8. การวัดและการประเมินผล (Measurement and Evaluation)

#### 4. รูปแบบของการเรียนการสอนแบบออนไลน์

ถนอมพร เลหาจรัสแสง (2545ข) ได้นำเสนอรูปแบบของการจัดการเรียนการสอนด้วยการสอนออนไลน์ไว้ โดยรูปแบบที่ได้รับความนิยม ได้แก่ การแบ่งการสอนออนไลน์ออกตามมิติของเวลา และมิติของการโต้ตอบ เป็น 4 ลักษณะ ดังนี้

1. ประเภท A เป็นการเรียนคาบสอนปรกติ ที่มีการพบปะกันในชั้นเรียน ในลักษณะเวลาและสถานที่เดียวกันรวมทั้งการใช้สื่อโทรทัศน์และวิทยุ เข้ามาประกอบการเรียนการสอน แต่การโต้ตอบจะค่อนข้างจำกัด ทั้งนี้เพราะการเรียนรู้มักเป็นไปในลักษณะผู้สอนเป็นศูนย์กลาง

2. ประเภท B เป็นการศึกษาด้วยตนเอง ในลักษณะเวลาและสถานที่ที่ต่างกัน โดยมีการจัดหาสื่อการเรียนรู้อย่างตนเองในลักษณะโสตทัศนฯ รวมทั้งสื่ออิเล็กทรอนิกส์ เช่น CAI, CBT, CD-ROM หรือ VOD (Video On Demand) การโต้ตอบมักจะมีจำกัดในลักษณะทางเดียว

3. ประเภท C เป็นการสอนผ่านเว็บ คือ การเรียนการสอนออนไลน์ โดยใช้เว็บเป็นฐาน โดยอาศัยเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ต อินทราเน็ต หรือ ASP ดังนั้น การเรียนการสอนจะอยู่ในลักษณะเวลาและสถานที่ที่ต่างกัน อย่างไรก็ตาม การโต้ตอบจะไม่จำกัด เพราะมีการจัดหาเครื่องมือในการโต้ตอบกับผู้สอน และผู้เรียนอย่างสะดวก

4. ประเภท D เป็นการประชุมภาพ (Videa Conferencing) ซึ่งเป็นการเรียนการสอน หรือการอบรมในลักษณะเวลาและสถานที่เดียวกัน โดยอาศัยเทคโนโลยีโทรทัศน์ เทคโนโลยีคอมพิวเตอร์และการสื่อสารโทรคมนาคมต่าง ๆ เพื่อถ่ายทอดการเรียนการสอนหรือการอบรมนั้น โดยมักจะจัดให้มีอุปกรณ์การสื่อสารในสถานี่ปลายทางเพื่อให้เกิดการโต้ตอบ 2 ทางระหว่างผู้สอนและผู้เรียนได้

วิทยา วาโย และคณะ (2563) ได้เสนอรูปแบบการเรียนการสอนแบบออนไลน์ที่ทำให้ผู้สอนและผู้เรียนมีปฏิสัมพันธ์ร่วมกัน สรุปได้ดังนี้

1. การเรียนการสอนออนไลน์ด้วยรูปแบบ Massive Open Online Courses: MOOC เป็นรูปแบบการเรียนการสอนออนไลน์ที่มีการปฏิสัมพันธ์ระหว่างผู้สอนและผู้เรียน ซึ่งเป็นห้องเรียนออนไลน์ที่มีขนาดใหญ่สำหรับนักเรียน นิสิต นักศึกษา ประชาชนทั่วไปที่สนใจเข้าเรียนในสาขาที่ตนเองต้องการพัฒนา โดยมีองค์ประกอบได้แก่ วิดีโอการสอนบรรยายเนื้อหาและการ

ยกตัวอย่างประกอบ เอกสารการสอนแบบออนไลน์ การตอบโต้แสดงความคิดเห็นระหว่างผู้สอนและผู้เรียน การประเมินผลการเรียน และการทดสอบ

2. การสอน ด้วยรูปแบบ Modular Object Oriented Dynamic Learning Environment (Moodle) ซึ่งเป็นระบบการจัดการเรียนการสอนแบบเปิดเสมือนห้องเรียนจริง ทำให้ผู้สอนและผู้เรียนสามารถมีปฏิสัมพันธ์ระหว่างกันและกันได้ โดยผู้สอนสามารถออกแบบเนื้อหา กิจกรรมการเรียน แบบทดสอบ ช่องทางมอบหมายงานและการส่งงาน นอกจากนี้ยังสามารถสร้างห้องสำหรับการตอบโต้ระหว่างผู้สอนและผู้เรียนได้

3. วิธีการเรียนการสอนออนไลน์ผ่านโปรแกรมการประชุมออนไลน์ได้ เช่น โปรแกรม Zoom โปรแกรม Google Meeting Hangout เป็นต้น ซึ่งเป็นโปรแกรมการประชุมวิดีโอทางไกล ที่ผู้สอนสามารถเตรียมเอกสารประกอบการสอน เช่น PowerPoint วิดีโอ รูปภาพ เอกสารการสอน ในรูปของไฟล์ Word Excel เป็นต้น โดยที่ผู้สอนและผู้เรียนสามารถมีปฏิสัมพันธ์ระหว่างการเรียนการสอนได้ รวมทั้งสามารถบันทึกไฟล์ภายหลังการสอนเพื่อให้สามารถเรียนย้อนหลังได้

จากการศึกษารูปแบบของการเรียนการสอนแบบออนไลน์ สรุปได้ว่า รูปแบบของการเรียนการสอนแบบออนไลน์มีหลากหลายรูปแบบ งานวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยเลือกใช้รูปแบบการสอนออนไลน์ผ่านโปรแกรมการประชุมออนไลน์ในการจัดการเรียนการสอน โดยผู้สอนและผู้เรียนสามารถโต้ตอบและสื่อสารกันได้ทันทีในขณะที่ทำการเรียนการสอน ทำให้เกิดการปฏิสัมพันธ์ระหว่างผู้สอนกับผู้เรียน และระหว่างผู้เรียนด้วยตนเอง อีกทั้งยังสามารถบันทึกไฟล์ภายหลังการสอนเพื่อให้สามารถเรียนย้อนหลังได้

#### 5. ข้อดีและข้อจำกัดของการเรียนการสอนแบบออนไลน์

ถนอมพร เลหาจรัสแสง (2545ก) กล่าวไว้ว่า ประโยชน์ที่ได้รับจากการนำการเรียนรู้แบบออนไลน์ไปใช้ในการจัดการเรียนการสอนสรุปได้ ดังนี้

1. ช่วยให้การจัดการเรียนการสอนมีประสิทธิภาพมากขึ้น เพราะการถ่ายทอดเนื้อหาผ่านทางมัลติมีเดียสามารถทำให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ได้ดีกว่าการเรียนจากข้อความเพียงอย่างเดียว

2. ช่วยทำให้ผู้สอนสามารถตรวจสอบความก้าวหน้าด้านพฤติกรรมกรเรียนรู้ของผู้เรียนได้อย่างละเอียดและตลอดเวลา เนื่องจากการจัดหาเครื่องมือที่สามารถทำให้ผู้สอนติดตามการเรียนของผู้เรียนได้

3. ช่วยทำให้ผู้เรียนสามารถควบคุมการเรียนของตนเองได้ ทั้งนี้ เนื่องจากการนำเทคโนโลยี Hypermedia มาประยุกต์ใช้ ซึ่งมีลักษณะการเชื่อมโยงข้อมูลไม่ว่าจะเป็นในรูปแบบของข้อความ ภาพนิ่ง เสียง กราฟิก วิดีโอ ภาพเคลื่อนไหว ทำให้ผู้เรียนสามารถเข้าถึงข้อมูลใดก่อนหรือหลังได้ โดยไม่ต้องเรียงลำดับและเกิดความสะดวกรวดในการเข้าถึงของผู้เรียนอีกด้วย

4. ทำให้ผู้เรียนสามารถเรียนรู้ตามจังหวะของตนเอง (Self-paced Learning) เนื่องจากการนำเสนอเนื้อหาในรูปแบบของ Hypermedia เปิดโอกาสให้ผู้เรียนสามารถควบคุมการเรียนรู้ของตนเองได้ตามพื้นฐานความรู้ ความถนัด และความสนใจของตน

5. ช่วยทำให้เกิดปฏิสัมพันธ์ระหว่างผู้เรียนกับผู้สอนได้ เนื่องจากมีเครื่องมือที่เอื้อต่อการตอบโต้ (Interaction) ที่หลากหลายและไม่จำกัดว่าจะอยู่ในสถาบันการศึกษาเดียวกัน

6. ช่วยส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ทักษะใหม่ รวมทั้งเนื้อหาการเรียนในรูปแบบข้อความอิเล็กทรอนิกส์ ได้แก่ ข้อความที่ได้รับการจัดเก็บ ประมวลผล นำเสนอ และเผยแพร่ทางคอมพิวเตอร์

7. ทำให้เกิดรูปแบบการเรียนที่สามารถจัดการเรียนการสอนให้แก่ผู้เรียนในวงกว้างมากขึ้น เพราะการเรียนรู้ออนไลน์จะสามารถนำไปใช้เพื่อสนับสนุนการเรียนรู้ตลอดชีวิตได้

8. ทำให้สามารถลดต้นทุนในการจัดการศึกษานั้นได้ ในกรณีที่มีการจัดการเรียนการสอนสำหรับผู้เรียนที่มีจำนวนมากและเปิดโอกาสให้สถาบันอื่นหรือบุคคลทั่วไปเข้ามาใช้ได้

ฐานันท์ ธรรมเมธา (2557) กล่าวถึง ข้อดีและข้อจำกัดของการเรียนการสอนแบบออนไลน์ หรืออีเลิร์นนิ่ง ดังนี้

ข้อดีของการเรียนการสอนแบบออนไลน์ หรืออีเลิร์นนิ่ง ที่สำคัญได้แก่

1. ความยืดหยุ่น ความสะดวกสบายและการเข้าถึงข้อมูล ผู้เรียนสามารถเข้าถึงเนื้อหาบทเรียน ตามความต้องการได้อย่างสะดวก รวดเร็ว ผ่านอินเทอร์เน็ตโดยไม่จำกัดสถานที่และเวลา ผู้เรียนสามารถเชื่อมโยงเข้าถึงข้อมูลที่หลากหลายทางอินเทอร์เน็ตที่เป็นแหล่งทรัพยากรการเรียนรู้อันมหาศาล ผู้เรียนสามารถกำกับการเรียนด้วยตนเองตามอัตราความเร็ว ช้า หรือความก้าวหน้าความสนใจ ของตนเอง และผู้สอนสามารถเสนอเนื้อหา ปรับปรุง เปลี่ยนแปลงแก้ไขเนื้อหา และสื่อการสอนได้ง่ายและสะดวก ทำให้นำเสนอข้อมูลที่ทันสมัยอยู่เสมอ

2. ระยะเวลา ช่วยประหยัดเวลา ช่วยลดเวลาในการเดินทางของผู้เรียน โดยไม่ต้องเดินทางมาสถานศึกษา และห้องเรียน นอกจากนี้ยังสามารถกำหนดเวลาการเรียนและกิจกรรมการเรียนรู้ของตนเองได้อีกด้วย

3. การเงิน และค่าใช้จ่าย ช่วยให้ผู้เรียนประหยัดค่าใช้จ่ายของการเดินทาง ค่าที่พักและอาหาร ตลอดจนค่าวัสดุ อุปกรณ์ และคู่มือการเรียนการสอน สถาบันการศึกษาสามารถลดค่าใช้จ่ายด้านอาคารสถานที่ เงินเดือนของผู้สอน รวมถึงเจ้าหน้าที่ในสถาบัน

4. การสื่อสารและปฏิสัมพันธ์ทางการเรียน ทำให้การติดต่อสื่อสารผ่านช่องทางอินเทอร์เน็ตระหว่างผู้สอนและผู้เรียนสะดวกขึ้น ทั้งนี้ปฏิสัมพันธ์ระหว่างผู้สอนและผู้เรียนจะดีกว่าเรียนในห้องบรรยายใหญ่ ซึ่งจะช่วยให้ผู้สอนและผู้เรียนใกล้ชิดกันผ่านเทคโนโลยี โดยปัจจัยปฏิสัมพันธ์นั้นมีความสำคัญต่อการสร้างความสำเร็จในการเรียนของผู้เรียนด้วย



ข้อจำกัดของการเรียนการสอนแบบออนไลน์ หรืออีเลิร์นนิ่ง ที่สำคัญได้แก่

1. โครงสร้างพื้นฐานด้านเทคโนโลยี ซึ่งอาจจะไม่สามารถใช้ได้ในพื้นที่ของประเทศ แบนด์วิดท์ หรือการเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ตช้า ซึ่งสามารถส่งผลกระทบต่อความสะดวกของกระบวนการเรียนรู้ เพราะจะทำให้ผลการรับสารผ่านสื่อประเภทกราฟิก มัลติมีเดียเป็นไปได้ไม่ได้ หรือล่าช้า
2. การออกกลางคันระหว่างเรียน เนื่องจากผู้เรียนบางคนอาจจะรู้สึกเหงาและโดดเดี่ยวจากอาจารย์ผู้สอนและเพื่อนร่วมชั้น
3. การขาดการติดต่อของมนุษย์ การมีปฏิสัมพันธ์กับผู้สอนและเพื่อนร่วมชั้นอื่น ๆ บางคน อาจล้มเหลวเนื่องจากพฤติกรรมการเรียนไม่ดีหรือแรงจูงใจต่ำ
4. บางครั้งอาจารย์ผู้สอนที่ไม่สามารถช่วยเหลือและมีปฏิสัมพันธ์กับผู้เรียนได้ในขณะเวลาเดียว กับที่ผู้เรียนต้องการได้รับความช่วยเหลือ
5. ผู้เรียนต้องมีทักษะการใช้คอมพิวเตอร์และบางครั้งไฟล์การจัดการซอฟต์แวร์อาจจะซับซ้อนสำหรับผู้เรียนที่เริ่มต้น

จักรกฤษณ์ โปตาพล (2563) กล่าวถึง ปัญหาและอุปสรรคในการจัดการเรียนการสอนออนไลน์ ดังนี้

1. ทักษะคติของผู้สอน ถึงแม้ว่าจะมีการอบรมการจัดการเรียนการสอนในศตวรรษที่ 21 มาระยะหนึ่งแล้ว และบางสถานที่มีการอบรมการจัดการเรียนการสอนออนไลน์แล้ว แต่เมื่อมีการปฏิบัติจริง ยังมีผู้สอนบางท่านที่ยังไม่เข้าใจในแนวคิดหรือการเปลี่ยนแปลงในกระบวนการเรียนการสอนในศตวรรษที่ 21 รวมทั้งการจัดการเรียนการสอนออนไลน์การจัดการห้องเรียนที่บางครั้งอาจารย์บางท่านยังถนัดการบรรยายอย่างเดียว นั่งบรรยายตาม power point ตลอด 3 ชั่วโมง การวัดผลประเมินผลการเรียนการสอนยังคงยึดติดการสอบแบบเดิมเป็นหลัก
2. ความชำนาญการในเทคโนโลยี การเรียนการสอนออนไลน์เป็นการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ อาจารย์ผู้สอนที่บางคนอายุมากแล้ว ยังไม่สามารถปรับตัวในการใช้เทคโนโลยีในการจัดการเรียนการสอน ดังนั้นมีผลต่อการเรียนการสอนออนไลน์
3. การผลิตสื่อเพื่อใช้ในการเรียนการสอน โดยเฉพาะการผลิตสื่อวีดีโอเพื่อใช้ในการเรียนการสอนให้ เกิดความน่าสนใจ ที่อาจารย์ผู้สอนโดยส่วนมากยังไม่มีความรู้และความสามารถผลิตสื่อเองได้
4. ขาดบุคลากรฝ่ายสนับสนุน การจัดการเรียนการสอนออนไลน์ต้องมีบุคลากรฝ่ายสนับสนุนด้าน เทคโนโลยีไว้คอยสนับสนุนอาจารย์ผู้สอนที่ไม่ค่อยชำนาญในการใช้ รวมทั้งช่วยในการผลิตสื่อการสอนด้วย

5. ปัญหาด้านเทคนิค ไม่ว่าจะ เป็นปัญหาเรื่องไฟฟ้าดับ คอมพิวเตอร์มีปัญหา ระบบอินเทอร์เน็ตล่ม ล้วนก่อให้เกิดผลกระทบในการจัดการเรียนการสอนออนไลน์ทั้งสิ้น

6. ความพร้อมของผู้เรียน การขาดเครื่องมือเครื่องมือในการเรียน ขาดสัญญาณเน็ต ซึ่งผู้เรียนบางคนมี ปัญหาอยู่ในสถานที่ห่างไกล

7. การเพิ่มขึ้นของต้นทุนในการจัดการเรียนการสอน การจัดการเรียนการสอนออนไลน์ก่อให้เกิดต้นทุนสำหรับการจัดการเรียนการสอนเพิ่มขึ้น โดยเฉพาะการลงทุนในระบบฮาร์ดแวร์ และค่าไฟฟ้าที่สูงขึ้น

จากการศึกษาข้อดีและข้อจำกัดของการเรียนการสอนแบบออนไลน์ สรุปได้ดังนี้

#### ข้อดีของการเรียนการสอนแบบออนไลน์

1. ผู้เรียนสามารถควบคุมการเรียนของตนเองได้ตามสนใจ โดยสามารถเข้าถึงเนื้อหาบทเรียนตามความต้องการได้อย่างสะดวก รวดเร็ว ผ่านอินเทอร์เน็ตโดยไม่จำกัดสถานที่และเวลา และผู้สอนสามารถเสนอเนื้อหา ปรับปรุง เปลี่ยนแปลงแก้ไขเนื้อหา และสื่อการสอนได้ง่ายและสะดวก ทำให้เนื้อหาที่มีความทันสมัยอยู่เสมอ

2. ช่วยลดเวลาและค่าใช้จ่ายในการเดินทางของผู้เรียน โดยไม่ต้องเดินทางมาสถานศึกษาและห้องเรียน และผู้เรียนยังสามารถกำหนดเวลาการเรียนและกิจกรรมการเรียนรู้ของตนเองได้

3. ผู้สอนสามารถตรวจสอบความก้าวหน้าด้านพฤติกรรมการเรียนรู้ของผู้เรียนได้อย่างละเอียดและตลอดเวลา เนื่องจากมีการจัดหาเครื่องมือที่สามารถติดตามการเรียนของผู้เรียนได้

4. ทำให้การติดต่อสื่อสารผ่านช่องทางอินเทอร์เน็ตระหว่างผู้สอนและผู้เรียนสะดวกขึ้น และทำให้เกิดปฏิสัมพันธ์ระหว่างผู้สอนและผู้เรียนผ่านเทคโนโลยี

5. ช่วยส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ทักษะด้านการใช้เทคโนโลยีและสารสนเทศ

#### ข้อจำกัดของการเรียนการสอนแบบออนไลน์

1. ผู้เรียนขาดเครื่องมือที่ใช้สำหรับการเรียนออนไลน์ เช่น ไม่มีโทรศัพท์หรือคอมพิวเตอร์ ขาดสัญญาณอินเทอร์เน็ต ซึ่งผู้เรียนบางคนอาจอยู่ในสถานที่ห่างไกลที่สัญญาณอินเทอร์เน็ตไม่สามารถเข้าถึงได้

2. ผู้เรียนขาดทักษะด้านการใช้เทคโนโลยีและสารสนเทศ

3. มีค่าใช้จ่ายเพิ่มขึ้นในการจัดการเรียนการสอน โดยเฉพาะการลงทุนในระบบฮาร์ดแวร์ และค่าไฟฟ้าที่สูงขึ้น

4. ปัญหาด้านเทคนิค เช่น คอมพิวเตอร์มีปัญหา ระบบอินเทอร์เน็ตล่ม ไฟฟ้าดับ ทำให้ส่งผลกระทบในการจัดการเรียนการสอนออนไลน์



5. ผู้สอนขาดความชำนาญการในเทคโนโลยีในการจัดการเรียนการสอนออนไลน์ เนื่องจากเป็นการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ หรือแอปพลิเคชันต่าง ๆ ผู้สอนที่บางคนยังไม่สามารถปรับตัวเพื่อใช้เทคโนโลยีในการเรียนการสอนได้

6. ขาดการมีปฏิสัมพันธ์กับผู้สอนและเพื่อนร่วมชั้นอื่น ๆ บางคน เนื่องจากผู้เรียนบางคนพฤติกรรมการเรียนไม่ดีหรือแรงจูงใจในการเรียนต่ำ

7. ผู้สอนที่ไม่สามารถช่วยเหลือและมีปฏิสัมพันธ์กับผู้เรียนได้ในขณะเวลาเดียวกับที่ผู้เรียนต้องการได้รับความช่วยเหลือ อาจทำให้ดูแลนักเรียนได้ไม่ทั่วถึง

#### 6. แพลตฟอร์มสำหรับการเรียนการสอนแบบออนไลน์

สิริพร อินทสนธิ์ (2563) กล่าวว่า การเรียนการสอนออนไลน์ในปัจจุบันนั้นได้มีการเลือกใช้แพลตฟอร์มที่หลากหลายในการติดต่อสื่อสารกับผู้เรียน โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. Zoom Cloud Meetings เหมาะสำหรับการจัดการเรียนการสอน แต่ไม่สามารถที่จะจัดเก็บงานที่มอบหมายหรือการบ้านแต่สามารถวิดีโอคอล (VDO Call) สามารถแชร์เนื้อหาได้หลากหลาย โดยสามารถแชร์ภาพหน้าจอให้กับคนอื่น ๆ ในกลุ่มเดียวกันได้โดยที่ผู้ใช้สามารถเข้ากลุ่มประชุมได้โดยผ่านเบอร์โทรศัพท์ อีเมล สามารถรองรับการใช้งานได้ทั้งเครื่องคอมพิวเตอร์และมือถือ ใช้งานได้ฟรี ไม่เสียค่าใช้จ่ายรองรับการใช้งานได้ถึง 100 คน ซึ่งแอปที่ให้ใช้งานฟรีสามารถใช้งานได้ 40 นาทีต่อการสร้างห้องประชุม 1 ห้อง จากนั้นผู้ใช้ก็เข้ามาใช้งานต่ออีกได้

2. Google Hangouts Meet เหมาะกับการประชุม เนื่องจากใช้แบนด์วิดท์ (Bandwidth) น้อย มีเมมูน้อย ทำให้ผู้ใช้งานไม่สับสน สามารถที่จะวิดีโอคอล แชร์หน้าจอกันได้ สามารถบันทึกวิดีโอขณะประชุมได้ สามารถใช้ได้ทั้งเครื่องคอมพิวเตอร์และบนมือถือ หากผู้สร้างห้องใช้ Gmail จะเป็น Hangouts จะ Call ได้ 25 คน หากผู้สร้างห้องใช้ G suit จะเป็น Hangouts Meet สามารถวิดีโอคอลได้ถึง 250 คน และเมื่อจบการประชุมระบบจะส่งประวัติการสนทนาและวิดีโอที่บันทึกไปยัง E-mail

3. Webinar คือการสัมมนาหรือการประชุมออนไลน์ผ่านเว็บที่รวมสื่อการนำเสนอ การศึกษา การฝึกอบรมทางอินเทอร์เน็ต คล้ายกับการนำเสนอแบบเดียวกันกับของอาจารย์ผู้สอนหรือผู้พูด แต่อาจต้องมีค่าใช้จ่ายสำหรับการสัมมนาทางเว็บ สามารถที่จะบันทึกข้อมูลวิดีโอ และดูข้อมูลย้อนหลังได้

4. Microsoft Teams ใช้สำหรับจัดการเรียนการสอนแบบเต็มรูปแบบ มีการส่งงาน ส่งการบ้าน ครูตรวจงาน และให้คะแนน มีวิดีโอคอล แชร์หน้าจอกันได้ บันทึกข้อมูลระหว่างการสอนได้ และสามารถเข้ามาดูย้อนหลังได้ ใช้บนเครื่องคอมพิวเตอร์หรือบนมือถือได้ หากต้องการใช้ในการเรียนการสอนโปรแกรมนี้ถือว่า เหมาะสมอย่างยิ่งตัวหนึ่ง

5. Facebook Live เป็นแอปพลิเคชันที่หลายคนค่อนข้างคุ้นเคย จะมีการสร้างกลุ่มไว้ให้ผู้เรียนเข้ามาในกลุ่ม จากนั้นผู้สอนทำกิจกรรมในกลุ่ม Live สอน มอบหมายงาน สิ่งที่พูดคุยกัน ไฟล์งานต่าง ๆ ผู้เรียน สามารถดูย้อนหลังได้ และปัจจุบัน Facebook Group มีฟังก์ชันในการสร้างหน่วยการเรียนรู้ได้ ซึ่งสะดวกต่อการจัดหมวดหมู่ และเนื้อหาในการเรียนการสอน

6. Line เป็นแอปพลิเคชันที่ทุกคนน่าจะเคยใช้งาน สามารถรองรับสมาชิกได้ถึง 200 คน สามารถแสดงหน้าจอสู่สูงสุด 4 - 10 คน และสามารถกดเลือกบุคคลที่อยากจะให้แสดงแบบเต็มหน้าจอได้ตามความต้องการขณะเดียวกันมี Feature อื่น ๆ ใน LINE Chat ที่จะช่วยเสริมให้การสื่อสารในกลุ่มเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ ทั้งเรื่องการแชร์ไฟล์ ผ่าน LINE บนคอมพิวเตอร์ที่สามารถแชร์ไฟล์ในกลุ่มขณะทำงานได้มากถึง 1 GB ต่อวัน รวมถึงฟีเจอร์อื่น ๆ มากมาย เช่น “ประกาศ” เพื่อแปะข้อความสำคัญในแชตให้ทุกคนในกลุ่มได้รับทราบโดยทั่วกัน “Note” และ “Keep” ที่สามารถเก็บข้อมูลได้หลายรูปแบบทั้งอัลบั้ม รูปภาพ วิดีโอ ลิงก์ไฟล์ไว้ใน Group chat นั้น ๆ เป็นต้น

พิเชษฐ แซ่โซว และคณะ (2563) กล่าวว่า โปรแกรมที่ใช้ในการเรียนออนไลน์มีหลากหลายแต่โปรแกรมที่กล่าวถึงในบทความนี้เป็นโปรแกรมที่ผู้สอนและผู้เรียนสามารถใช้ในการเรียนการสอนออนไลน์ ดังนี้

1. ไลน์ (LINE) เป็นโปรแกรมด้านการสื่อสารที่สามารถส่งสื่อได้หลากหลาย เช่น ข้อความ ข้อความเสียง เอกสารPDF เอกสารประกอบการสอน ตลอดจนใช้รวบรวมเอกสารไว้ในระบบ ทำให้สามารถจัดการเรียนการสอนได้ทุกที่ทุกเวลา นอกจากนี้ผู้สอนยังสามารถส่งข้อความถึงผู้เรียนได้ทั้งรายบุคคลและรายกลุ่ม รวมถึงการสนทนาด้วยเสียง และการคุยกันแบบเห็นคู่สนทนา (Video call) รองรับการประชุมกลุ่มได้ 200 คน

2. ซูม (Zoom) ใช้เป็นวิดีโอคอนเฟอร์เรนซ์ออนไลน์ได้ สามารถใช้งานได้ทุกที่และทุกอุปกรณ์ ไม่ว่าจะเป็นคอมพิวเตอร์หรือสมาร์ทโฟนแท็บเล็ตโดยไม่มีค่าใช้จ่าย โปรแกรมนี้รองรับผู้เรียนสามารถเข้าร่วมได้สูงสุด 100 คน สามารถเรียนแบบตัวต่อตัวได้ไม่จำกัดจำนวนครั้งการใช้งาน แต่แต่ละครั้งสามารถใช้งานได้ 40 นาที แสดงหน้าจอวิดีโอสูงสุด 25 รายการต่อหน้าจอ ช่วยให้ผู้สอนและผู้เรียนมองเห็นกันและกันได้

3. กูเกิ้ลมีต (Google Meet) เป็นแอปพลิเคชันสำหรับการเรียนการสอนทางวิดีโอที่ใช้งานง่าย มีความละเอียดสูง สามารถเข้าเรียนได้สูงสุดครั้งละ 250 คน สามารถแชร์ลิงก์ให้เข้าร่วมได้สะดวก รองรับการใช้งานกับอุปกรณ์ที่หลากหลาย เช่น คอมพิวเตอร์ สมาร์ทโฟน แท็บเล็ต สามารถแชร์หน้าจอ รูปภาพ ไฟล์และข้อความได้ นอกจากนี้ยังสามารถบันทึกการสอนเป็นวิดีโอไว้ในกูเกิ้ลไดรฟ์ได้ และยังทำงานร่วมกับกูเกิ้ลคลาสรูม สามารถนัดหมายด้วยกูเกิ้ลคาร์เลนดาร์ (Google Calendar) ได้อีกด้วย

4. กูเกิ้ล คลาสรูม (Google Classroom) เป็นชุดเครื่องมือที่ได้รับการออกแบบมาเพื่อช่วยให้ผู้สอนสามารถสร้างห้องเรียนและบริหารจัดการในรูปแบบของ LMS และเก็บงานไว้ในระบบได้ มีคุณลักษณะที่ช่วยประหยัดเวลา เช่น สามารถทำสำเนาของเอกสาร (Google doc) สำหรับผู้เรียนแต่ละคนได้โดยอัตโนมัติ โดยระบบจะสร้างโฟลเดอร์ของใคร่ฟ สำหรับแต่ละงานและผู้เรียนแต่ละคน เพื่อช่วยจัดระเบียบให้ผู้เรียนสามารถติดตามกำหนดส่งงาน และผู้สอนสามารถตรวจสอบที่ดูส่งตรงหรือไม่ตรงเวลาได้ ตลอดจนสามารถแสดงความคิดเห็น ตรวจสอบงาน ให้คะแนนจัดการสอบออนไลน์ผ่านกูเกิ้ลฟอร์ม (Google Form) และใช้กูเกิ้ลมีตเพื่อใช้เรียนออนไลน์ได้

จักรกฤษณ์ โปตาพล (2563) กล่าวว่า แนวทางการจัดการเรียนการสอนออนไลน์ในช่วงสถานการณ์การแพร่ระบาดของไวรัสโคโรนา 2019 โดยพัฒนาจาก Application การประชุมออนไลน์ในแพลตฟอร์มต่าง ๆ มาใช้ในการจัดการเรียนการสอน มีรายละเอียดดังนี้

1. Google Meet เป็นโปรแกรมประชุมออนไลน์ในรูปแบบของ VDO Conference สามารถนำเสนอ งานหรือประชุมทางไกลได้ง่าย ๆ เพียงแค่ตั้งค่า Google Meet ใน Google Calendar และเมื่อถึงเวลาประชุมก็เพียงกดตาม Link ที่สร้างขึ้นใน Google Calendar ก็สามารถเข้าร่วมประชุมได้ทันที ไม่ต้องเชื่อมต่อให้ยุ่งยาก เป็นการประชุมออนไลน์ในรูปแบบที่เรียบง่าย

2. Zoom เป็นโปรแกรมการประชุมผ่านระบบคลาวด์ในรูปแบบของการ VDO Conference สามารถ เปิดวิดีโอคอลเพื่อสื่อสารกันได้ อีกทั้งยังสามารถแชร์หน้าจอเพื่อการอธิบายรูปแบบงานให้เข้าใจได้ง่ายขึ้น สามารถรองรับผู้ใช้งานได้พร้อมกันสูงสุดถึง 50 ซึ่งนอกจากการประชุมแล้วก็ยังสามารถใช้เพื่อการเปิดคอร์สสอนออนไลน์ หรือการอบรมสัมมนาก็ได้ด้วยเช่นกัน

3. Skype น่าจะเป็นโปรแกรมที่หลายคนคุ้นเคยดีกับการเป็นแอปเพื่อการสนทนาที่มีประสิทธิภาพมากที่สุด ทั้งในเรื่องความคมชัดของเสียง และการเชื่อมต่อที่หลากหลาย สามารถพูดคุยผ่านเว็บแคมเครื่องพีซี กล้องโทรศัพท์มือถือ แท็บเล็ตได้ ซึ่ง Skype ก็เป็นอีกหนึ่งโปรแกรมที่มักใช้กันในงานมากที่สุด ทั้งสัมภาษณ์งาน ประชุมงาน สามารถรับส่งไฟล์ต่าง ๆ ซึ่งกันและกันได้ รวมไปถึงการส่งทั้งภาพและเสียง

4. Slack เป็นแอปพลิเคชันที่ใช้ในการสื่อสารภายในองค์กรที่มีรูปแบบการใช้งานที่สามารถพูดคุยกัน ส่ง ภาพถ่าย วิดีโอ ลิงค์ โค้ดต่าง ๆ ได้ นอกจากนี้ยังสามารถสร้างห้องขึ้นมาสำหรับพูดคุยกันในเชิงองค์กร มีการ สนทนาแบบ IRC แชร์ไฟล์ อัปโหลดไฟล์กันได้ และมีฟีเจอร์การใช้งานมากมายที่ดูสนุกสนาน ทั้งอีโมจิ ไอคอน ให้การทำงานดูน่าสนใจไม่น่าเบื่อ

5. Microsoft Teams เป็นบริการสนทนาแบบกลุ่มทำงานร่วมกับ Office 365 สำหรับองค์กรลักษณะ คล้ายกับ Slack สามารถเชื่อมต่อกับ Office ได้ทั้งหมด รองรับการคุยด้วยเสียง-วิดีโอผ่าน Skype ในตัว มีหน้าต่างติดตามการทำงานของคนในทีม รองรับการสร้างบ็อดด้วย

Microsoft Bot Framework ทั้งยังสามารถเชื่อมต่อได้กับหลายแพลตฟอร์มทั้ง Windows Mac Android ทั้งยังสามารถใช้งานบน Web Browser ได้อีกด้วย

จากการศึกษาแพลตฟอร์มในการเรียนการสอนแบบออนไลน์ สรุปได้ว่า ในการจัดการเรียนการสอนออนไลน์มีแพลตฟอร์มที่หลากหลายที่สามารถนำมาใช้ในการจัดการเรียนการสอน ซึ่งงานวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยเลือกใช้โปรแกรม Google Meet และ Google Classroom มาใช้ในการจัดการเรียนการสอนโดยใช้แบบจำลองเป็นฐานผ่านระบบออนไลน์ โดยโปรแกรม Google Meet เป็นโปรแกรมการประชุมออนไลน์ที่ไม่จำกัดเวลาในการประชุม สามารถวิดีโอคอล แชร์หน้าจอเพื่อแสดงข้อมูล และบันทึกวิดีโอการประชุมได้ โดยในระหว่างการจัดการเรียนการสอนสามารถโต้ตอบสื่อสารระหว่างครูผู้สอนและนักเรียน รวมถึงระหว่างนักเรียนด้วยกันเองได้ในทันที และโปรแกรม Google Classroom เป็นโปรแกรมที่ช่วยในการสร้างหรือมอบหมายงาน ตรวจสอบ และให้คะแนนของครูผู้สอน ทำให้นักเรียนสามารถตรวจสอบกำหนดการส่งงาน สถานะการส่งงาน และคะแนนของตนเอง อีกทั้งยังมีช่องทางสำหรับนักเรียนในการสื่อสารหรือแสดงความคิดเห็นผ่านสตรีมของชั้นเรียนหรือผ่านทางอีเมลได้ทุกที่ทุกเวลา โดยช่วยให้ครูผู้สอนสามารถจัดระเบียบการสอนและนักเรียนจัดระเบียบการทำงานอย่างเป็นระบบ โดยการใช้งานของโปรแกรม Google Meet และ Google Classroom สามารถใช้งานได้ง่าย ไม่ยุ่งยากซับซ้อน สามารถใช้ได้ทั้งเครื่องคอมพิวเตอร์และโทรศัพท์มือถือ และไม่มีค่าใช้จ่ายในการใช้งาน ซึ่งเหมาะสมกับบริบทของนักเรียนในการใช้เป็นแพลตฟอร์มในการเรียนการสอนแบบออนไลน์

### การสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์

#### 1. ความหมายของคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์

Gagnon & Abell (2008) ให้ความหมายของคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ สรุปได้ว่า "คำอธิบายทางวิทยาศาสตร์เป็นการบอกปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติที่เกี่ยวข้องกับจินตนาการโดยให้ความสำคัญกับหลักฐานและหลักการทางวิทยาศาสตร์ที่เป็นที่ยอมรับ"

McNeill & Krajcik (2008a) ให้ความหมายคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ ไว้ว่า "เป็นการตอบคำถามโดยเขียนหรือการพูด เพื่อรายงานผลการศึกษาปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์ที่นักเรียนต้องใช้หลักฐาน เหตุผลเชิงตรรกะ และความรู้ทางวิทยาศาสตร์ในการสนับสนุนคำอธิบายของปรากฏการณ์ที่ศึกษา

Ruiz-Primo et al. (2010) ให้ความหมายคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ ไว้ว่า "เป็นการตอบคำถามเฉพาะของปรากฏการณ์ที่ศึกษา โดยคำตอบนั้นมีความเชื่อมโยงระหว่างข้อมูลกับข้อกล่าวอ้าง"

Reiser et al. (2012) ให้ความหมายคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ไว้ว่า "เป็นการตอบคำถามที่เกี่ยวข้องกับปรากฏการณ์ที่ศึกษา โดยคำตอบมีความเชื่อมโยงระหว่างทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์กับผลการสังเกตทางวิทยาศาสตร์"

จากการศึกษาความหมายของคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ข้างต้นสรุปได้ว่า คำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง เป็นการตอบคำถามโดยเขียนหรือการพูด โดยอาศัยหลักฐาน เหตุผลเชิงตรรกะ ทฤษฎี และความรู้ทางวิทยาศาสตร์เชื่อมโยงกันเพื่อสนับสนุนคำอธิบายของปรากฏการณ์ที่ศึกษา

## 2. ความสำคัญของการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์

Beyer & Davis (2000, อ้างถึงใน สันติชัย อนุวรชัย, 2553) ได้กล่าวถึงความสำคัญของการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ว่า การให้ผู้เรียนได้สร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์เป็นการสร้างประสบการณ์การเรียนรู้ให้แก่ผู้เรียนเหมือนกับนักวิทยาศาสตร์ที่สร้างความเข้าใจเกี่ยวกับปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้น จากการเก็บรวบรวมข้อมูลและวิเคราะห์ข้อมูล มีการใช้หลักฐานในการสนับสนุนข้อสรุป การสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์จึงเป็นการสร้างความเข้าใจและสื่อสารความเข้าใจด้วยการใช้หลักฐานเชิงประจักษ์และมีเหตุผล ซึ่งเป้าหมายสำคัญของการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้วยการสืบสอนมี 2 ประการ ได้แก่ 1) นักเรียนมีความสามารถในการใช้ข้อมูลและมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ในการสร้างคำอธิบายปรากฏการณ์ที่ศึกษา และ 2) นักเรียนได้รับการกระตุ้นให้เสนอและมีการโต้แย้งทางความคิด

McNeill & Krajcik (2008a) ได้กล่าวถึงความจำเป็นที่จะต้องเกิดกระบวนการการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ในห้องเรียนที่มีการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ คือ

1. เป็นหัวใจของกระบวนการเรียนรู้ทางวิทยาศาสตร์เพื่ออธิบายปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้น
2. เป็นกุญแจสำคัญของการศึกษาวิทยาศาสตร์ในระดับพื้นฐาน รวมทั้งเป็นกิจกรรมที่กำหนดในกรอบโครงสร้างของการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์
3. เป็นการส่งเสริมนักเรียนให้มองเห็นภาพของวิทยาศาสตร์
4. เป็นการส่งเสริมให้นักเรียนเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์
5. เป็นการส่งเสริมความเข้าใจที่ลึกซึ้งเกี่ยวกับคำสำคัญของมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์

Ruiz-Primo et al. (2010) อธิบายว่า การเขียนคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์จะช่วยให้ นักเรียนเข้าใจเนื้อหาและมีกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ โดยการที่นักเรียนนำเสนอข้อกล่าวอ้างนั้น เป็นการนำเสนอตัวแทนความคิด กลวิธี หรือการดำเนินการของปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้น โดยการ



ที่นักเรียนนำเสนอข้อกล่าวอ้างนั้นเป็นการนำเสนอตัวแทนความคิด กลวิธี หรือการดำเนินการของปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้น นอกจากนี้ยังส่งผลให้นักเรียนเกิดความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์

สันติชัย อนุวรชัย (2553) ได้กล่าวถึงการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ว่า มีความสำคัญต่อการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ของนักเรียนทั้งในด้านการพัฒนาความเข้าใจโมเดลความสามารถในการอธิบายปรากฏการณ์ที่ศึกษาด้วยการใช้หลักฐานเชิงประจักษ์และมีเหตุผลตลอดจนเป็นการสร้างประสบการณ์การเรียนรู้วิทยาศาสตร์เสมือนจริงให้กับนักเรียน เพราะได้นำเอาการปฏิบัติอันเป็นหลักฐานสำคัญของสังคมวิทยาศาสตร์มาจัดการเรียนการสอนซึ่งเป็นการพัฒนานักเรียนทางด้านกระบวนการคิดการปฏิบัติและการสร้างคุณลักษณะแบบนักวิทยาศาสตร์

จากการศึกษาความสำคัญของการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ข้างต้นสรุปได้ว่าการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ มีความสำคัญต่อการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ช่วยพัฒนาให้ผู้เรียนมีความเข้าใจโมเดลทางวิทยาศาสตร์ เข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ และการให้ผู้เรียนได้สร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์เป็นการสร้างประสบการณ์การเรียนรู้ให้แก่ผู้เรียนเหมือนกับนักวิทยาศาสตร์ที่สร้างความเข้าใจเกี่ยวกับปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นด้วยการใช้หลักฐานเชิงประจักษ์และมีเหตุผล ซึ่งเป็นการพัฒนานักเรียนทางด้านกระบวนการคิดการปฏิบัติและการสร้างคุณลักษณะแบบนักวิทยาศาสตร์

### 3. องค์ประกอบของคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์

Wu & Hsieh (2006) ได้แบ่งองค์ประกอบของการอธิบายทางวิทยาศาสตร์ออกเป็น 3 องค์ประกอบ ดังนี้

1. ข้อกล่าวอ้าง (Claim) เป็นการอธิบายที่มีความเป็นเหตุเป็นผลบนพื้นฐานของข้อมูลที่คุณครูเป็นผู้จัดทำให้

2. หลักฐาน (Evidence) เป็นการรวบรวมข้อมูลจากแหล่งสำรวจ แหล่งความรู้ที่เชื่อถือได้เพื่อมาสนับสนุนคำอธิบายหรือข้อกล่าวอ้างที่สร้างขึ้น

3. การให้เหตุผล (Reasoning) เป็นการรวมกันระหว่างข้อกล่าวอ้างและหลักฐานโดยการแสดงถึงความสัมพันธ์หลักฐานและข้อกล่าวอ้างเพื่อสร้างเป็นคำอธิบายขึ้น

McNeill et al. (2006) ได้แบ่งองค์ประกอบของคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ออกเป็น 3 องค์ประกอบ ดังนี้

1. การกล่าวอ้าง (Claim) เป็นการยืนยันถึงการมีคำตอบสำหรับคำถาม

2. หลักฐาน (Evidence) เป็นข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ที่สนับสนุนการกล่าวอ้างข้อสรุปเกี่ยวกับปัญหา ข้อมูลเหล่านี้อาจมาจากการสืบสอบ หรือจากแหล่งข้อมูลอื่น ๆ เช่น การสังเกต ข้อเท็จจริงที่พบจากการอ่าน และการสนทนา

3. การให้เหตุผล (Reasoning) เป็นเหตุผลที่สร้างขึ้นจากหลักการทางวิทยาศาสตร์ที่เชื่อมโยงกับการกล่าวอ้างและหลักฐาน โดยแสดงให้เห็นว่าข้อมูลที่ใช้เป็นหลักฐานสามารถสนับสนุนการกล่าวอ้างได้อย่างไร ซึ่งเหตุผลอาจเป็นข้อมูลใหม่หรือการกล่าวอ้างก็ได้

McNeill & Krajcik (2008a) ได้เสนอองค์ประกอบของคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ไว้ 3 องค์ประกอบ ดังนี้

1. ข้อกล่าวอ้าง คือ ข้อสรุปของคำถามหรือปัญหาที่เกี่ยวกับปรากฏการณ์ที่ศึกษา
2. หลักฐาน คือ ข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ที่ใช้ในการสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง
3. การให้เหตุผล คือ การให้เหตุผลที่สร้างขึ้นมาจากหลักการทางวิทยาศาสตร์ว่า เพราะเหตุใดหลักฐานจึงสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง

Berland & Reiser (2009) อธิบายองค์ประกอบของคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ มี 3 องค์ประกอบ ดังนี้

1. ข้อกล่าวอ้าง (Claim) เป็นคำตอบของคำถามก่อนการสำรวจตรวจสอบปรากฏการณ์ที่ศึกษา โดยบรรยายหรืออธิบายเกี่ยวกับสิ่งที่เกิดขึ้น หรือปัจจัยที่ส่งผลต่อสิ่งที่เกิดขึ้น เป็นต้น
2. หลักฐาน (Evidence) เป็นข้อมูลที่ได้รับจากการสำรวจตรวจสอบปรากฏการณ์ที่ศึกษา เพื่อนำมาใช้ในการสนับสนุนหรือแก้ต่างข้อกล่าวอ้าง
3. การให้เหตุผล (Reasoning) เป็นการเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างหลักฐานและข้อกล่าวอ้างโดยใช้หลักการทางวิทยาศาสตร์

Ruiz-Primo et al. (2010) นำเสนอองค์ประกอบของคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ ออกเป็น 3 องค์ประกอบ ได้แก่

1. ข้อกล่าวอ้าง (Claim) เป็นข้อสรุปหรือคำตอบของคำถามทางวิทยาศาสตร์ ข้อกล่าวอ้างทางวิทยาศาสตร์ มุ่งเน้นไปที่การตอบคำถามที่เกี่ยวข้องกับปรากฏการณ์ศึกษาว่า เกิดขึ้นอะไร เกิดขึ้นได้อย่างไร หรือเหตุใดจึงเกิดขึ้น
2. หลักฐาน (Evidence) เป็นการสำรวจตรวจสอบข้อมูลที่จะช่วยสนับสนุน และการอ้างอิงถึงข้อกล่าวอ้าง

3. การให้เหตุผล (Reasoning) เป็นข้อความที่ตัดสินข้อกล่าวอ้าง โดยแสดงความเชื่อมโยงโมโนทัศน์หรือทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์กับข้อมูลที่เป็นหลักฐานในการสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง

จากการศึกษาองค์ประกอบของคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ข้างต้นสรุปได้ว่า คำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ ประกอบไปด้วย 3 องค์ประกอบ ได้แก่

1. ข้อกล่าวอ้าง (Claim) เป็นข้อสรุปหรือคำตอบของคำถามทางวิทยาศาสตร์ โดยเป็นการตอบคำถามที่เกี่ยวข้องกับปรากฏการณ์ที่ศึกษา



2. หลักฐาน (Evidence) เป็นข้อมูลที่ได้มาจากการสำรวจตรวจสอบ ซึ่งเป็นข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ ที่นำมาใช้ในการในการสนับสนุนหรือแก้ต่างข้อกล่าวอ้าง

3. การให้เหตุผล (Reasoning) เป็นการเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างหลักฐานและข้อกล่าวอ้าง โดยใช้หลักการทางวิทยาศาสตร์ เพื่อแสดงให้เห็นว่าข้อมูลที่ใช้เป็นหลักฐานสามารถสนับสนุนการกล่าวอ้างได้อย่างไร

#### 4. พฤติกรรมที่บ่งชี้การสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์

National Research Council (1996, อ้างถึงใน สุพัตรา จันทโรฆิต, 2552) ได้พิจารณาความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ โดยระบุพฤติกรรมบ่งชี้ความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ในแต่ละระดับ ปรากฏดังตาราง 2

ตาราง 2 พฤติกรรมบ่งชี้ความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ในแต่ละระดับ

ระดับ	พฤติกรรมบ่งชี้
เกรด K-4	ใช้ข้อมูลเพื่อสร้างคำอธิบายในเชิงเหตุผล สื่อสารกระบวนการสืบสอบและคำอธิบาย
เกรด 5-8	พัฒนาการบรรยาย การอธิบาย การทำนาย และแบบจำลองต่าง ๆ โดยใช้หลักฐาน คิดอย่างมีวิจารณญาณและคิดในเชิงเหตุผลเพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างหลักฐานและคำอธิบาย ยอมรับและวิเคราะห์คำอธิบายทางเลือกและการทำนาย สื่อสารกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และคำอธิบาย
เกรด 9-12	สร้างและทบทวนคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ และแบบจำลองต่าง ๆ โดยใช้เหตุผลและหลักฐาน ยอมรับและวิเคราะห์คำอธิบายทางเลือกและแบบจำลอง สื่อสารและกล่าวโต้แย้งเหตุผลทางวิทยาศาสตร์

ที่มา : National Research Council (1996, อ้างถึงใน สุพัตรา จันทโรฆิต, 2552)

McNeill et al. (2006) ได้กล่าวถึงความสามารถในการสร้างคำอธิบาย โดยระบุเป็นพฤติกรรมบ่งชี้ไว้ดังนี้

1. ยืนยันข้อมูลถูกต้อง โดยระบุข้อมูลที่เชื่อมโยงกับคำถามมีทฤษฎีหรือแนวคิดสนับสนุน

2. ระบุหลักฐานที่ถูกต้องและครบถ้วนต่อการสนับสนุนการอ้างอิง มีการวางแผนค้นคว้าและสามารถจัดกระทำข้อมูล

3. ให้เหตุผลที่ถูกต้องและครบถ้วนเพื่อเชื่อมโยงหลักฐานไปสู่การกล่าวอ้างที่เหมาะสมและเพียงพอต่อหลักการทางวิทยาศาสตร์

Woody (2015) ได้กล่าวถึงลักษณะของกิจกรรมในห้องเรียนวิทยาศาสตร์ที่ส่งเสริมกระบวนการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนและระบุพฤติกรรมของนักเรียนว่าจะมีการแสดงออกพฤติกรรมในห้องเรียนดังนี้

1. มีการพูดคุยกันอย่างเปิดเผยแลกเปลี่ยนความคิดเห็นของตนเองในกลุ่มย่อย
2. ภายในกลุ่มควรมีสมาชิกที่มีความสามารถและทักษะความรู้ที่แตกต่างกันเพื่อร่วมกันสร้างและตรวจสอบคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่แต่ละกลุ่มสร้างขึ้น
3. มีกลุ่มของคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่เป็นตัวอย่างในการสร้างเพื่อแลกเปลี่ยนความคิดเห็นซึ่งกันและกันในกลุ่มย่อย
4. การสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ให้ความสำคัญกับการอธิบายปรากฏการณ์ซ้ำไปซ้ำมามากกว่าคำอธิบายใหม่ และให้ความสำคัญกับหลักฐานการสร้างประเมินคำอธิบายอย่างเป็นวิทยาศาสตร์
5. กิจกรรมการสร้างและแลกเปลี่ยนคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์เป็นหัวใจสำคัญของการศึกษาวิทยาศาสตร์ โดยกิจกรรมการสร้างและแลกเปลี่ยนทางวิทยาศาสตร์นั้นสามารถปรับปรุงคำอธิบายโดยใช้หลักฐานตรรกะ และสามารถโต้แย้งโดยใช้หลักการทางวิทยาศาสตร์ หรือรูปแบบทฤษฎีมากกล่าวอ้าง

จากการศึกษาพฤติกรรมที่บ่งชี้การสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ พบว่าผู้เรียนจะต้องให้ความสำคัญกับหลักฐานที่ได้ทำการสำรวจตรวจสอบ และประเมินความน่าเชื่อถือ หรือความเหมาะสมของหลักฐานได้ โดยในกลุ่มจะต้องมีแลกเปลี่ยนความคิดเห็นซึ่งกันและกัน และร่วมกันตรวจสอบคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่สร้างขึ้นและปรับปรุงคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ โดยให้เหตุผลที่ถูกต้องและครบถ้วนเพื่อเชื่อมโยงหลักฐานไปสู่ข้อกล่าวอ้างที่เหมาะสมและเพียงพอต่อหลักการทางวิทยาศาสตร์

#### 5. แนวทางการวัดการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์

แนวทางในการวัดการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์มี 3 ประเด็นคือ ลักษณะของแบบวัดการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ ตัวอย่างเครื่องมือวัดการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ เกณฑ์การประเมินการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์

### 5.1 ลักษณะแบบวัดการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์

McNeill & Krajcik (2008a) ได้วัดการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์โดยใช้วิธีการทดสอบ (Testing) ด้วยการใช้แบบสอบถามความเรียง (Essay Test) โดยใช้ข้อคำถามแบบปลายเปิด (The Open-Ended Explanation Items) แบบทดสอบ (Test) ประกอบด้วยข้อสอบที่มีองค์ประกอบสำคัญ ดังนี้

1. สถานการณ์เกี่ยวกับเรื่องที่ต้องการให้นักเรียนสร้างคำอธิบาย
2. ข้อมูลประกอบสถานการณ์ที่กำหนด ซึ่งอาจอยู่ในรูปภาพ ตาราง แผนภูมิ ภาพการทดลอง ฯลฯ เพื่อให้นักเรียนใช้เป็นข้อมูลในการอ้างอิงเป็นหลักฐานในการสร้างคำอธิบาย
3. คำสั่งหรือคำถามที่ให้นักเรียนสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ โดยระบุว่าต้องการให้นักเรียนสร้างคำอธิบายในเรื่องใด ส่วนจำนวนข้อสอบในแบบทดสอบและเวลาที่ใช้ในการทำแบบทดสอบนั้นแตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับผู้สอน

OECD (2016) ระบุลักษณะของแบบวัดการอธิบายปรากฏการณ์อย่างเป็นวิทยาศาสตร์ ประกอบด้วย 3 ส่วนหลัก คือ เลือกคำตอบอย่างง่าย เลือกคำตอบแบบซับซ้อน และแบบเขียนอธิบายเหตุผล โดยส่วนที่เป็นแบบปลายเปิด มีลักษณะอธิบายจากแผนภาพ หรือกราฟ นำไปสู่ข้อสรุป

จากการศึกษาลักษณะของแบบวัดการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ สรุปได้ว่าแบบวัดการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ คำถามจะลักษณะเป็นสถานการณ์เกี่ยวกับเรื่องที่ต้องการให้นักเรียนสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ โดยมีข้อมูลประกอบสถานการณ์อาจอยู่ในรูปภาพ ตาราง ภาพการทดลอง ฯลฯ เพื่อเป็นข้อมูลให้นักเรียนนำไปใช้ในการอ้างอิงเป็นหลักฐานในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ โดยมีลักษณะเป็นข้อสอบปลายเปิดหรือข้อสอบแบบอัตนัย

### 5.2 ตัวอย่างเครื่องมือวัดการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์

McNeill & Krajcik (2008b) ได้สร้างแบบวัดการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ ดังข้อต่อไปนี้

1. คาร์ลอสตตรวจวัดของเหลวสองชนิด ได้แก่ กรดบิวทานิกและบิวทานอล จากนั้นคนของเหลวทั้งสองชนิดให้เข้าด้วยกันและให้ความร้อน หลังจากคนและให้ความร้อนกับของเหลว ของเหลวจะแยกออกเป็น 2 ชั้น คือ ชั้น A และชั้น B จากนั้นคาร์ลอสทำการแยกของเหลวจากแต่ละชั้น โดยใช้ eyedropper และทำการวัด ซึ่งผลการทดลองแสดงดังตารางต่อไปนี้

ตาราง 3 ตัวอย่างเครื่องมือวัดการสร้างความอธิบายทางวิทยาศาสตร์ ตามแนวคิดของ McNeill & Krajcik (2008b)

	ข้อมูลจากการวัด				
	ความหนาแน่น	จุดหลอมเหลว	มวล	ปริมาตร	การละลายในน้ำ
ก่อนคนและให้ความร้อน					
กรดบิวทานิก	0.96 g/cm <sup>3</sup>	-7.9 °C	9.78 g	10.18 cm <sup>3</sup>	ละลาย
บิวทานอล	0.81 g/cm <sup>3</sup>	-89.5 °C	8.22 g	10.15 cm <sup>3</sup>	ละลาย
หลังคนและให้ความร้อน					
ชั้น A	0.87 g/cm <sup>3</sup>	-91.5 °C	1.74 g	2.00 cm <sup>3</sup>	ไม่ละลาย
ชั้น B	1.00 g/cm <sup>3</sup>	0.00 °C	2.00 g	2.00 cm <sup>3</sup>	ละลาย

ที่มา : McNeill & Krajcik (2008b)

จากข้อมูลในตาราง จงเขียนคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์เพื่อระบุว่า มีปฏิกิริยาเคมีเกิดขึ้นหรือไม่ เมื่อคาร์ลอสคนและให้ความร้อนกรดบิวทานิกและบิวทานอล

## 2. พิจารณาข้อมูลจากตารางดังต่อไปนี้

ตาราง 4 ตัวอย่างเครื่องมือวัดการสร้างความอธิบายทางวิทยาศาสตร์ ตามแนวคิดของ McNeill & Krajcik (2008a)

	ความหนาแน่น	สี	มวล	จุดหลอมเหลว
ของเหลวที่ 1	0.93 g/cm <sup>3</sup>	ไม่มีสี	38 g	-98 °C
ของเหลวที่ 2	0.79 g/cm <sup>3</sup>	ไม่มีสี	38 g	26 °C
ของเหลวที่ 3	13.6 g/cm <sup>3</sup>	สีเงิน	21 g	-39 °C
ของเหลวที่ 4	0.93 g/cm <sup>3</sup>	ไม่มีสี	16 g	-98 °C

ที่มา : McNeill & Krajcik (2008b)

จากข้อมูลในตาราง จงเขียนคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ว่าของเหลวใดบ้างเป็นของเหลวชนิดเดียวกัน

McNeill & Martin (2011) ได้สร้างแบบวัดการสร้างความอธิบายทางวิทยาศาสตร์ดังต่อไปนี้

ตาราง 5 ตัวอย่างเครื่องมือวัดการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ ตามแนวคิดของ McNeill & Martin (2011)

ระยะระหว่างสิ่งของ และจุดหมุน (cm)	ระยะระหว่างแรงพยายาม และจุดหมุน (cm)	ขนาดของแรงพยายาม (N)
5	10	0.8
20	10	4.3
10	5	5.3
10	20	1.3

ที่มา : McNeill & Martin (2011)

เมื่อไม่ใช้คานเราต้องยกของด้วยแรง 2.2 นิวตัน เมื่อใช้คานช่วยในการยกของพบว่า

จากการศึกษาตัวอย่างเครื่องมือวัดการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ สรุปได้ว่า ตัวอย่างเครื่องมือวัดการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์มีลักษณะเป็นคำถามปลายเปิดที่มีตารางแสดงข้อมูลการทดลองในเรื่องที่โจทย์ถาม เพื่อใช้เป็นหลักฐานในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์

#### 5.3 เกณฑ์การประเมินการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์

Lizotte et al. (2003) ได้สร้างเกณฑ์การประเมินการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ โดยแบ่งเป็น 3 ระดับ ปรากฏดังตาราง 6

ตาราง 6 เกณฑ์การประเมินการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ ตามแนวคิดของ Lizotte et al. (2003)

องค์ประกอบ	ระดับ		
	0	1	2
ข้อกล่าวอ้าง (Claim) คือ ข้อยืนยันหรือข้อสรุปของปัญหา	ไม่สามารถระบุข้อกล่าวอ้าง หรือสร้างข้อกล่าวอ้างไม่ถูกต้อง	ระบุข้อกล่าวอ้างถูกต้อง แต่ไม่สมบูรณ์	ระบุข้อกล่าวอ้างถูกต้อง และสมบูรณ์
หลักฐาน (Evidence) คือ ข้อมูลที่สนับสนุนข้อกล่าวอ้าง	ไม่สามารถระบุหลักฐานหรือระบุหลักฐานที่ไม่สามารถสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง	ระบุหลักฐานที่เหมาะสม แต่ไม่เพียงพอที่จะสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง ซึ่งประกอบด้วยบางหลักฐานที่ไม่สนับสนุนข้อกล่าวอ้าง	ระบุหลักฐานอย่างถูกต้องและเพียงพอในการสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง

ตาราง 6 (ต่อ)

องค์ประกอบ	ระดับ		
	0	1	2
การให้เหตุผล (Reasoning) คือ เหตุผลที่แสดง ความเชื่อมโยง ระหว่างข้อกล่าวอ้างกับหลักฐาน	ไม่สามารถระบุเหตุผล หรือระบุเหตุผลที่ไม่ เชื่อมโยงระหว่าง หลักฐานและข้อกล่าว อ้าง	ระบุเหตุผลไม่สมบูรณ์ที่ สามารถเชื่อมโยงหลักฐาน กับข้อกล่าวอ้าง หรือมี เหตุผลที่ไม่เชื่อมโยง ระหว่างหลักฐานกับข้อ กล่าวอ้าง	ระบุเหตุผลที่ถูกต้อง ครบถ้วนและ เชื่อมโยงระหว่าง หลักฐานกับข้อกล่าว อ้าง

ที่มา : Lizotte et al. (2003)

McNeill & Krajcik (2008a) ได้สร้างเกณฑ์การประเมินการสร้างคำอธิบายทาง วิทยาศาสตร์ซึ่งแบ่งได้ 3 ระดับ ปรากฏดังตาราง 7

ตาราง 7 เกณฑ์การประเมินการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ ตามแนวคิดของ McNeill & Krajcik (2008a)

องค์ประกอบ	ระดับ		
	0	1	2
ข้อกล่าวอ้าง (Claim) คือ ข้อ ยืนยันของ ปรากฏการณ์ ที่ศึกษา	ไม่ได้ระบุข้อกล่าวอ้าง หรือระบุข้อกล่าวอ้างที่ ไม่ถูกต้อง	ระบุข้อกล่าวอ้างถูกต้อง แต่ไม่ครบถ้วนสมบูรณ์	ระบุข้อกล่าวอ้าง ถูกต้องและครบถ้วน สมบูรณ์
หลักฐาน (Evidence) คือ ข้อมูลเชิงประจักษ์ ที่สนับสนุน ข้อกล่าวอ้าง	ไม่ได้ระบุข้อมูล หรือ ระบุข้อมูลที่ไม่ เหมาะสม (หลักฐานที่ ไม่สนับสนุนข้อกล่าว อ้าง)	ระบุข้อมูลเหมาะสมแต่ หลักฐานไม่เพียงพอที่จะ สนับสนุนข้อกล่าวอ้าง อาจ มีการระบุข้อมูลบางอย่างที่ ไม่เหมาะสม	ระบุข้อมูลเหมาะสม และข้อมูลเพียงพอที่จะสนับสนุนข้อ กล่าวอ้าง
การให้เหตุผล (Reasoning) คือ ข้อความที่แสดง	ไม่ได้ระบุเหตุผล หรือ มีการระบุเหตุผลที่ไม่ได้ เชื่อมโยงระหว่างข้อมูล	ระบุเหตุผลที่เชื่อมโยง ระหว่างข้อมูลกับข้อกล่าว อ้าง โดยระบุข้อมูลซ้ำเติม	ระบุเหตุผลที่เชื่อมโยง ระหว่างข้อมูลกับ ข้อกล่าวอ้าง

ตาราง 7 (ต่อ)

องค์ประกอบ	ระดับ		
	0	1	2
ความเชื่อมโยงระหว่างข้อกล่าวอ้างกับ หลักฐาน	กับข้อกล่าวอ้าง	และ/หรือมีบางหลักการทางวิทยาศาสตร์แต่ก็ยังไม่เพียงพอ	ประกอบด้วยหลักการทางวิทยาศาสตร์ที่เหมาะสมและเพียงพอ

ที่มา : McNeill &amp; Krajcik (2008a)

ทัตตริน วรณเกตุศิริ (2561) ได้สร้างเกณฑ์การประเมินคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ โดยการใช้คำถามปลายเปิด โดยแบ่งออกเป็น 3 ระดับ ปรากฏดังตาราง 8 ตาราง 8 เกณฑ์การประเมินการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ ตามแนวคิดของ ทัตตริน วรณเกตุศิริ (2561)

องค์ประกอบ	ระดับคะแนน		
	0	1	2
คำกล่าวอ้างหรือข้อสรุป (Claim) ข้อความหรือสรุปความที่เป็นคำตอบสำหรับคำถามหรือปัญหาที่กำหนด	ไม่มีคำกล่าวอ้าง ไม่ลงข้อสรุป หรือลงข้อสรุปไม่ถูกต้อง	คำกล่าวอ้าง หรือลงข้อสรุปได้ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์	ระบุคำกล่าวอ้าง หรือลงข้อสรุปได้ถูกต้องและสมบูรณ์
หลักฐาน (Evidence) ข้อมูลเชิงวิทยาศาสตร์ที่สนับสนุนคำกล่าวอ้าง หรือข้อสรุป ข้อมูลนี้จะต้องเหมาะสม และเพียงพอสำหรับสนับสนุนคำกล่าวอ้าง หรือข้อสรุป	ไม่ระบุหลักฐาน หรือหลักฐานไม่เหมาะสม (หลักฐานที่ระบุไม่สนับสนุนคำกล่าวอ้าง หรือข้อสรุป)	ระบุหลักฐานได้เหมาะสมแต่ไม่เพียงพอที่จะสนับสนุนคำกล่าวอ้าง หรือข้อสรุป อาจใช้หลักฐานบางส่วนที่ไม่เหมาะสม	ระบุหลักฐานที่เหมาะสมและเพียงพอสำหรับสนับสนุนคำกล่าวอ้างหรือข้อสรุป



ตาราง 8 (ต่อ)

องค์ประกอบ	ระดับคะแนน		
	0	1	2
เหตุผล (Reasoning) การ ตัดสินว่าหลักฐานที่ใช้ สนับสนุนค่ากล่าวอ้าง หรือข้อสรุปนั้น เหมาะสมและเพียงพอ ตามหลักการทาง วิทยาศาสตร์	ไม่ให้เหตุผล หรือให้ เหตุผลที่ไม่เชื่อมโยง หลักฐาน สนับสนุนค่า กล่าวอ้าง หรือข้อสรุป	ให้เหตุผลที่เชื่อมโยง หลักฐานที่สนับสนุนค่า กล่าวอ้าง หรือข้อสรุป มีการเชื่อมโยงหลักการ ทาง วิทยาศาสตร์ บางส่วน แต่ไม่เพียงพอ	ให้หลักฐานที่เชื่อมโยง หลักฐานที่สนับสนุน ค่ากล่าวอ้าง หรือ ข้อสรุปรวมถึงใช้ หลักการทาง วิทยาศาสตร์ที่ เหมาะสมและเพียงพอ

ที่มา : ทัตตริน วรณเกตุศิริ (2561)

จากการศึกษาเกณฑ์การประเมินการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ สรุปได้ว่า เกณฑ์การประเมินการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ มีลักษณะเป็นเกณฑ์การให้คะแนนแบบรูบิกส์ โดยประกอบด้วย 3 องค์ประกอบหลัก ได้แก่ ข้อกล่าวอ้าง หลักฐาน และการให้เหตุผล โดยแต่ละ องค์ประกอบมีระดับการให้คะแนน 3 ระดับ คือ 0 1 และ 2 และมีการให้ความหมายของคะแนนใน แต่ละระดับอย่างชัดเจน งานวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยเลือกใช้เกณฑ์การประเมินการสร้างคำอธิบายทาง วิทยาศาสตร์ตามกรอบของ McNeill & Krajcik (2008a) โดยนำมาปรับให้เหมาะสมกับบริบทและ เนื้อหา เพื่อใช้ในการประเมินการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน เรื่อง เคมีไฟฟ้า

### ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

#### 1. ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

บุญชม ศรีสะอาด (2541) กล่าวว่า ivo ัฒนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเป็นผลการเรียนที่ได้จาก การสอบที่มุ่งให้ผู้เรียนบรรลุจุดประสงค์ที่กำหนดไว้

ชวลิต ชูกำแหง (2551) ให้นิยามว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง ความสามารถในการ เรียนรู้โดยพิจารณาจากคะแนนผลการเรียนรู้ที่วัดโดยใช้แบบทดสอบ

เยาวดี ราชชัยกุล วิบูลย์ศรี (2553) ให้นิยามว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง คุณลักษณะและประสบการณ์การเรียนรู้ที่เกิดขึ้นจากการฝึกอบรมหรือการสอน จึงเป็นการตรวจสอบ ความสามารถหรือความสัมฤทธิ์ผลของบุคคลว่าเรียนรู้แล้วเท่าไร

ทิตนา แชมมณี (2560) ได้ให้ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง การเข้าถึงความรู้ การพัฒนาทักษะในการเรียน อาจพิจารณาจากคะแนนสอบที่กำหนดให้ คะแนนที่ได้จากงานที่ครูมอบหมายให้หรือทั้งสองอย่าง

จากการศึกษาความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนข้างต้นสรุปได้ว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง ความสามารถในการเรียนรู้ของนักเรียนที่เกิดขึ้นหลังจากได้รับการเรียนการสอน โดยแสดงให้เห็นถึงความรู้ ความเข้าใจในเรื่องที่นักเรียนได้เรียนรู้ และเป็นพฤติกรรมที่สามารถวัดได้ โดยพิจารณาจากคะแนนที่ได้จากการทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

## 2. ความหมายของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

สุรวาท ทองบุ (2550) กล่าวว่า แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน (Achievement Test) หมายถึง แบบทดสอบที่ใช้วัดความรู้ ทักษะและสมรรถภาพสมองด้านต่าง ๆ ที่ผู้เรียนได้รับจากประสบการณ์ทั้งปวงจากการศึกษาเล่าเรียน

ศิริชัย กาญจนวาสี (2552) กล่าวว่า แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ เป็นเครื่องมือสำหรับการวัดและประเมินผลสัมฤทธิ์ของการเรียนรู้ของผู้เรียนตามเป้าหมายที่กำหนดไว้ ทำให้ผู้สอนทราบว่าผู้เรียนได้พัฒนาความรู้ความสามารถถึงระดับมาตรฐานที่ผู้สอนกำหนดไว้หรือยัง หรือมีความรู้ความสามารถดีเพียงใด เมื่อเปรียบเทียบกับเพื่อน ๆ ที่เรียนด้วยกัน

บุญชม ศรีสะอาด (2560) ได้ให้ความหมายของแบบวัดผลสัมฤทธิ์ว่า แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ (Achievement Test) หมายถึง แบบทดสอบที่ใช้วัดความรู้ความสามารถของบุคคลในด้านวิชาการ ซึ่งเป็นผลจากการเรียนรู้ในเนื้อหาสาระและตามจุดประสงค์ของวิชาหรือเนื้อหาที่สอบนั้น โดยทั่วไปจะวัดผลสัมฤทธิ์ในวิชาต่าง ๆ ที่เรียนในโรงเรียน วิทยาลัย มหาวิทยาลัย หรือสถาบันการศึกษาต่าง ๆ

สมนึก ภัททิยธนี (2562) ได้กล่าวว่า แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน (Achievement Test) หมายถึง แบบทดสอบที่วัดสมรรถภาพสมองด้านต่าง ๆ ที่นักเรียนได้รับการเรียนรู้ที่ผ่านมาแล้ว

จากการศึกษาความหมายของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนข้างต้นสรุปได้ว่าแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง แบบทดสอบที่ใช้วัดและประเมินผลการเรียนรู้ตามเป้าหมายที่กำหนดไว้ เพื่อให้ทราบถึงระดับความรู้ความสามารถของผู้เรียน

## 3. ประเภทของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

สุรวาท ทองบุ (2550) ได้แบ่งประเภทของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเป็น 2 ประเภท คือ แบบทดสอบที่ครูสร้างขึ้นเอง (Teacher - Made Test) และแบบทดสอบที่เป็นมาตรฐาน (Standardized Test) แบบทดสอบทั้ง 2 ประเภทนี้จะถามเนื้อหาเหมือนกัน คือ ถามสิ่งที่ผู้เรียนได้รับการเรียนการสอน มี 3 รูปแบบที่ได้รับความนิยมใช้ คือ

1. แบบปากเปล่า (Oral Test) เป็นการทดสอบที่อาศัยการซักถามเป็นรายบุคคล ใช้ได้ผลดีถ้ามีผู้เข้าสอบจำนวนน้อยเพราะต้องใช้เวลามาก ถามได้ละเอียดเพราะสามารถตอบโต้กันได้

2. แบบเขียนตอบ (Paper - Pencil Test) เป็นการทดสอบที่เปลี่ยนแปลงมาจากการสอบแบบปากเปล่า เนื่องจากจำนวนผู้เข้าสอบมากและมีจำนวนจำกัดแบ่งได้เป็น 2 แบบ คือ

2.1 แบบความเรียง (Essay Type) เป็นการสอบที่ให้ผู้ตอบได้รวบรวมเรียงเรียงคำพูดของตนเอง แสดงทัศนคติ และความรู้สึก ความคิดได้อย่างอิสระภายใต้หัวข้อที่กำหนดให้เป็นข้อสอบที่สามารถวัดพฤติกรรมด้านการสังเคราะห์ได้อย่างดี แต่มีข้อเสียเพราะการให้คะแนนทำให้มีความเป็นปรนัยได้ยาก

2.2 แบบจำกัดคำตอบ (Fixed - Response Type) เป็นข้อสอบที่มีคำตอบถูกภายใต้เงื่อนไขที่กำหนดให้อย่างจำกัด ข้อสอบแบบนี้ยังแบ่งออกเป็น 4 แบบ คือ

- แบบถูกผิด (True -False)
- แบบเติมคำ (Completion)
- แบบจับคู่ (Matching)
- แบบเลือกตอบ (Multiple Choice)

3. แบบปฏิบัติ (Performance) เป็นการทดสอบที่ผู้สอบได้แสดงพฤติกรรมออกมา โดยการกระทำหรือลงมือปฏิบัติจริง ๆ เช่น การทดสอบทางดนตรี ช่างกล พลศึกษา เป็นต้น

บุญชม ศรีสะอาด (2560) ได้จำแนกประเภทของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ออกเป็น 2 ประเภท คือ

1. แบบทดสอบอิงเกณฑ์ (Criterion Referenced Test) หมายถึง แบบทดสอบที่สร้างขึ้นตามจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม มีคะแนนจุดตัดหรือคะแนนเกณฑ์สำหรับใช้ตัดสินว่าผู้สอบมีความรู้ตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้หรือไม่ การวัดตรงตามจุดประสงค์เป็นหัวใจสำคัญของข้อสอบในแบบทดสอบประเภทนี้

2. แบบทดสอบอิงกลุ่ม (Norm Referenced Test) หมายถึง แบบทดสอบที่มุ่งสร้างเพื่อวัดให้ครอบคลุมหลักสูตร จึงสร้างตามตารางวิเคราะห์หลักสูตร ความสามารถในการจำแนกผู้สอบตามความเก่งอ่อนได้ดีเป็นหัวใจสำคัญของข้อสอบในแบบทดสอบประเภทนี้ การรายงานผลการสอบอาศัยคะแนนมาตรฐานซึ่งเป็นคะแนนที่สามารถให้ความหมายแสดงถึงสถานภาพความสามารถของบุคคลนั้น เมื่อเปรียบเทียบกับบุคคลอื่น ๆ ที่ใช้เป็นกลุ่มเปรียบเทียบ

สมนึก ภัททิยธนี (2562) กล่าวว่า แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน อาจแบ่งได้เป็น 2 ประเภท คือ แบบทดสอบมาตรฐาน กับแบบทดสอบที่ครูสร้าง ดังนี้

1. แบบทดสอบมาตรฐาน (Standardized Test) หมายถึง แบบทดสอบที่มุ่งวัดผลสัมฤทธิ์เช่นเดียวกับแบบทดสอบที่ครูสร้าง แต่มีจุดมุ่งหมายเพื่อเปรียบเทียบคุณภาพต่าง ๆ ของ

นักเรียนที่ต่างกลุ่มกัน เช่น เปรียบเทียบคุณภาพของนักเรียนในโรงเรียนแห่งหนึ่งกับนักเรียนกลุ่มอื่น ๆ ทั่วประเทศ (แบบทดสอบมาตรฐานระดับชาติ) หรือกับนักเรียนกลุ่มอื่น ๆ ทั่วจังหวัด (แบบทดสอบมาตรฐานระดับจังหวัด) เป็นต้น

2. แบบทดสอบที่ครูสร้าง (Teacher Made Test) หมายถึง แบบทดสอบที่มุ่งวัดผลสัมฤทธิ์ของผู้เรียนเฉพาะกลุ่มที่ครูสอน จะไม่นำไปใช้กับนักเรียนกลุ่มอื่นเป็นแบบทดสอบที่ใช้กันทั่ว ๆ ไปในโรงเรียน แต่ที่นิยมใช้มี 6 แบบดังนี้

2.1 ข้อสอบแบบอัตนัยหรือความเรียง (Subjective or Essay Test) เป็นข้อสอบที่มีเฉพาะคำถาม แล้วให้ผู้เรียนเขียนตอบอย่างเสรี เขียนบรรยายตามความรู้ และข้อคิดเห็นของแต่ละคน

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

2.3 ข้อสอบแบบเติมคำ (Completion Test) เป็นข้อสอบที่ประกอบด้วยประโยคหรือข้อความที่ยังไม่สมบูรณ์แล้วให้เติมคำ หรือประโยค หรือข้อความลงในช่องว่างที่เว้นไว้ นั้น เพื่อให้มีใจความสมบูรณ์และถูกต้อง

2.4 ข้อสอบแบบตอบสั้นๆ (Short Answer Test) ข้อสอบประเภทนี้คล้ายกับข้อสอบแบบเติมคำ แต่แตกต่างกันที่ข้อสอบแบบตอบสั้น ๆ เขียนเป็นประโยคคำถามสมบูรณ์ (ข้อสอบเติมคำเป็นประโยคหรือข้อความที่ยังไม่สมบูรณ์) แล้วให้ผู้ตอบเป็นคนเขียนตอบ คำตอบที่ต้องการจะสั้นและกะทัดรัดได้ใจความสมบูรณ์ไม่ใช่เป็นการบรรยายแบบข้อสอบอัตนัยหรือความเรียง

2.5 ข้อสอบแบบจับคู่ (Matching Test) เป็นข้อสอบเลือกตอบชนิดหนึ่ง โดยมีคำหรือข้อความแยกออกจากกันเป็น 2 ชุด แล้วให้ผู้ตอบเลือกจับคู่ว่า แต่ละข้อความในชุดหนึ่ง (ตัวยี่น) จะคู่กับคำ หรือข้อความใดในอีกชุดหนึ่ง (ตัวเลือก) ซึ่งมีความสัมพันธ์อย่างใดอย่างหนึ่งตามที่ผู้ออกข้อสอบกำหนดไว้

2.6 ข้อสอบแบบเลือกตอบ (Multiple Choice Test) คำถามแบบเลือกตอบโดยทั่วไปจะประกอบด้วย 2 ตอน คือ ตอนนำหรือคำถาม (Stem) กับตอนเลือก (Choice) ในตอนเลือกนี้จะประกอบด้วยตัวเลือกที่เป็นคำตอบถูกและตัวเลือกที่เป็นตัวลวง ปกติจะมีคำถามที่กำหนดให้ผู้เรียนพิจารณา แล้วหาตัวเลือกที่ถูกต้องมากที่สุดเพียงตัวเลือกเดียวจากตัวเลือกอื่น ๆ และคำถามแบบเลือกตอบที่นิยมใช้ตัวเลือกที่ใกล้เคียงกัน ดูเผิน ๆ จะเห็นว่าทุกตัวเลือกถูกหมด แต่ความจริงมีน้ำหนักถูกมากน้อยต่างกัน

จากการศึกษาประเภทของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนข้างต้นสรุปได้ว่าแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน แบ่งเป็น 2 ประเภท คือ

1. แบบทดสอบมาตรฐาน หมายถึง แบบทดสอบที่มุ่งวัดผลสัมฤทธิ์ โดยมีจุดมุ่งหมายเพื่อเปรียบเทียบคุณภาพต่าง ๆ ของนักเรียนที่ต่างกลุ่มกัน

2. แบบทดสอบที่ครูสร้าง หมายถึง แบบทดสอบที่มุ่งวัดผลสัมฤทธิ์ของผู้เรียนเฉพาะกลุ่มที่ครูสอน โดยสามารถแบ่งประเภทของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ได้ 6 ประเภท ดังนี้

2.1 ข้อสอบแบบอัตนัยหรือความเรียง เป็นข้อสอบที่ให้ผู้เรียนเขียนบรรยายคำตอบอย่างเสรีตามความรู้และความคิดเห็นของนักเรียนแต่ละคน

2.2 ข้อสอบแบบกาถูก-ผิด เป็นข้อสอบที่ตัวเลือกเป็นแบบคงที่และมีความหมายตรงกันข้าม

2.3 ข้อสอบแบบเติมคำ เป็นข้อสอบที่ประกอบด้วยประโยคหรือข้อความที่ยังไม่สมบูรณ์แล้วให้เติมคำ หรือประโยค หรือข้อความลงในช่องว่างที่เว้นไว้ เพื่อให้มีใจความสมบูรณ์และถูกต้อง

2.4 ข้อสอบแบบตอบสั้น ๆ เป็นข้อสอบที่ให้ผู้เรียนเขียนตอบสั้น ๆ และกะทัดรัดเพื่อให้ได้ใจความสมบูรณ์

2.5 ข้อสอบแบบจับคู่ เป็นข้อสอบเลือกตอบที่มีคำหรือข้อความแยกออกจากกันเป็น 2 ชุด แล้วให้ผู้เรียนเลือกจับคู่ แสดงความสัมพันธ์ระหว่างข้อความ 2 ชุดนั้น

2.6 ข้อสอบแบบเลือกตอบ เป็นข้อสอบที่ประกอบด้วย 2 ส่วน คือ คำถามกับตัวเลือก แล้วให้ผู้เรียนเลือกตัวเลือกที่ถูกต้องมากที่สุดเพียงตัวเลือกเดียวจากตัวเลือกอื่น ๆ ให้สอดคล้องกับคำถาม

#### 4. ขั้นตอนการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

พิชิต ฤทธิ์จรูญ (2559) ได้กล่าวถึง การสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ มีขั้นตอนในการดำเนินการดังนี้

ขั้นที่ 1 วิเคราะห์หลักสูตรและสร้างตารางวิเคราะห์หลักสูตร การสร้างแบบทดสอบควรเริ่มต้นด้วยการวิเคราะห์หลักสูตรและสร้างตารางวิเคราะห์หลักสูตรเพื่อวิเคราะห์เนื้อหาสาระและพฤติกรรมที่ต้องการจะวัด ในตารางวิเคราะห์หลักสูตรจะใช้เป็นกรอบในการออกข้อสอบ โดยระบุจำนวนข้อสอบในแต่ละเรื่องและพฤติกรรมที่ต้องการวัดไว้

ขั้นที่ 2 กำหนดจุดประสงค์การเรียนรู้ จุดประสงค์การเรียนรู้เป็นพฤติกรรมที่เป็นผล การเรียนรู้ที่ผู้สอนมุ่งหวังจะเกิดขึ้นกับผู้เรียน ซึ่งผู้สอนจะต้องกำหนดไว้ล่วงหน้าสำหรับเป็นแนวทางในการจัดการเรียนการสอน และการสร้างข้อสอบวัดผลสัมฤทธิ์

ขั้นที่ 3 กำหนดชนิดของข้อสอบและศึกษาวิธีสร้าง โดยการศึกษาตารางวิเคราะห์หลักสูตรและจุดประสงค์การเรียนรู้ ผู้ออกข้อสอบต้องพิจารณาและตัดสินใจเลือกใช้ชนิดของข้อสอบ

ที่จะใช้วัดว่าจะเป็นแบบใด โดยต้องเลือกให้สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้และเหมาะสมกับวัยของผู้เรียน แล้วศึกษาวิธีการเขียนข้อสอบชนิดนั้น ให้มีความรู้ความเข้าใจในหลักและวิธีการเขียนข้อสอบ

ขั้นที่ 4 เขียนข้อสอบ ผู้ออกข้อสอบลงมือเขียนข้อสอบตามรายละเอียดที่กำหนดไว้ในตารางวิเคราะห์หลักสูตร และให้สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้ โดยอาศัยหลักและวิธีการเขียนข้อสอบที่ได้ศึกษามาแล้วในขั้นที่ 3

ขั้นที่ 5 ตรวจสอบข้อสอบ เพื่อให้ข้อสอบที่เขียนไว้แล้วในขั้นที่ 4 มีความถูกต้องตามหลักวิชา มีความสมบูรณ์ครบถ้วนตามรายละเอียดที่กำหนดไว้ในตารางวิเคราะห์หลักสูตร ผู้ออกข้อสอบต้องพิจารณาทบทวนตรวจสอบอีกครั้งก่อนที่จะจัดพิมพ์และนำไปใช้ต่อไป

ขั้นที่ 6 จัดพิมพ์แบบทดสอบฉบับทดลอง เมื่อตรวจสอบข้อสอบเสร็จแล้วให้พิมพ์ข้อสอบทั้งหมด จัดทำเป็นแบบทดสอบฉบับทดลองโดยมีคำชี้แจงหรือคำอธิบายวิธีตอบแบบทดสอบ (Direction) และจัดวางรูปแบบการพิมพ์ให้เหมาะสม

ขั้นที่ 7 ทดลองสอบและวิเคราะห์ข้อสอบ ทดลองสอบและวิเคราะห์ข้อสอบเป็นวิธีการตรวจสอบคุณภาพของแบบทดสอบก่อนนำไปใช้จริง โดยนำแบบทดสอบไปทดลองสอบกับกลุ่มที่มีลักษณะคล้ายคลึงกันกับกลุ่มที่ต้องการสอบจริง แล้วนำผลการสอบมาวิเคราะห์และปรับปรุงข้อสอบให้มีคุณภาพโดยสภาพการปฏิบัติจริงของการทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ในโรงเรียนมักไม่ค่อยมีการทดลองสอบและวิเคราะห์ข้อสอบ ส่วนใหญ่นำแบบทดสอบไปใช้ทดสอบแล้วจึงวิเคราะห์ข้อสอบเพื่อปรับปรุงข้อสอบและนำไปใช้ในครั้งต่อ ๆ ไป

ขั้นที่ 8 จัดทำแบบทดสอบฉบับจริง จากผลการวิเคราะห์ข้อสอบ หากพบว่าข้อสอบข้อใดไม่มีคุณภาพหรือมีคุณภาพไม่ดีพอ อาจจะต้องตัดทิ้งหรือปรับปรุงแก้ไขข้อสอบให้มีคุณภาพดีขึ้น แล้วจึงจัดทำเป็นแบบทดสอบฉบับจริงที่จะนำไปทดสอบกับกลุ่มเป้าหมายต่อไป

บุญชม ศรีสะอาด (2560) ได้กล่าวถึงการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล จำแนกได้เป็น 2 ประเภท คือ แบบทดสอบอิงกลุ่ม กับแบบทดสอบอิงเกณฑ์ ดังนี้

#### 1. การสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์อิงกลุ่ม ดำเนินตามขั้นตอนต่อไปนี้

ขั้นที่ 1 วิเคราะห์จุดประสงค์ เนื้อหาวิชาและทำตารางกำหนดลักษณะข้อสอบ โดยจะต้องทำการวิเคราะห์ ว่าวิชาหรือหัวข้อที่จะต้องสร้างข้อสอบวัดนั้น มีจุดประสงค์ของการสอนหรือจุดประสงค์การเรียนรู้อะไรบ้าง ทำการวิเคราะห์เนื้อหาวิชาว่ามีโครงสร้างอย่างไร จัดเขียนหัวข้อใหญ่หัวข้อย่อยทุกหัวข้อ พิจารณาความเกี่ยวข้องความสัมพันธ์ระหว่างเนื้อหาเหล่านั้น จากนั้นก็จัดทำตารางกำหนดลักษณะข้อสอบหรือที่เรียกว่าตารางวิเคราะห์หลักสูตร

ขั้นที่ 2 กำหนดรูปแบบของข้อคำถามและศึกษาวิธีเขียนข้อสอบ ทำการพิจารณาและตัดสินใจว่าจะใช้ข้อคำถามรูปแบบใด ศึกษาวิธีเขียนข้อสอบ หลักการในการเขียนข้อคำถาม



ศึกษาวิธีการเขียนข้อสอบสมรรถภาพต่าง ๆ ศึกษาเทคโนโลยีในการเขียนข้อสอบเพื่อนำมาใช้เป็นหลักในการเขียนข้อสอบ

ขั้นที่ 3 เขียนข้อสอบ ลงมือเขียนข้อสอบ ใช้ตารางกำหนดลักษณะของข้อสอบ ที่จัดทำไว้ในขั้นที่ 1 เป็นกรอบซึ่งจะทำให้สามารถออกข้อสอบวัดได้ครอบคลุมทุกหัวข้อเนื้อหา และทุกสมรรถภาพ ส่วนรูปแบบและเทคนิคในการเขียนข้อสอบยึดตามที่ได้ศึกษาในขั้นที่ 2

ขั้นที่ 4 ตรวจสอบข้อสอบ นำข้อสอบที่ได้เขียนไว้ในขั้นที่ 3 มาพิจารณาทบทวนอีกครั้งหนึ่ง โดยพิจารณาถึงความถูกต้องตามหลักวิชา พิจารณาว่าแต่ละข้อวัดในเนื้อหาและสมรรถภาพตามตารางกำหนดลักษณะข้อสอบหรือไม่ ภาษาที่ใช้เขียนมีความชัดเจนเข้าใจง่าย เหมาะสมดีแล้วหรือไม่ ตัวถูกตัวลวงเหมาะสมเข้าหลักเกณฑ์หรือไม่ หลังจากพิจารณาทบทวนเองแล้วนำไปให้ผู้เชี่ยวชาญด้านวัดผลและด้านเนื้อหาสาระ พิจารณาข้อบกพร่อง แล้วนำเอาข้อวิจารณ์เหล่านั้นมาพิจารณาปรับปรุงแก้ไขให้เหมาะสมยิ่งขึ้น

ขั้นที่ 5 พิมพ์แบบทดสอบฉบับทดลอง นำข้อสอบทั้งหมดมาพิมพ์เป็นแบบทดสอบ โดยจัดพิมพ์คำชี้แจงหรือคำอธิบายวิธีทำแบบทดสอบไว้ที่ปกของแบบทดสอบอย่างละเอียด และชัดเจน การจัดพิมพ์วางรูปแบบให้เหมาะสม

ขั้นที่ 6 ทดลองใช้ วิเคราะห์คุณภาพ และปรับปรุง นำแบบทดสอบไปทดลองกับกลุ่มที่คล้ายกันกับกลุ่มตัวอย่างที่จะสอบจริง ซึ่งได้เรียนในวิชาหรือเนื้อหาที่จะสอบ แล้วนำผลการสอบมาตรวจให้คะแนน ทำการวิเคราะห์หาค่าอำนาจจำแนก ค่าความยากของข้อสอบแต่ละข้อ โดยใช้วิธีวิเคราะห์แบบอิงกลุ่ม คัดเลือกเอาข้อที่มีคุณภาพเข้าเกณฑ์ตามจำนวนที่ต้องการ ถ้าข้อที่เข้าเกณฑ์มีจำนวนมากกว่าที่ต้องการก็ตัดข้อที่มีเนื้อหามากกว่าที่ต้องการ ซึ่งเป็นข้อที่มีอำนาจจำแนกต่ำสุดออก ตามลำดับ นำเอาผลการสอบที่คิดเฉพาะข้อสอบที่เข้าเกณฑ์เหล่านั้น มาคำนวณหาค่าความเชื่อมั่น

ขั้นที่ 7 พิมพ์แบบทดสอบฉบับจริง นำข้อสอบที่มีอำนาจจำแนก และระดับความยากเข้าเกณฑ์ ตามจำนวนที่ต้องการในขั้นที่ 6 มาพิมพ์เป็นแบบทดสอบฉบับที่จะใช้จริง ซึ่งจะต้องมีคำชี้แจงวิธีทำด้วย และในการพิมพ์นอกจากใช้รูปแบบที่เหมาะสมแล้วควรคำนึงถึงความกระชับ ความถูกต้อง ซึ่งจะต้องตรวจทานให้ดี

## 2. การสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์อิงเกณฑ์ ดำเนินตามขั้นตอนต่อไปนี้

ขั้นที่ 1 วิเคราะห์จุดประสงค์ เนื้อหาวิชา โดยจะต้องทำการวิเคราะห์ดูว่ามีหัวข้อเนื้อหาใดบ้างที่ต้องการให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้และที่จะต้องวัด แต่ละหัวข้อเหล่านั้นต้องการให้ผู้เรียนเกิดพฤติกรรมหรือสมรรถภาพอะไร กำหนดออกมาให้ชัดเจน

ขั้นที่ 2 กำหนดพฤติกรรมย่อยที่จะออกข้อสอบ จากขั้นแรกพิจารณาต่อไปว่า จะวัดพฤติกรรมย่อยอะไรบ้าง อย่างละกี่ข้อ พฤติกรรมย่อยดังกล่าวคือ จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

นั่นเอง เมื่อกำหนดจำนวนข้อที่ต้องการจริงเสร็จแล้ว ต่อมาพิจารณาว่าจะต้องออกข้อสอบเกินไว้อย่างไร ละเอียด ควรออกไว้ไม่ต่ำกว่า 25% ทั้งนี้เนื่องจากหลังจากที่นำไปทดลองใช้ และวิเคราะห์หาคุณภาพของข้อสอบรายข้อแล้ว จะตัดข้อที่มีคุณภาพไม่เข้าเกณฑ์ออก ข้อสอบที่เหลือจะได้ไม่น้อยกว่าจำนวนที่ต้องการจริง

ขั้นที่ 3 กำหนดรูปแบบของข้อคำถามและศึกษาวิธีเขียนข้อสอบ ขั้นตอนนี้จะเหมือนกับขั้นที่ 2 ของการวางแผนสร้างข้อสอบแบบอิงกลุ่มทุกประการ นั่นคือตัดสินใจว่าจะใช้ข้อคำถามรูปแบบใด และศึกษาวิธีเขียนข้อสอบ เช่น ศึกษาหลักในการเขียนข้อคำถามแบบนั้น ๆ ศึกษาวิธีเขียนข้อสอบเพื่อวัตถุประสงค์ต่าง ๆ ศึกษาเทคโนโลยีในการเขียนข้อสอบ เพื่อที่จะได้นำมาใช้ในการเขียนข้อสอบของตน

ขั้นที่ 4 เขียนข้อสอบ ลงมือเขียนข้อสอบตามจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม ตามตารางที่กำหนดจำนวนข้อสอบของแต่ละจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม และใช้รูปแบบเทคนิคการเขียนตามที่ได้ศึกษาในขั้นที่ 3

ขั้นที่ 5 ตรวจสอบข้อสอบ ขั้นตอนนี้จะเหมือนขั้นตอนที่ 4 ของการวางแผนสร้างแบบทดสอบแบบอิงกลุ่ม กล่าวคือนำข้อสอบที่ได้เขียนไว้แล้วในขั้นที่ 4 มาพิจารณาทบทวนอีกครั้ง โดยพิจารณาความถูกต้องตามหลักวิชา แต่ละข้อวัดพฤติกรรมย่อยหรือจุดประสงค์เชิงพฤติกรรมที่ต้องการหรือไม่ ภาษาที่ใช้เขียนมีความชัดเจน เข้าใจง่ายหรือไม่ ตัวถูกตัวลวงเหมาะสมเข้าเกณฑ์หรือไม่ ทำการปรับปรุงให้เหมาะสมยิ่งขึ้น

ขั้นที่ 6 ให้ผู้เชี่ยวชาญพิจารณาความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา นำจุดประสงค์เชิงพฤติกรรมแต่ละข้อสอบที่วัดแต่ละจุดประสงค์ไปให้ผู้เชี่ยวชาญด้านการวัดผลและด้านเนื้อหาไม่ต่ำกว่า 3 คน พิจารณานำข้อสอบแต่ละข้อวัดตามจุดประสงค์ที่ระบุไว้หรือไม่

ขั้นที่ 7 พิมพ์แบบทดสอบฉบับทดลอง นำข้อสอบทั้งหมดที่ผ่านการพิจารณาว่าเหมาะสมเข้าเกณฑ์ในขั้นที่ 6 มาพิมพ์เป็นแบบทดสอบ มีคำชี้แจงเกี่ยวกับแบบทดสอบ วิธีตอบ จัดวางรูปแบบการพิมพ์ให้เหมาะสม

ขั้นที่ 8 ทดลองใช้ วิเคราะห์คุณภาพ และปรับปรุง นำเอาแบบทดสอบไปทดลองสอบกับกลุ่มที่คล้ายกับกลุ่มตัวอย่างจริง จำนวนประมาณ 40 คน หรือมากกว่า โดยสอบในช่วงแรกของการเรียนวิชานั้นเรียกว่าการสอบก่อนเรียน และนำแบบทดสอบเดิมมาสอบกับกลุ่มเดิมอีกครั้งหลังจากที่เรียนวิชานั้นจบแล้ว เรียกว่า การสอบหลังเรียน นำเอาผลการสอบสองครั้งมาวิเคราะห์หาค่าอำนาจจำแนกของข้อสอบรายข้อโดยใช้วิธีวิเคราะห์ตามแบบอิงเกณฑ์ คัดเลือกข้อสอบที่มีอำนาจจำแนกเข้าเกณฑ์ตามจำนวนที่ต้องการ หาค่าความเชื่อมั่นแบบอิงเกณฑ์

ขั้นที่ 9 พิมพ์แบบทดสอบฉบับจริง นำข้อสอบที่มีค่าอำนาจจำแนกเข้าเกณฑ์ จากผลการวิเคราะห์ในขั้นที่ 8 มาพิมพ์เป็นแบบทดสอบฉบับจริงต่อไป โดยเน้นรูปแบบการพิมพ์ที่ ประณีต มีความถูกต้อง มีคำชี้แจงที่ละเอียดแจ่มชัด ผู้อ่านเข้าใจง่าย

จากการศึกษาขั้นตอนการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนข้างต้นสรุปได้ว่า ขั้นตอนการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ประกอบด้วย 7 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นที่ 1 วิเคราะห์จุดประสงค์ วิเคราะห์เนื้อหาวิชาว่ามีโครงสร้างอย่างไรและมีหัวข้อ เนื้อหาใดบ้าง มีจุดประสงค์การเรียนรู้ที่คาดหวังจะให้เกิดกับผู้เรียนอย่างไร โดยพิจารณาความเกี่ยวข้องความสัมพันธ์ระหว่างเนื้อหาวิชาและจุดประสงค์การเรียนรู้ จากนั้นจัดทำตารางวิเคราะห์หลักสูตร เพื่อเป็นแนวทางการสร้างข้อสอบ

ขั้นที่ 2 กำหนดรูปแบบของคำถามและศึกษาวิธีการสร้าง พิจารณาและตัดสินใจว่าจะใช้คำถามในรูปแบบใด ศึกษาวิธีการเขียนข้อสอบและวิธีการเขียนตอบข้อสอบ โดยวิเคราะห์จาก ตารางวิเคราะห์หลักสูตรและจุดประสงค์การเรียนรู้ให้สอดคล้องกับเนื้อหาและบริบทของผู้เรียน

ขั้นที่ 3 เขียนข้อสอบ ลงมือเขียนข้อสอบตามตารางวิเคราะห์หลักสูตรที่ได้จัดทำไว้ในขั้นที่ 1 ให้สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้และเนื้อหาวิชา โดยอาศัยหลักการเขียนจากที่ได้ ศึกษาในขั้นที่ 2

ขั้นที่ 4 ตรวจสอบข้อสอบ นำข้อสอบที่ได้จัดทำไว้ในขั้นที่ 3 มาพิจารณาความ ถูกต้องตามหลักวิชา พิจารณาความสมบูรณ์ครบถ้วนตามรายละเอียดที่กำหนดไว้ในตารางวิเคราะห์ หลักสูตร และภาษาที่ใช้ว่ามีความชัดเจน เข้าใจง่าย เหมาะสมหรือไม่ จากนั้นนำข้อสอบไปให้ ผู้เชี่ยวชาญด้านวัดผลและด้านเนื้อหาวิชาพิจารณาข้อบกพร่อง แล้วนำข้อวิจารณ์เหล่านั้นมาปรับปรุง แก้ไขข้อสอบให้เหมาะสม

ขั้นที่ 5 พิมพ์แบบทดสอบฉบับทดลอง นำข้อสอบที่ผ่านการตรวจสอบมาจัดพิมพ์ เป็นแบบทดสอบฉบับทดลอง โดยมีคำชี้แจงหรืออธิบายวิธีการทำแบบทดสอบอย่างละเอียดและ ชัดเจน และจัดวางรูปแบบการพิมพ์ให้เหมาะสม

ขั้นที่ 6 ทดลองใช้และวิเคราะห์ข้อสอบ เป็นขั้นตอนการตรวจสอบคุณภาพของ แบบทดสอบก่อนนำไปใช้จริง โดยนำแบบทดสอบไปทดลองกับกลุ่มที่มีลักษณะคล้ายกันกับกลุ่ม ตัวอย่างที่ได้เรียนในเนื้อหาวิชาที่จะสอบ จากนั้นนำผลการสอบมาตรวจให้คะแนน วิเคราะห์หาค่า อำนาจจำแนก ค่าความยากของข้อสอบแต่ละข้อ แล้วคัดเลือกข้อสอบที่มีคุณภาพผ่านเกณฑ์ตาม จำนวนที่ต้องการมาคำนวณหาค่าความเชื่อมั่น

ขั้นที่ 7 พิมพ์แบบทดสอบฉบับจริง นำข้อสอบที่มีอำนาจจำแนกและระดับความยาก ที่ผ่านเกณฑ์ในขั้นที่ 6 มาพิมพ์เป็นแบบทดสอบฉบับจริง เพื่อนำไปทดสอบกับกลุ่มตัวอย่างต่อไป

## 5. การหาคุณภาพของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

พิชิต ฤทธิ์จรูญ (2559) กล่าวว่า การตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือเป็นการ ตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือในเรื่อง ความเที่ยงตรง ความเชื่อมั่น ความยาก อำนาจจำแนก และความเป็นปรนัย ซึ่งมีรายละเอียดในการตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือวัดผลดังนี้

1. ความเที่ยงตรง หรือความตรง (Validity) เป็นเครื่องมือที่สามารถวัดได้ตามจุดประสงค์ที่ต้องการวัด แบ่งเป็น 3 ประเภท คือ

1.1 ความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (Content Validity) หมายถึงคุณสมบัติของข้อคำถามที่สามารถวัดได้ตรงตามเนื้อหาและพฤติกรรมที่ต้องการวัด เมื่อรวมข้อคำถามทุกข้อ เครื่องมือฉบับนั้นจะต้องวัดได้ครอบคลุมเนื้อหาและพฤติกรรมทั้งหมดที่ต้องการจะวัดด้วย

1.2 ความเที่ยงตรงเชิงโครงสร้าง (Construct Validity) เป็นคุณสมบัติของเครื่องมือที่สามารถวัดได้ตรงตามทฤษฎีหรือแนวคิดของโครงสร้างที่ต้องการจะวัด คำว่าโครงสร้างมีความหมายในเชิงนามธรรม ที่ใช้อธิบายตัวที่ศึกษาและเขียนไว้ในรูปข้อสันนิษฐานหรือสมมุติฐานสามารถอธิบายและค้นหาข้อเท็จจริงมาสนับสนุนได้

1.3 ความเที่ยงตรงตามเกณฑ์ที่เกี่ยวข้อง (Criteria Relative Validity) เป็นคุณสมบัติของเครื่องมือที่สามารถวัดได้สอดคล้องกับเกณฑ์ภายนอกบางอย่าง ความเที่ยงตรงตามเกณฑ์ แบ่งได้เป็น 2 ประเภท คือ

1.3.1 ความเที่ยงตรงเชิงสภาพ (Concurrent Validity) เป็นคุณสมบัติของเครื่องมือที่สามารถวัดได้ตรงกับสภาพที่เป็นจริงที่เกิดขึ้นในปัจจุบัน

1.3.2 ความตรงเชิงพยากรณ์ (Predictive Validity) เป็นคุณสมบัติของเครื่องมือที่สามารถวัดได้ตรงกับสภาพที่เป็นจริงที่เกิดขึ้นในอนาคต กล่าวคือ แบบทดสอบใดมีความตรงเชิงพยากรณ์แบบทดสอบนั้นจะสามารถทำนายผลการเรียนในอนาคตได้

2. ความเชื่อมั่น (Reliability) เป็นคุณสมบัติของเครื่องมือที่แสดงให้เห็นว่า เครื่องมือชิ้นนั้น ๆ ให้ผลการวัดที่คงที่ไม่ว่าจะใช้วัดกี่ครั้งก็เท่ากับกลุ่มเดิม

3. ความยาก (Difficulty) เป็นคุณสมบัติของข้อสอบที่บอกให้ทราบว่าข้อสอบนั้นมี คน ตอบถูกมากหรือน้อย ถ้ามีคนตอบถูกมากข้อสอบข้อนั้นง่าย ถ้ามีคนตอบถูกน้อยข้อสอบข้อนั้น ยาก ถ้ามีคนตอบถูกบ้างผิดบ้างหรือมีคนตอบถูกปานกลางข้อสอบข้อนั้นมีความยากปานกลาง

4. อำนาจจำแนก (Discrimination) เป็นคุณสมบัติของข้อสอบที่สามารถจำแนก ผู้เรียนได้ตามความแตกต่างของบุคคลว่าใครเก่ง ปานกลาง อ่อน ข้อสอบที่ดีจะต้องแยกคนเก่งกับคน ไม่เก่งออกจากกันได้

5. ความเป็นปรนัย (Objectivity) หมายถึง ความชัดเจน ความถูกต้องตามหลักวิชา และความเข้าใจตรงกัน ความเป็นปรนัยเห็นลักษณะเครื่องมือวัดผลที่แสดงลักษณะ 3 ประการดังนี้

5.1 ความชัดเจนของคำถาม ข้อคำถามต้องชัดเจนรัดกุมไม่กำกวม ไม่กำกวม ทุกคนอ่านคำถามแล้วเข้าใจตรงกันว่าคำถามนั้น ถามถึงอะไร และภาษาที่ใช้ต้องเหมาะสมกับวัยของผู้ตอบ

5.2 ความชัดเจนในการให้คะแนน หมายถึง การตรวจให้คะแนนได้ตรงไม่ว่าผู้ออกข้อสอบเป็นคนตรวจหรือใครเป็นคนตรวจก็สามารถตรวจให้คะแนนได้ตรงกันหรือเฉลยได้ตรงกัน ความชัดเจนในการแปลความหมายของคะแนน หมายถึง การแปลความหมายของคะแนนได้ชัดเจนไม่ว่าใครจะเป็นผู้แปลความหมายคะแนนก็ให้ผลเป็นอย่างเดียวกัน

ประสพท เนื่องเฉลิม (2563) กล่าวถึงการหาคุณภาพของแบบทดสอบ ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

1. ความเที่ยงตรง (Validity) การหาค่าความเที่ยงตรงของแบบทดสอบมีหลายวิธี ขึ้นอยู่กับประเภทและวัตถุประสงค์ของผู้วิจัย ผู้วิจัยใช้วิธีใดวิธีหนึ่ง หรือหลายวิธีพร้อม ๆ กันก็ได้ ความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (Content Validity) คือ การที่เครื่องมือวัดมีข้อคำถามตรงตามเรื่องที่ต้องการจะวัด วิธีการวิเคราะห์จะดำเนินการหลังจากได้สร้างเครื่องมือวัดแล้ว โดยมีวิธีการดังนี้

1.1 ให้ผู้เชี่ยวชาญหรือผู้มีประสบการณ์ในรายวิชานั้นอย่างน้อย 3 คน ช่วยประเมินเป็นรายบุคคลว่าข้อคำถามแต่ละข้อสามารถวัดได้ตรงกับจุดประสงค์ที่กำหนดหรือไม่ โดยให้คะแนนตามเกณฑ์ ดังนี้

ถ้าแน่ใจว่าข้อคำถามวัดได้ตรงจุดประสงค์ ได้ +1 คะแนน

ถ้าไม่แน่ใจว่าข้อคำถามนั้นวัดได้ตรงจุดประสงค์ ได้ 0 คะแนน

ถ้าแน่ใจข้อคำถามวัดได้ไม่ตรงจุดประสงค์ ได้ -1 คะแนน

1.2 นำคะแนนของผู้เชี่ยวชาญทุกคนที่ประเมินมารวมลงในแบบวิเคราะห์ความสอดคล้องของข้อคำถามกับจุดประสงค์ เพื่อหาค่าเฉลี่ยสำหรับข้อคำถามแต่ละข้อ

เกณฑ์การคัดเลือกข้อคำถาม

ข้อคำถามที่มีค่า IOC ตั้งแต่ 0.5-1.00 คัดเลือกไว้ใช้ได้

ข้อคำถามที่มีค่า IOC ต่ำกว่า 0.5 ควรพิจารณาปรับปรุงหรือตัดทิ้ง

2. ความยาก (Difficulty) หมายถึง จำนวนร้อยละหรือค่าสัดส่วนของผู้เรียนที่ตอบถูกในข้อนั้น เมื่อเปรียบเทียบกับผู้เรียนทั้งหมดใช้กับเครื่องมือที่วัดเป็นแบบทดสอบแบบเลือกตอบ ประเภท 0-1

3. อำนาจจำแนก (Discrimination) หมายถึง ประสิทธิภาพของข้อคำถามในการแบ่งเด็กออกเป็นกลุ่มคนเก่งและอ่อน กลุ่มผู้ผ่านเกณฑ์กับกลุ่มผู้ไม่ผ่านเกณฑ์ ในกรณีที่เป็นแบบทดสอบ หรือจำแนกผู้ที่มีคุณลักษณะสูงจากผู้ที่มีคุณลักษณะต่ำในกรณีที่เป็นแบบสอบถาม

กรณีเป็นข้อสอบที่มีการให้คะแนนแบบ 0-1 อาจใช้วิธีคำนวณค่าอำนาจจำแนก โดยมีขั้นตอนดังนี้

3.1 ตรวจสอบคะแนนของทุกคน แล้วนำกระดาษคำตอบมาเรียงลำดับคะแนน จากมากไปหาน้อย

3.2 แบ่งกลุ่มสูงและกลุ่มต่ำ (เทคนิค 50%)

3.3 ในข้อสอบแต่ละข้อให้นับจำนวนคนตอบถูกในกลุ่มสูงและกลุ่มต่ำ

4. ความเชื่อมั่น (Reliability) หมายถึง ความคงที่ในการวัดผล เช่น สอบครั้งที่ 1 ได้คะแนน 20 ถ้านำข้อสอบชุดเดิมมาสอบอีกก็จะได้คะแนนเท่าเดิมหรือใกล้เคียงที่สุด เปรียบเหมือนตาชั่ง ชั่งของกี่ครั้งก็ได้น้ำหนักเท่าเดิม ถ้าวัดกลุ่มเดียวกันซ้ำหลาย ๆ ครั้ง ผลที่ออกมาจะเหมือนกันหรือใกล้เคียงกันทุกครั้งไป

4.1 วิธีของ Kuder-Richardson ใช้สำหรับข้อสอบที่มีระบบการให้คะแนนแบบ 0-1 มีสูตรที่ใช้ 2 สูตร คือ สูตร KR-20 และ สูตร KR-21

ความแตกต่างระหว่าง KR-20 และ KR-21 คือ สูตร KR-21 สมมติให้ข้อสอบทุกข้อมีระดับความยากเท่ากัน หรือค่า  $p$  คงที่ และมักจะทำให้ค่าความเชื่อมั่นต่ำกว่าที่คำนวณโดยใช้สูตร KR-20 และทำได้รวดเร็วกว่า เพียงแต่แทนค่าจำนวนข้อในแบบทดสอบ ( $n$ ) ค่าเฉลี่ย ( $\bar{X}$ ) และค่าความแปรปรวน ( $s^2$ ) ลงในสูตร ก็สามารถคำนวณค่าความเชื่อมั่นได้

4.2 วิธีของครอนบาค (Cronbach) ใช้กับแบบสอบถามที่เป็นมาตราส่วนประมาณค่า เรียกว่า การหาสัมประสิทธิ์แอลฟา ( $\alpha$  = Coefficient) ดัดแปลงมาจาก KR-20

จากการศึกษาขั้นตอนการหาคุณภาพของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนข้างต้นสรุปได้ว่า การหาคุณภาพของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน มีรายละเอียดดังนี้

1. ความเที่ยงตรง (Validity) เป็นเครื่องมือที่มีข้อความที่สามารถวัดได้ตรงตามจุดประสงค์หรือเรื่องที่ต้องการวัด

2. ความยาก (Difficulty) เป็นการบอกสัดส่วนของผู้ที่ตอบถูกในข้อคำถามนั้นต่อจำนวนผู้ที่ตอบข้อคำถามทั้งหมด

3. อำนาจจำแนก (Discrimination) เป็นการบอกประสิทธิภาพของข้อคำถามในการจำแนกผู้เรียนออกเป็นกลุ่มเก่ง ปานกลาง และอ่อน

4. ความเชื่อมั่น (Reliability) เป็นการบอกประสิทธิภาพเครื่องมือที่แสดงให้เห็นว่าเครื่องมืออันมีความคงที่ในการวัด



5. ความเป็นปรนัย (Objectivity) เป็นการแสดงให้เห็นว่าข้อความนั้นมีความชัดเจน ไม่กำกวม ภาษาที่ใช้เหมาะสม และถูกต้อง โดยเมื่อทุกคนอ่านข้อความจะต้องมีความเข้าใจตรงกัน

### ความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้

#### 1. ความหมายของความพึงพอใจ

Good & Merkel (1973) ให้ความหมายว่า ความพึงพอใจ หมายถึง สภาพหรือระดับความพึงพอใจของบุคคล ที่เป็นผลมาจากความสนใจและเจตคติของบุคคลที่มีต่อการทำงาน

อัมพวา รักบิดา (2549) ได้ให้ความหมายของความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ไว้ว่า หมายถึง ความรู้สึกที่ดีต่อการจัดการเรียนรู้หรือความชอบของผู้เรียนที่เป็นผลมาจากการจัดการเรียนรู้ ซึ่งเกิดขึ้นเมื่อผู้เรียนปฏิบัติกิจกรรมและได้รับผลสำเร็จตามความมุ่งหมาย รวมทั้งได้รับผลตอบแทนตามความต้องการของผู้เรียน

พรรณี ชูทัย เจนจิต (2550) ได้สรุปไว้ว่าความพึงพอใจเป็นความรู้สึกในทางบวก ความรู้สึกที่ดี ที่ประทับใจต่อสิ่งเร้าต่าง ๆ ไม่ว่าจะเป็นสินค้าและบริการ ราคา การจัดจำหน่าย และการส่งเสริมการตลาด

สุภารัตน์ อะหลีแอ (2558) ได้สรุปความหมายของความพึงพอใจว่า หมายถึง ความรู้สึกดี ความชอบ และการให้คุณค่าของผู้เรียนต่อการจัดการเรียนรู้ อันเป็นผลมาจากการจัดการเรียนรู้ ผู้สอน ความพร้อม และบรรยากาศของการจัดการเรียนรู้ รวมถึงการที่ผู้เรียนปฏิบัติกิจกรรมแล้ว ประสบผลสำเร็จตามความต้องการของผู้เรียน

จากการศึกษาความหมายของความพึงพอใจข้างต้นสรุปได้ว่า ความพึงพอใจ หมายถึง ความรู้สึกชอบหรือพอใจ ซึ่งเป็นความรู้สึกในเชิงบวกของนักเรียนต่อการจัดการเรียนรู้ โดยเป็นผลมาจากการจัดการเรียนรู้ ผู้สอน ความพร้อมบรรยากาศของการจัดการเรียนรู้ รวมไปถึงการที่ผู้เรียนสามารถทำกิจกรรมแล้วประสบผลสำเร็จตามความต้องการของผู้เรียน

#### 2. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับความพึงพอใจ

Keller (1993 อ้างถึงใน พิมพันธ์ เดชะคุปต์, 2554) กล่าวว่า ประเด็นแรงจูงใจมี 4 ประการ คือ

1. ความสนใจ หมายถึง ความอยากรู้อยากเห็นของผู้เรียนได้รับการกระตุ้นหรือไม่ และการกระตุ้นจะยังคงอยู่ได้ยาวนานตามเวลาอันควรหรือไม่

2. ความจำเป็น หมายถึง การให้ผู้เรียนรับรู้และเข้าใจว่า การเรียนการสอนมีความสำคัญและจำเป็นต่อความพึงพอใจส่วนตัว และจะช่วยให้ตนเองประสบความสำเร็จในอนาคต

3. การคาดหวัง หมายถึง การที่ผู้เรียนมีแนวโน้มว่า ตนเองจะประสบผลสำเร็จได้ และความสำเร็จดังกล่าวจะเกิดขึ้นได้โดยตนเองเป็นผู้กำหนด

4. การพึงพอใจ หมายถึง แรงจูงใจที่มีมาตั้งแต่เกิดของผู้เรียน และการตอบรับกับความสำเร็จที่เกิดขึ้นในเวลาต่อมามีส่วนในการตั้งเป้าหมายได้รับทราบผลสำเร็จจากการทำงาน โดยตรง และงานนั้นสามารถทำให้สำเร็จได้

Maslow (1970 อ้างถึงใน เสาวรี ภูบาลชื่น, 2560) ได้เสนอทฤษฎีลำดับขั้นของความต้องการ (Need Hierarchy Theory) ซึ่งเป็นทฤษฎีหนึ่งที่ได้รับการยอมรับอย่างกว้างขวางโดยตั้งอยู่บนสมมติฐานเกี่ยวกับพฤติกรรมของมนุษย์ ดังนี้

#### 1. ลักษณะความต้องการของมนุษย์ ได้แก่

1.1 ความต้องการของมนุษย์เป็นไปตามลำดับขั้นความสำคัญ โดยเริ่มจากระดับความต้องการขั้นต่ำไปสู่ระดับความต้องการขั้นสูง

1.2 มนุษย์มีความต้องการอยู่เสมอ เมื่อความต้องการอย่างหนึ่งได้รับการตอบสนองแล้วก็มีความต้องการสิ่งใหม่เข้ามาแทนที่

1.3 เมื่อความต้องการระดับหนึ่งได้รับการตอบสนองแล้ว จะไม่จูงใจให้เกิดพฤติกรรมต่อสิ่งนั้น แต่มันจะมีความต้องการในระดับสูงเข้ามาแทน และเป็นแรงจูงใจให้เกิดพฤติกรรมนั้น

1.4 ความต้องการที่เกิดขึ้นอาศัยซึ่งกันและกัน มีลักษณะควบคู่กันคือ เมื่อมีความต้องการอย่างหนึ่งยังไม่หมดสิ้นไป ก็มีความต้องการอย่างหนึ่งเกิดขึ้นมา

#### 2. ลำดับความต้องการของมนุษย์ (Hierarchy of Needs) มี 5 ระดับ ได้แก่

2.1 ความต้องการทางด้านร่างกาย (The Physiological Need) เป็นความต้องการเบื้องต้นเพื่อความอยู่รอดของชีวิต เช่น ความต้องการในเรื่องอาหาร น้ำ อากาศ เครื่องนุ่งห่ม ยารักษาโรค ที่อยู่อาศัย ความต้องการทางเพศ ความต้องการทางด้านร่างกายจะมีอิทธิพลต่อพฤติกรรมของตนก็ต่อเมื่อความต้องการทั้งหมดของคนยังไม่ได้รับการตอบสนอง

2.2 ความต้องการความมั่นคงปลอดภัย (Safety Need) เป็นความรู้สึกที่ต้องการความมั่นคงปลอดภัยในปัจจุบันและอนาคต ซึ่งรวมไปถึงความเจริญก้าวหน้าและความอบอุ่นใจ

2.3 ความต้องการยกย่องทางสังคม (Social or Belonging Needs) ได้แก่ ความต้องการที่จะเข้าร่วมและได้รับการยอมรับในสังคม ความเป็นมิตรและความรักจากเพื่อน

2.4 ความต้องการมีชื่อเสียง เกียรติยศ ได้รับการยกย่องทางสังคม (The Esteem Need) เป็นความต้องการระดับสูง ได้แก่ ความต้องการอยากเด่นในสังคม รวมถึงความสำเร็จ ความรู้ความสามารถ ความเป็นอิสระและเสรีภาพ และการเป็นที่ยอมรับนับถือของคนทั้งหลาย

2.5 ความต้องการที่จะได้รับความสำเร็จในชีวิต (Self Actualization) เป็นระดับความต้องการระดับสูงสุดของมนุษย์ ส่วนมากจะเป็นการอยากจะเป็นอยากจะทำให้ได้ตามความคิดของตนเองแต่ไม่สามารถเสาะแสวงหาได้

กันยา สุวรรณแสง (2554) กล่าวถึงกฎการเรียนรู้ของธอร์นไดค์ (Thorndike) ดังนี้

### 1. กฎการเรียนรู้หลักมี 3 กฎ ดังนี้

1.1 กฎแห่งความพร้อม (Law of Readiness) กล่าวว่า เมื่อบุคคลมีความพร้อมหรือไม่มีความพร้อมที่จะเรียนหรือกระทำสิ่ง ๆ ใด จะมีพฤติกรรมหรือความรู้สึก ดังนี้

1.1.1 ถ้าไม่ได้เรียนหรือไม่ได้กระทำจะเกิดความไม่พอใจ ไม่สบายใจ

1.1.2 ถ้าได้เรียนหรือได้กระทำจะเกิดความพึงพอใจ

1.1.3 เมื่อบุคคลไม่มีความพร้อม แล้วถูกบังคับให้เรียนหรือให้กระทำจะเกิดความไม่สบายใจ ไม่พอใจ

1.2 กฎแห่งการใช้และไม่ใช้ (Law of Use and Disuse) หรือกฎแห่งการฝึกฝน (Law of Practice) กล่าวว่า การกระทำใด ๆ หรือพฤติกรรมใด ๆ ถ้าได้ทำอยู่เสมอจะทำให้มีความชำนาญ คล่องแคล่ว และมีทักษะมากขึ้น ย่อมทำสิ่งนั้นได้ดี ส่วนการกระทำใด ๆ ถ้าทิ้งช่วงห่างนานเกินไป การกระทำสิ่งนั้นมักไม่ได้ผลดีเหมือนเดิม

1.3 กฎแห่งผลที่ได้รับ หรือกฎแห่งผลตอบแทน (Law of Effect) กล่าวว่า พฤติกรรมใดที่สร้างความสุขความสำเร็จจะได้รับความพึงพอใจ และจะเกิดพฤติกรรมนั้นอีกต่อไป ส่วนพฤติกรรมใดที่ทำให้ผิดหวัง ไม่สบายใจ พฤติกรรมนั้นจะถูกขจัดไป

2. กฎการเรียนรู้ย่อยของ Thorndike (Subordinate Laws) เช่น กฎแห่งเจตคติ ความโน้มเอียง ความเชื่อ (Law or Attitude) กล่าวว่า เจตคติและความเชื่อเป็นเครื่องช่วยตั้งจุดมุ่งหมายว่าอะไรเป็นที่พอใจ หรือไม่พอใจ ประสบการณ์เดิมทำให้เกิดความพร้อมในการกระทำสิ่งใด ๆ ซึ่งเป็นเครื่องชี้บอกถึงความพึงพอใจ

จากการศึกษาทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับความพึงพอใจข้างต้นสรุปได้ว่า ปัจจัยส่งผลให้บุคคลจะเกิดความพึงใจหรือไม่พึงใจต่อสิ่งใดสิ่งหนึ่ง ได้แก่

1. ความต้องการของบุคคล หากบุคคลได้รับการตอบสนอง ได้แก่ ปัจจัย 4 ซึ่งเป็นความต้องการพื้นฐานของชีวิต ความมั่นคงและปลอดภัย การได้รับความรักและเป็นที่ยอมรับของบุคคลอื่น การมีเกียรติยศและศักดิ์ศรีได้รับการยกย่องจากบุคคลอื่น การพัฒนาตนเองให้ประสบความสำเร็จตามเป้าหมาย ซึ่งหากบุคคลได้รับความต้องการเหล่านี้ก็จะส่งผลให้เกิดความพึงพอใจ

2. ความพร้อม บุคคลที่มีความพร้อมที่จะเรียนรู้และได้เรียนรู้ตามความต้องการก็เกิดความพึงพอใจ แต่ถ้าบุคคลที่ไม่มีความพร้อมในการเรียนรู้ หากต้องเรียนรู้จะส่งผลทำให้เกิดความ

ไม่พึงพอใจต่อการเรียนรู้ นั้น ๆ ความต้องการเป็นพื้นฐานที่ทำให้เกิดแรงจูงใจ ส่งผลให้บุคคลแสดงพฤติกรรมที่นำไปสู่เป้าหมายและสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ

3. พฤติกรรมใดที่ทำให้เกิดความสุข ความสบายใจ จะส่งผลทำให้เกิดความพึงพอใจ และหากพฤติกรรมใดที่ทำให้เกิดความผิดหวัง ไม่สบายใจ ไม่มีความสุขก็จะส่งผลทำให้เกิดความไม่พึงพอใจ

4. ในการทำงาน ถ้าบุคคลมีความสนใจ ความคาดหวัง และการวางแผนที่ดี จะทำให้เกิดแรงจูงใจในการทำงาน ซึ่งก่อให้เกิดความสำเร็จ และความพึงพอใจต่อบุคคลนั้น

### 3. การวัดความพึงพอใจ

ความพึงพอใจเป็นความรู้สึกชอบหรือพอใจต่อสิ่งใดสิ่งหนึ่งของบุคคล ในการวัดความรู้สึกของบุคคลจะต้องมีเครื่องมือในการวัด และการวัดความพึงพอใจซึ่งเป็นพฤติกรรมอย่างหนึ่งในด้านจิตพิสัย โดยเครื่องมือที่ใช้วัดทางด้านจิตพิสัย มีรายละเอียดดังนี้

สุรวาท ทองบุ (2550) กล่าวว่า เครื่องมือที่นิยมใช้ในการวัดด้านจิตพิสัย แบ่งออกเป็น 3 ประเภท แบบสอบถาม การสัมภาษณ์ และการสังเกต ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

1. แบบสอบถาม (Questionnaire) แบบสอบถามเป็นชุดของคำถามเกี่ยวกับเรื่องใดเรื่องหนึ่ง สร้างขึ้นเพื่อใช้รวบรวมข้อมูลจากกลุ่มประชากรจำนวนมาก ซึ่งได้แก่ ข้อมูลเกี่ยวกับข้อเท็จจริง ความคิดเห็น ความรู้สึกความเชื่อ และความสนใจต่าง ๆ โดยเตรียมรายการคำถามเกี่ยวกับเรื่องใดเรื่องหนึ่ง ซึ่งเตรียมไว้สำหรับผู้ตอบ โดยให้เลือกตอบ หรือเติมคำ ข้อความ หรือตัวเลข ให้ตอบ โดยแบบสอบถามส่วนใหญ่ใช้กับข้อมูลด้านจิตพิสัย (Affective Domain) แบบสอบถามนิยมใช้มี 2 แบบ ดังนี้

1.1 แบบสำรวจรายการ (Check List) เป็นแบบสอบถามอีกลักษณะหนึ่งที่มีการตอบให้ผู้ตอบเลือกคำตอบใดคำตอบหนึ่งจากสองหรือหลาย ๆ คำตอบ

1.2 แบบมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) เป็นแบบสอบถามที่ลักษณะการตอบเป็นการประเมินความมากน้อย โดยวัดจากผู้ตอบมีคุณลักษณะในสิ่งที่ต้องการศึกษาหรือมีความคิดเห็นเกี่ยวกับสิ่งที่จะถามอยู่ในระดับใด โดยมากมักจะมี 5 ระดับ หรือ 5 อันดับ ซึ่งแบ่งออกเป็น 3 ชนิด ได้แก่ มาตราส่วนประมาณค่าแบบจัดประเภท (Category Rating Scale) มาตราส่วนประมาณค่าแบบกำหนดเป็นตัวเลข (Numerical Rating Scale) และมาตราส่วนประมาณค่าแบบกราฟ (Graphic Rating Scale)

2. การสัมภาษณ์ (Interview) การสัมภาษณ์เป็นเครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูลที่มีลักษณะเหมือนการสอบปากเปล่า ต้องอาศัยการโต้ตอบทางวาจาเป็นหลัก ใช้ได้ดีสำหรับการเก็บข้อมูลเกี่ยวกับความรู้สึก ความสนใจ ความคิดเห็น และทัศนคติ ในเรื่องต่าง ๆ ทางด้านจิตพิสัย (Affective Domain) การสัมภาษณ์แบ่งได้เป็น 2 ประเภท คือ

2.1 การสัมภาษณ์ที่มีโครงสร้างแน่นอน (Structured Interview) เป็นการที่ได้กำหนดตัวคำถามและคำตอบไว้เรียบร้อยแล้ว คำตอบมักเป็นแบบให้ผู้ตอบเลือกตอบอย่างใดอย่างหนึ่ง

2.2 การสัมภาษณ์ที่ไม่มีโครงสร้างแน่นอน (Unstructured Interview) เป็นการสัมภาษณ์ที่ไม่มีการกำหนดคำตอบไว้แน่นอนตายตัว คำถามที่ใช้และลำดับคำถามจึงเปลี่ยนแปลงยืดหยุ่นได้ ผู้สัมภาษณ์มีอิสระในการตัดแปลงคำถามได้เหมาะสม แต่ก็ให้เป็นไปตามที่ได้ตั้งวัตถุประสงค์ไว้และผู้ตอบก็มีอิสระในการตอบ

3. การสังเกต (Observation) การสังเกตเป็นเครื่องมือเก็บรวบรวมข้อมูลที่ต้องอาศัยประสาทสัมผัสหลายอย่างโดยเฉพาะอย่างยิ่งประสาทสัมผัสทางตาและหูเป็นสำคัญ การสังเกตใช้ได้ดีสำหรับการศึกษาคูณลักษณะและพฤติกรรมของบุคคล รวมถึงปรากฏการณ์และพิธีการต่าง ๆ ใช้เป็นเครื่องมือรวบรวมข้อมูลได้ทั้งด้านวิทยาศาสตร์กายภาพ และทางด้านพฤติกรรมศาสตร์และสังคมศาสตร์ แบ่งออกได้เป็น 2 ประเภทใหญ่ ๆ คือ

3.1 การสังเกตทางตรง (Direct Observation) เป็นการสังเกตที่ผู้สังเกตต้องเฝ้าดูเหตุการณ์หรือพฤติกรรมที่เกิดด้วยตนเอง โดยอาศัยประสาทสัมผัสทางตาเป็นส่วนใหญ่ รองลงมาคือหู แบ่งย่อยเป็น 2 ลักษณะ คือ การสังเกตแบบมีส่วนร่วม (Participant Observation) และการสังเกตแบบไม่มีส่วนร่วม (Nonparticipant Observation)

3.2 การสังเกตทางอ้อม (Indirect Observation) เป็นการสังเกตที่ผู้สังเกตไม่เห็นเหตุการณ์หรือพฤติกรรมที่เกิดขึ้นด้วยตนเอง แต่อาศัยการถ่ายทอดด้วยเครื่องมืออย่างใดอย่างหนึ่ง

พิชิต ฤทธิ์จรูญ (2559) กล่าวว่า เครื่องมือวัดพฤติกรรมด้านจิตพิสัยมีหลายประเภท ได้แก่ แบบตรวจสอบรายการ มาตรฐานประมาณค่า แบบวัดเชิงสถานการณ์ การสังเกต และการสัมภาษณ์ ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

1. แบบตรวจสอบรายการ แบบตรวจสอบรายการเป็นการสร้างรายงานของข้อความที่เกี่ยวข้องกับพฤติกรรม หรือการปฏิบัติหรือคุณลักษณะที่ต้องการประเมินว่ามีหรือไม่มี แบบตรวจสอบรายการนิยมใช้ในการประเมินความสนใจของผู้เรียน เจตคติ คุณลักษณะส่วนตัว

2. มาตรฐานประมาณค่า มาตรฐานประมาณค่าแตกต่างจากแบบตรวจสอบรายการ กล่าวคือ แบบตรวจสอบรายการต้องการทราบว่ามีหรือไม่มีในเรื่องนั้น แต่มาตรฐานประมาณค่าต้องการทราบละเอียดยิ่งขึ้นว่ามีอยู่เพียงใด หรือมีในระดับใด เพื่อจัดอันดับคุณภาพในการประมาณค่า กระบวนการ ผลผลิต และวัดคุณลักษณะนิสัยหรือลักษณะทางจิตวิทยา เช่น ความสนใจ ค่านิยมการปรับตัว และความคิดเห็น เป็นต้น รูปแบบมาตรฐานประมาณค่านี้หากกำหนดเป็นความรู้สึก ความคิดเห็น เจตคติ หรือพฤติกรรมในเชิงสนับสนุน – ไม่สนับสนุนข้อความนั้น

กำหนดคำตอบเป็น 5 ระดับ เป็นการประมาณค่าของลิเคิร์ต (Likert Rating Scale) หากกำหนด คำคุณศัพท์ที่มีความหมายตรงกันข้ามโดยมีคำหรือตัวเลขแสดงระดับพฤติกรรมตั้งแต่ต่ำสุดไปจนถึง สูงสุด เป็นการประมาณค่าของออสกู๊ด (Osgood) หรือวิธีหาความแตกต่างของความหมาย (Semantic Differential Scale)

3. แบบวัดเชิงสถานการณ์ แบบวัดเชิงสถานการณ์เป็นการจำลอง หรือสร้าง เหตุการณ์เรื่องราวต่างๆ ขึ้นแล้วให้บุคคลแสดงความรู้สึกว่าตนเองจะกระทำ หรือมีความเห็นอย่างไร ต่อสถานการณ์ที่กำหนดขึ้น โดยปกติแล้วการตอบสนองต่อสถานการณ์นั้นอาจให้ตอบสนองว่าตัวเอง จะทำอย่างไร หรือการให้เขาแสดงความคิดเห็นว่าตัวบุคคลในสถานการณ์นั้น ๆ จะทำอย่างไร การตอบอาจให้ผู้ตอบเขียน หรือบอกข้อความคิดเห็นของตนเองหรืออาจจะให้เลือกตัวเลือกที่กำหนดให้ตอบก็ได้

4. การสังเกต การสังเกตเป็นการเก็บรวบรวมข้อมูล หมายถึงการเฝ้าดูหรือศึกษา เหตุการณ์ของ เรื่องราวโดยละเอียด ดังนั้นเมื่อกกล่าวถึงการสังเกตเพื่อรวบรวมข้อมูลขึ้นอยู่กับ วัตถุประสงค์ว่าใครเป็นผู้สังเกต สังเกตอะไร ภายใต้สภาพการณ์ใด เพราะความหมายของการสังเกต จะแปรเปลี่ยนไปตามบริบท

5. การสัมภาษณ์ การสัมภาษณ์เป็นวิธีการรวบรวมข้อมูลโดยผู้รวบรวมมีโอกาส พบปะสนทนากับ ผู้ให้ข้อมูลโดยตรงและมีจุดมุ่งหมายที่แน่นอนทั้งสองฝ่าย คือ ผู้สัมภาษณ์และผู้ให้ สัมภาษณ์ การสัมภาษณ์จะทำให้ได้ความรู้ ความจริง เกี่ยวกับพฤติกรรม คุณลักษณะ เจตคติ บุคลิกภาพ ท่วงที วาจา อุปนิสัย ปฏิภาณไหวพริบ นับว่าเป็นวิธีการที่รวบรวมข้อมูลได้ละเอียด

สมนึก ภัททิยธนี (2562) กล่าวว่า แบบสอบถาม (Questionnaire) เป็นเครื่องมือชนิด หนึ่งที่นิยมใช้กันมาก โดยเฉพาะการเก็บข้อมูลทางสังคมศาสตร์ทั้งนี้เพราะเป็นวิธีการที่สะดวก และ สามารถใช้วัดได้อย่างกว้างขวาง ทั้งข้อมูลหรือข้อเท็จจริงในอดีต ปัจจุบัน และการคาดคะเน เหตุการณ์ในอนาคต แบบสอบถามส่วนใหญ่จะอยู่ในรูปของคำถามเป็นชุด ๆ เพื่อวัดสิ่งที่ต้องการจะ วัด โดยมีคำถามเป็นตัวกระตุ้นเร่งเร้าให้บุคคลแสดงพฤติกรรมต่าง ๆ ออกมา ถือว่าเป็นเครื่องมือที่ นิยมใช้วัดทางด้านจิตพิสัย (Affective Domain) โดยรูปแบบของแบบสอบถาม โดยทั่วไป แบ่ง ออกเป็น 2 ชนิด รายละเอียดดังนี้

1. แบบสอบถามชนิดปลายเปิด (Open Ended Form) แบบสอบถามชนิดนี้ไม่ได้ กำหนดคำตอบไว้ เพื่อเปิดโอกาสให้ผู้ตอบเขียนตอบอย่างอิสระด้วยความคิดของตนเอง แบบสอบถาม ชนิดนี้ตอบยากและเสียเวลาในการตอบมาก เพราะผู้ตอบจะต้องคิดวิเคราะห์อย่างกว้างขวาง ถ้าใช้ ควบคู่กับแบบสอบถามอื่น ๆ ผู้ตอบส่วนใหญ่มักจะเว้นข้ามไม่ตอบในส่วนที่เป็นแบบปลายเปิด หรือ ตอบเพียงเล็กน้อยเท่านั้น แบบสอบถามชนิดนี้นิยมใช้เมื่อต้องการทราบเจตคติ แรงจูงใจ หรือเงื่อนไข



ตลอดจนแนวความคิดต่าง ๆ ที่เป็นสาเหตุของการตัดสินใจของผู้ตอบ และใช้เป็นแนวทางในการสร้างแบบสอบถามชนิดปลายปิด แบบสอบถามชนิดนี้สร้างง่ายแต่วิเคราะห์และสรุปผลยาก

2. แบบสอบถามชนิดปลายปิด (Closed Ended Form) แบบสอบถามชนิดนี้ประกอบด้วย ข้อคำถามและตัวเลือก (คำตอบ) ซึ่งตัวเลือกนี้สร้างขึ้นโดยคาดว่าผู้ตอบสามารถเลือกตอบได้ตามความต้องการ แบบสอบถามชนิดนี้สร้างยากและใช้เวลาสร้างมากกว่าแบบสอบถามชนิดปลายเปิด แต่ผู้ตอบ ตอบง่ายสะดวกรวดเร็ว นอกจากนี้ข้อมูลที่ได้สามารถนำไปวิเคราะห์และสรุปผลง่าย แบบสอบถามชนิดปลายปิด แบ่งเป็น 4 แบบ ดังนี้

2.1 แบบตรวจสอบรายการ (Checklist) แบบตรวจสอบรายการ เป็นการสร้างรายการของข้อคำถามที่เกี่ยวข้องหรือสัมพันธ์กับคุณลักษณะของพฤติกรรม (Behavior Traits) หรือการปฏิบัติ (Performance) แต่ละรายการจะถูกประเมิน หรือชี้ให้ตอบในแง่ใดแง่หนึ่ง เช่น มี - ไม่มีจริง - ไม่จริง เห็นด้วย - ไม่เห็นด้วย เชื่อ - ไม่เชื่อ ใช่ - ไม่ใช่ ฯลฯ หรืออาจมีคำตอบให้เลือกได้หลายคำตอบ

2.2 มาตรฐานประมาณค่า (Rating Scale) มาตรฐานประมาณค่าเป็นเครื่องมือที่ครูใช้ในการประเมินนักเรียน และนักเรียนใช้ในการประเมินหรือพิจารณาตนเองหรือสิ่งอื่น ๆ ใช้ทั้งในการประเมินการปฏิบัติ กิจกรรม ทักษะต่าง ๆ และพฤติกรรมด้านจิตพิสัย เช่น เจตคติ แรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์ ความสนใจ ฯลฯ เครื่องมือชนิดนี้ต่างจากแบบตรวจสอบรายการ (Checklist) กล่าวคือ แบบตรวจสอบรายการต้องการทราบว่ามีหรือไม่มี ในเรื่องนั้น แต่มาตรฐานประมาณค่าต้องการทราบละเอียดยิ่งกว่านั้น คือต้องการทราบว่ามามากน้อยเพียงใด มุ่งให้ผู้ตอบประเมินข้อความที่ถามออกมาเป็นระดับเพียงคำตอบเดียวจากมาตรฐานประมาณค่าที่มีระดับความเข้มให้พิจารณาตั้งแต่ 3 ระดับขึ้นไป ซึ่งควรมีระดับตรงกลางเป็นจุดสมดุล

2.3 แบบจัดอันดับ (Rank Order) แบบสอบถามลักษณะนี้ มักจะให้ผู้ตอบจัดเรียงอันดับความสำคัญหรือคุณภาพจากมากไปหาน้อย

2.4 แบบเติมคำสั้น ๆ ในช่องว่าง แบบสอบถามลักษณะนี้จะต้องกำหนดขอบเขตจำเพาะเจาะจงลงไป

จากการศึกษาการวัดความพึงพอใจข้างต้นสรุปได้ว่า เครื่องมือวัดที่ใช้ในการวัดความพึงพอใจของบุคคล แบ่งออกได้หลายประเภท ดังนี้

1. การสังเกต เป็นการรวบรวมข้อมูลโดยใช้ประสาทสัมผัสของผู้สังเกตโดยตรง
2. การสัมภาษณ์ เป็นการรวบรวมข้อมูลโดยใช้การสนทนาระหว่างผู้ให้ข้อมูลกับผู้สังเกต
3. แบบวัดเชิงสถานการณ์ เป็นการจำลอง หรือสร้างเหตุการณ์เรื่องราวต่าง ๆ แล้วให้บุคคลแสดงความคิดเห็นต่อสถานการณ์นั้น ๆ

4. แบบสอบถาม โดยใช้แบบตรวจสอบรายการ (Checklist) เป็นการสร้างรายการของข้อคำถาม เพื่อให้ผู้ตอบเลือกคำตอบใดคำตอบหนึ่งจากสองหรือหลาย ๆ คำตอบ

5. แบบสอบถาม โดยใช้มาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) เป็นแบบตรวจสอบรายการที่ต้องการทราบละเอียดของสิ่งที่ต้องการศึกษามีอยู่เพียงใด หรืออยู่ในระดับใด

6. แบบสอบถาม โดยใช้แบบจัดอันดับ (Rank Order) เป็นลักษณะที่ให้ผู้ตอบจัดเรียงอันดับความสำคัญ หรือคุณภาพจากมากไปหาน้อย

7. แบบสอบถาม โดยใช้แบบเติมคำสั้น ๆ ในช่องว่าง

งานวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยวัดความพึงพอใจของนักเรียนต่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานผ่านระบบออนไลน์ โดยใช้แบบวัดความพึงพอใจซึ่งเป็นแบบสอบถามแบบมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ ของลิเคิร์ท (Likert Rating Scale)

### งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

#### 1. งานวิจัยที่เกี่ยวข้องในประเทศ

พนนิดา มีลา และ ร่มเกล้า อาจเดช (2560) ได้ทำการวิจัยเพื่อศึกษาและเปรียบเทียบความสามารถในการอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน เรื่อง สมบัติของแก๊ส ที่เรียนรู้ด้วยการสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน กลุ่มตัวอย่าง เป็นนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ของโรงเรียนแห่งหนึ่งในจังหวัดขอนแก่น จำนวน 34 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย คือ แบบวัดความสามารถในการอธิบายทางวิทยาศาสตร์ก่อนและหลังเรียน นำข้อมูลมาวิเคราะห์ทางสถิติ ได้แก่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และ Paired samples t-test เพื่อวิเคราะห์ความสามารถในการอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนทั้งก่อนเรียนและหลังเรียน ผลการวิจัย พบว่า 1) ก่อนเรียนนักเรียนส่วนใหญ่มีความสามารถในการอธิบายทางวิทยาศาสตร์สูงสุดอยู่ในระดับ 1 แต่หลังการจัดการเรียนรู้ด้วยการสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่มีการพัฒนาระดับความสามารถในการอธิบายทางวิทยาศาสตร์เป็นระดับ 2 2) ความสามารถในการอธิบายทางวิทยาศาสตร์ก่อนและหลังเรียนของนักเรียน เรื่อง สมบัติของแก๊ส มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05 กล่าวคือ นักเรียนมีความสามารถในการอธิบายทางวิทยาศาสตร์ หลังเรียนเพิ่มมากขึ้นจากก่อนเรียน แสดงให้เห็นว่า การจัดการเรียนรู้ด้วยการสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานช่วยสนับสนุนความสามารถในการอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน เรื่อง สมบัติของแก๊สได้

พิษณุ ศุภศาสตร์วงศ์ และคณะ (2563) ได้ทำการวิจัยเพื่อพัฒนาและเปรียบเทียบความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง เคมีไฟฟ้า ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับภาพเคลื่อนไหวกลุ่มเป้าหมาย คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 32 คน ที่ศึกษาอยู่ในโรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยขอนแก่น ฝ่ายมัธยมศึกษา (มอดินแดง) เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ 1) แผนการจัดการเรียนรู้ และ 2) แบบทดสอบความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ก่อนและหลังเรียน เพื่อให้ให้นักเรียนระบุข้อกล่าวอ้าง หลักฐาน และเหตุผล แล้วนำข้อมูลมาวิเคราะห์ทางสถิติโดยใช้ค่าร้อยละ และ Wilcoxon signed-ranks test จากผลการวิจัย พบว่า นักเรียนมีความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ในระดับดีมากหลังจากการจัดการเรียนรู้ โดยจำนวนนักเรียนที่สามารถระบุองค์ประกอบของคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ในระดับ 2 เพิ่มขึ้นในทุกองค์ประกอบ และจำนวนนักเรียนที่ระบุองค์ประกอบของคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ในระดับ 0 ลดลงในทุกองค์ประกอบ และเมื่อเปรียบเทียบความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ก่อนและหลังเรียนของทั้ง 2 แผนจัดการเรียนรู้ พบว่านักเรียนมีความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนมากกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ศศิกานต์ นิมิตา และคณะ (2563) ได้ทำการวิจัยเพื่อ 1) เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่เรียนโดยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับการใช้เทคนิคการเขียนทางวิทยาศาสตร์ (SWH) เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี หลังเรียนกับเกณฑ์ร้อยละ 70 2) เปรียบเทียบความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่เรียนโดยการจัดการเรียนรู้แบบดังกล่าวระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียน และ 3) ศึกษาระดับความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่เรียนโดยการจัดการเรียนรู้แบบดังกล่าว กลุ่มตัวอย่าง คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ปีการศึกษา 2561 โรงเรียนพะโตะวิทยา จังหวัดชุมพร จำนวน 31 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ 1) แผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับเทคนิคการเขียนทางวิทยาศาสตร์ (SWH) 2) แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ และ 3) แบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ นำข้อมูลมาวิเคราะห์ทางสถิติ ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ร้อยละ การทดสอบค่าที และการวิเคราะห์เนื้อหา จากผลการวิจัย พบว่า 1) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่เรียนโดยการจัดการเรียนรู้แบบดังกล่าวหลังเรียน สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 2) ความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่เรียนโดยการจัดการเรียนรู้แบบดังกล่าวหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และ 3) ระดับความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่เรียนโดยการจัดการเรียนรู้แบบสืบ

เสาะหาความรู้ร่วมกับการใช้เทคนิคการเขียนทางวิทยาศาสตร์ (SWH) มีคะแนนเฉลี่ยอยู่ที่ 15.97 ซึ่งมีความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับดี

ศศิมน ศรีกุลวงศ์ และ ลฎาภา ลดาชาติ (2564) ได้ทำการวิจัยเพื่อศึกษาความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์โดยการเขียนคำอธิบายและการวาดภาพแบบจำลองของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 กลุ่มตัวอย่าง เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 จำนวน 20 คน ที่กำลังศึกษาในโรงเรียนแห่งหนึ่งในจังหวัดลำปาง เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ แบบวัดการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นซึ่งเป็นข้อคำถามปลายเปิด จำนวน 4 ข้อ โดยให้นักเรียนเขียนอธิบายคำตอบพร้อมทั้งวาดภาพแบบจำลอง นำข้อมูลมาวิเคราะห์เนื้อหาในการเขียนอธิบายตามองค์ประกอบของคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ 3 องค์ประกอบ คือ ข้อกล่าวอ้าง หลักฐาน และการให้เหตุผล และจัดกลุ่มตามเกณฑ์การประเมินความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์และในส่วนของการวาดภาพแบบจำลอง ผลการวิจัย พบว่า นักเรียนมีความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับสูง ปานกลาง และต่ำ คิดเป็นร้อยละ 6.66 26.67 และ 66.67 ตามลำดับ โดยเมื่อเปรียบเทียบทั้ง 3 องค์ประกอบ พบว่า นักเรียนมีการระบุงค์ประกอบข้อกล่าวอ้างมากที่สุด รองลงมาคือหลักฐาน และการให้เหตุผล ตามลำดับ และการวาดภาพแบบจำลองพบว่านักเรียนวาดภาพแบบจำลองที่แสดงถึงองค์ประกอบข้อกล่าวอ้างมากที่สุด รองลงมาคือองค์ประกอบหลักฐาน และไม่มีนักเรียนคนใดเลยที่วาดภาพแสดงถึงองค์ประกอบการให้เหตุผล จึงกล่าวได้ว่า การวาดภาพแบบจำลองสามารถใช้เพื่อสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ได้อีกรูปแบบหนึ่ง โดยเฉพาะการแสดงถึงองค์ประกอบข้อกล่าวอ้างและหลักฐาน

เสาวรภย์ แสงอรุณ และคณะ (2564) ได้ทำการวิจัยเพื่อ 1) เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานกับนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ 2) เปรียบเทียบความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนดังกล่าวกับนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ 3) เปรียบเทียบความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนดังกล่าวระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียน กลุ่มตัวอย่าง เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์ - คณิตศาสตร์ โรงเรียนวัดสุทธิวราราม จำนวน 2 ห้องเรียน โดยแบ่งเป็นกลุ่มทดลอง จำนวน 44 คน และกลุ่มควบคุม จำนวน 45 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ 1) แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน 2) แผนการจัดการเรียนรู้แบบปกติ 3) แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี และ 4) แบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ นำข้อมูลมาวิเคราะห์ทาง ได้แก่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน การวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วม และการทดสอบค่าที ผลการวิจัยพบว่า 1) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมีของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานสูงกว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 2) ความคิดสร้างสรรค์ทาง

วิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานสูงกว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 3) ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

พิมพ์ผกา วิเศษสา และ สุดคณิง นฤพนธ์จิรกุล (2564) ได้ทำการวิจัยเพื่อ 1) เปรียบเทียบความสามารถในการสร้างมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 หลังเรียนโดยใช้การเรียนรู้แบบสืบเสาะร่วมกับการใช้แบบจำลองเป็นฐานกับเกณฑ์ร้อยละ 70 2) เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนและหลังเรียนโดยใช้การเรียนรู้แบบสืบเสาะร่วมกับการใช้แบบจำลองเป็นฐาน และ 3) ศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะร่วมกับการใช้แบบจำลองเป็นฐาน กลุ่มตัวอย่าง เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนสวนกุหลาบวิทยาลัย นนทบุรี จำนวน 47 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ 1) แผนการจัดการเรียนรู้วิชาวิทยาศาสตร์ 2) แบบวัดความสามารถในการสร้างมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ 3) แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และ 4) แบบสอบถามความพึงพอใจ นำข้อมูลมาวิเคราะห์ทาง ได้แก่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน การทดสอบค่าที่แบบ One Sample และการทดสอบค่าที่แบบ Dependent Samples ผลการวิจัยพบว่า 1) ความสามารถในการสร้างมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนโดยใช้การเรียนรู้แบบสืบเสาะร่วมกับการใช้แบบจำลองเป็นฐานสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 2) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์โดยใช้การเรียนรู้แบบสืบเสาะร่วมกับการใช้แบบจำลองเป็นฐานหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 3) ความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการเรียนรู้แบบสืบเสาะร่วมกับการใช้แบบจำลองเป็นฐานอยู่ในระดับมาก

จุฑามาศ กันทะวัง และคณะ (2563) ได้ทำการวิจัย 1) เพื่อศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน (Mode-Based Learning) 2) เพื่อศึกษาการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน (Mode-Based Learning) และ 3) เพื่อศึกษาความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน (Mode-Based Learning) กลุ่มเป้าหมาย เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนชลราษฎรอำรุง อำเภอเมือง จังหวัดชลบุรี จำนวน 45 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ 1) แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน 2) แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน 3) แบบวัดการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ และ 4) แบบวัดความพึงพอใจในการจัดการเรียนรู้ นำข้อมูลมาวิเคราะห์ทาง ได้แก่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน และ ค่าขนาดของผล ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และการให้เหตุผลเชิง



วิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน โดยมีค่าขนาดของผล (Effect size) เท่ากับ 2.62 และ 1.25 ตามลำดับ ซึ่งแสดงให้เห็นถึงการพัฒนาของคะแนนที่อยู่ในระดับมาก และมีความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ในระดับมาก

ณัฐธนากร รักชาติ และ สุชาวดี เกษมณี (2564) ได้ทำการวิจัยเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนระหว่างการจัดการเรียนรู้แบบออนไลน์กับการจัดการเรียนรู้แบบออนไซต์วิชาภาษาไทย ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 กลุ่มตัวอย่าง นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ของโรงเรียนสาธิตแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ศูนย์วิจัยและพัฒนาการศึกษา เขตจตุจักร กรุงเทพมหานคร ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2563 จำนวน 60 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ 1) แผนการจัดการเรียนรู้วิชาภาษาไทย ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ภาคเรียนที่ 1/2563 และ 2) แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ผลการวิจัยพบว่า การจัดการเรียนรู้แบบออนไซต์นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่าการจัดการเรียนรู้แบบออนไลน์ โดยการจัดการเรียนการสอนแบบออนไซต์นักเรียนสอบได้คะแนนเฉลี่ยอยู่ที่ 42.3 ส่วนการ จัดการเรียนรู้ออนไลน์ นักเรียนสอบได้ คะแนนเฉลี่ยอยู่ที่ 35.5

## 2. งานวิจัยที่เกี่ยวข้องในต่างประเทศ

Ruiz-Primo et al. (2010) ได้ทำการวิจัยเพื่อ 1) ศึกษาคุณภาพการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน 2) ศึกษาความเชื่อมโยงระหว่างคุณภาพการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์และผลการปฏิบัติงานของนักเรียน กลุ่มเป้าหมาย เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น จำนวน 8 ห้องเรียน จำนวนนักเรียน 72 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย คือ สมุดบันทึกรายวิชา วิทยาศาสตร์ของนักเรียน นำข้อมูลมาวิเคราะห์การสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน โดยวิเคราะห์ 3 องค์ประกอบ ได้แก่ ข้อกล่าวอ้าง หลักฐาน และการให้เหตุผลที่เชื่อมโยงระหว่างข้อกล่าวอ้างและหลักฐาน ผลการวิจัย พบว่า 1) วิธีการดังกล่าวสามารถวิเคราะห์คะแนนการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนได้อย่างน่าเชื่อถือ 2) การฝึกการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนมีความสำคัญเป็นอย่างมากในบริบทของการสอนวิทยาศาสตร์แต่ยังไม่ถูกนำไปใช้อย่างกว้างขวาง 3) โดยภาพรวมพบว่ามึนักเรียนบางส่วน (ร้อยละ 18) สามารถสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ โดยสามารถระบุได้ครบทั้ง 3 องค์ประกอบ และนักเรียนส่วนใหญ่ (ร้อยละ 40) สร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ โดยระบุข้อกล่าวอ้างที่ปราศจากการระบุหลักฐานหรือการให้เหตุผล 4) คุณภาพการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์และผลการปฏิบัติงานของนักเรียนมีความสัมพันธ์เชิงบวก โดยมีขนาดต่างกันตามประเภทของการประเมิน แสดงให้เห็นว่านักเรียนที่มีการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่มีคุณภาพสูง จะส่งผลให้ผลการปฏิบัติงานมีคุณภาพสูงเช่นกัน

Oktavianti et al. (2018) ได้ทำการวิจัยเพื่อวิเคราะห์การจัดการเรียนรู้ฟิสิกส์แบบผสมผสานร่วมกับ e-scaffolding เรื่อง ทฤษฎีจลน์ของแก๊ส ที่ส่งผลต่อการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน ประชากรของการวิจัย เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ของ Natural



Sciences ใน SMA Negeri1 Bangkalan จำนวน 1 ห้องเรียน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย คือ แบบทดสอบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ นำข้อมูลมาวิเคราะห์ทางสถิติ ได้แก่ The N-gain Score และ The T-gain Test ผลการวิจัย พบว่า การสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ หลังจากได้รับการจัดการเรียนรู้ฟิสิกส์แบบผสมผสานร่วมกับ E-Scaffolding และในทุกองค์ประกอบของการสร้างอธิบายทางวิทยาศาสตร์ ได้แก่ ข้อกล่าวอ้าง หลักฐาน และการให้เหตุผลของนักเรียนเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

Abelgas (2022) ได้ทำการวิจัยเพื่อศึกษาการรับรู้และความท้าทายของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น ในการจัดการเรียนการสอนออนไลน์ในช่วงการระบาดของ COVID-19 กลุ่มเป้าหมาย เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น จำนวนนักเรียนทั้งหมด 80 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย คือ แบบสอบถามเกี่ยวกับการรับรู้และความท้าทายของนักเรียนในการจัดการเรียนการสอนออนไลน์ (Google Docs) นำข้อมูลมาวิเคราะห์เชิงปริมาณและเชิงคุณภาพ วิเคราะห์ข้อมูลการรับรู้ของนักเรียน โดยใช้สถิติสถิติพื้นฐาน ได้แก่ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และวิเคราะห์ข้อมูลความท้าทายของนักเรียน โดยใช้วิธี Colaizzi ผลการวิจัย พบว่า นักเรียนเชื่อว่าสามารถจัดการเรียนการสอนออนไลน์ได้อย่างดีเยี่ยม และความท้าทายของการจัดการเรียนการสอนออนไลน์ ประกอบด้วยประเด็นดังนี้ การเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ตที่ไม่เสถียร ความไม่เพียงพอของอุปกรณ์เทคโนโลยี และสภาพแวดล้อมที่บ้านไม่เอื้ออำนวยต่อการเรียนรู้ของนักเรียน

จากเอกสารงานวิจัยทั้งในประเทศและต่างประเทศที่เกี่ยวข้องกับการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์นั้นสามารถสรุปได้ว่านักเรียนที่มีความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ จะช่วยให้เด็กเกิดความรู้ความเข้าใจในเนื้อหาทางวิทยาศาสตร์และสามารถอธิบายปรากฏการณ์ทางธรรมชาติที่เกิดขึ้นได้ ซึ่งการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนจะต้องเป็นรูปแบบการจัดการเรียนที่เปิดโอกาสให้นักเรียนสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง โดยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานเป็นการจัดการเรียนรู้ที่นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติในการสร้างแบบจำลอง ประเมินปรับปรุง หรือดัดแปลงแก้ไขแบบจำลอง เพื่อให้ได้แบบจำลองที่สมบูรณ์และถูกต้อง เพื่อนำไปใช้ในการอธิบายและทำนายสถานการณ์ต่าง ๆ โดยผ่านกระบวนการเรียนรู้ด้วยกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ช่วยให้นักเรียนมองเห็นจากนามธรรมเป็นรูปธรรมมากยิ่งขึ้น จากผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน พบว่า สามารถส่งเสริมและพัฒนาการสร้างอธิบายทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนได้ และจากการศึกษาวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนการสอนออนไลน์ พบว่า การจัดการเรียนการสอนออนไลน์ให้มีประสิทธิภาพและมีคุณภาพ นักเรียนจำเป็นต้องมีความพร้อมในด้านอุปกรณ์เทคโนโลยี การเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ตที่เสถียร และสภาพแวดล้อมที่บ้านเอื้ออำนวยต่อการเรียนรู้

### บทที่ 3

#### วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานผ่านระบบออนไลน์ ที่มีต่อการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง เคมีไฟฟ้า ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ซึ่งผู้วิจัยได้กำหนดวิธีดำเนินการวิจัย โดยมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง
2. เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล
3. การสร้างและการหาคุณภาพเครื่องมือการวิจัย
4. การเก็บรวบรวมข้อมูล
5. การจัดการกระทำกับข้อมูลและวิเคราะห์ข้อมูล
6. สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

#### ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

1. ประชากร ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนโพ้นทองพัฒนวิทยา จังหวัดร้อยเอ็ด ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2564 จำนวน 10 ห้องเรียน จำนวนนักเรียน 426 คน โดยในแต่ละห้องประกอบไปด้วยนักเรียนความสามารถ
2. กลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ โรงเรียนโพ้นทองพัฒนวิทยา จังหวัดร้อยเอ็ด ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2564 ที่ได้มาโดยวิธีสุ่มแบบกลุ่ม (Cluster Random Sampling) ได้กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/2 จำนวน 42 คน

#### เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลในการวิจัยครั้งนี้มี 4 ชนิด ดังนี้

1. แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานผ่านระบบออนไลน์ เรื่อง เคมีไฟฟ้า จำนวน 8 แผนการจัดการเรียนรู้ ใช้เวลาทั้งสิ้น 12 ชั่วโมง ประกอบด้วย
  - แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 ปฏิกริยารีดอกซ์
  - แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 การดุลสมการรีดอกซ์โดยใช้วิธีครึ่งปฏิกิริยา

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 เซลล์เคมีไฟฟ้า (เซลล์กัลวานิก)

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 เซลล์เคมีไฟฟ้า (เซลล์อิเล็กโทรลิติก)

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5 การแยกสารเคมีด้วยกระแสไฟฟ้า (การแยกสลายสารละลายด้วยไฟฟ้า)

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 6 การแยกสารเคมีด้วยกระแสไฟฟ้า (การแยกสลายสารหลอมเหลวด้วยไฟฟ้า)

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 7 การกัดกร่อนของโลหะและการป้องกัน

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 8 การชุบโลหะ

2. แบบวัดการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง เคมีไฟฟ้า เป็นแบบทดสอบแบบอัตนัย จำนวน 6 ข้อ

3. แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง เคมีไฟฟ้า เป็นแบบทดสอบแบบปรนัย 4 ตัวเลือก จำนวน 30 ข้อ

4. แบบวัดความพึงพอใจต่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานผ่านระบบออนไลน์ เป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ ของลิเคิร์ต (Likert Rating Scale) จำนวน 20 ข้อ

### การสร้างและการหาคุณภาพเครื่องมือการวิจัย

ผู้วิจัยมีลำดับขั้นตอนการสร้างและหาคุณภาพเครื่องมือการวิจัย ดังนี้

1. แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานผ่านระบบออนไลน์ เรื่อง เคมีไฟฟ้า

1.1 ศึกษาแนวคิด ทฤษฎี เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน และการจัดการเรียนการสอนออนไลน์

1.2 ศึกษาหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551 และมาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัดฯ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) และวิเคราะห์เนื้อหาสาระสำคัญ และผลการเรียนรู้ ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2564 ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยเลือกเนื้อหาในการวิจัย เรื่อง เคมีไฟฟ้า รายวิชาเคมี 4 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

1.3 วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างผลการเรียนรู้ สาระการเรียนรู้ สาระสำคัญ จุดประสงค์การเรียนรู้ และเวลาที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้ ปรากฏดังตาราง 9

ตาราง 9 ความสัมพันธ์ระหว่างผลการเรียนรู้ สาระการเรียนรู้ สาระสำคัญ จุดประสงค์การเรียนรู้ และ เวลาที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้

แผนการจัดการเรียนรู้	ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้	สาระสำคัญ	จุดประสงค์การเรียนรู้	เวลา (ชั่วโมง)
1	1. คำนวณเลขออกซิเดชัน และระบุปฏิกิริยาที่เป็นปฏิกิริยารีดอกซ์ 2. วิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงเลขออกซิเดชันและระบุตัวรีดิวซ์และตัวออกซิไดส์ รวมทั้งเขียนครึ่งปฏิกิริยาออกซิเดชันและครึ่งปฏิกิริยารีดักชันของปฏิกิริยารีดอกซ์	ปฏิกิริยารีดอกซ์	ปฏิกิริยารีดอกซ์คือ ปฏิกิริยาที่มีการถ่ายโอนอิเล็กตรอนหรือปฏิกิริยาที่มีอะตอม โมเลกุล หรือไอออนมีการเปลี่ยนแปลงเลขออกซิเดชัน ซึ่งจะประกอบด้วยครึ่งปฏิกิริยาที่มีการให้อิเล็กตรอนเรียกว่า ครึ่งปฏิกิริยาออกซิเดชันและครึ่งปฏิกิริยารีดักชันของการรับอิเล็กตรอนเรียกว่า ครึ่งปฏิกิริยารีดักชันโดยสารที่ให้อิเล็กตรอนจะมีเลขออกซิเดชันเพิ่มขึ้น เรียกว่า	1. นักเรียนสามารถอธิบายปฏิกิริยารีดอกซ์ได้ (K) 2. นักเรียนสามารถเขียนครึ่งปฏิกิริยาออกซิเดชันและครึ่งปฏิกิริยารีดักชันของปฏิกิริยารีดอกซ์ได้ (K) 3. นักเรียนสามารถสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์เพื่ออธิบายการเกิดปฏิกิริยารีดอกซ์ได้ (P) 4. นักเรียนสามารถตั้งสมมติฐาน และสรุปผลการทดลองการเกิดปฏิกิริยารีดอกซ์ระหว่างโลหะและไอออนของโลหะได้ (P) 5. นักเรียนมีความมุ่งมั่นในการทำงาน (A)	2

ตาราง 9 (ต่อ)

แผนการจัดการเรียนรู้	ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้	สาระสำคัญ	จุดประสงค์การเรียนรู้	เวลา (ชั่วโมง)
			ตัวรีดิวซ์ ส่วนสารที่รีดิวซ์เล็กน้อยจะมีเลขออกซิเดชันลดลง เรียกว่า ตัวออกซิไดส์		
2	ดุลสมการรีดอกซ์ด้วยการใช้เลขออกซิเดชันและวิธีครึ่งปฏิกิริยา	การดุลสมการรีดอกซ์โดยใช้วิธีครึ่งปฏิกิริยา	การดุลสมการรีดอกซ์โดยใช้วิธีครึ่งปฏิกิริยา ทำโดยแยกปฏิกิริยาออกเป็นครึ่งปฏิกิริยาออกซิเดชันและครึ่งปฏิกิริยารีดักชัน แล้วดุลจำนวนอะตอมและประจุไฟฟ้าของแต่ละสาร จากนั้นรวมสองครึ่งปฏิกิริยาเข้าด้วยกัน และตัดสารที่เหมือนกันทั้งสองด้านของสมการด้วยจำนวนที่เท่ากัน สำหรับปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นในสารละลายเบส	1. นักเรียนสามารถดุลสมการรีดอกซ์โดยใช้วิธีครึ่งปฏิกิริยาได้ (K) 2. นักเรียนสามารถสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์เพื่ออธิบายการดุลสมการรีดอกซ์ได้ (P) 3. นักเรียนมีความมุ่งมั่นในการทำงาน (A)	1

ตาราง 9 (ต่อ)

แผนการจัดการเรียนรู้	ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้	สาระสำคัญ	จุดประสงค์การเรียนรู้	เวลา (ชั่วโมง)
			ให้เติม $\text{OH}^-$ ทั้งสองด้านเพื่อให้รวมกับ $\text{H}^+$ เกิดเป็น $\text{H}_2\text{O}$		
3	ระบุองค์ประกอบของเซลล์เคมีไฟฟ้าและเขียนสมการเคมีของปฏิกิริยาที่แอโนดและแคโทดปฏิกิริยารวมและแผนภาพเซลล์	เซลล์เคมีไฟฟ้า (เซลล์กัลวานิก)	เซลล์เคมีไฟฟ้าที่ให้พลังงานไฟฟ้าเรียกว่า เซลล์กัลวานิก หรือ เซลล์โวลทาลิก เนื่องจากเป็นปฏิกิริยาเคมีในเซลล์เป็นปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นได้เอง ประกอบด้วยขั้วไฟฟ้าที่เป็นแอโนดและแคโทด อิเล็กโทรไลต์ และอาจเชื่อมให้ครบวงจรด้วยสะพานเกลือหรือเยื่อคั่น โดยขั้วไฟฟ้าที่เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันเรียกว่า แอโนด เป็นขั้วลบ ขั้วไฟฟ้าที่	1. นักเรียนสามารถอธิบายการเกิดปฏิกิริยาเคมีของเซลล์กัลวานิกได้ (K) 2. นักเรียนสามารถเขียนสมการเคมีของปฏิกิริยาที่แอโนด แคโทด และปฏิกิริยารวมของเซลล์กัลวานิกได้ (K) 3. นักเรียนสามารถตั้งสมมติฐาน และสรุปผลการทดลองเพื่อศึกษาการถ่ายโอนอิเล็กตรอนในเซลล์กัลวานิกได้ (P) 4. นักเรียนสามารถสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์เพื่ออธิบายการเกิดปฏิกิริยาเคมีในเซลล์กัลวานิกได้ (P)	2



ตาราง 9 (ต่อ)

แผนการจัดการเรียนรู้	ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้	สาระสำคัญ	จุดประสงค์การเรียนรู้	เวลา (ชั่วโมง)
			เกิดปฏิกิริยารีดักชัน เรียกว่า แคโทดเป็นขั้วบวก ซึ่งเมื่อต่อครบวงจร อิเล็กตรอนจะเคลื่อนที่ผ่านวงจรภายนอกเซลล์จากแอโนดไปยังแคโทด	5. นักเรียนมีความมุ่งมั่นในการทำงาน (A)	
4	ระบุองค์ประกอบของเซลล์เคมีไฟฟ้าและเขียนสมการเคมีของปฏิกิริยาที่แอโนดและแคโทด ปฏิกิริยารวมและแผนภาพเซลล์	เซลล์เคมีไฟฟ้า (เซลล์อิเล็กโทรลิติก)	เซลล์เคมีไฟฟ้าที่ต้องให้กระแสไฟฟ้าหรือพลังงานไฟฟ้าเพื่อให้เกิดปฏิกิริยาเคมี เนื่องจากเป็นปฏิกิริยาที่ไม่สามารถเกิดขึ้นเองได้ เรียกว่า เซลล์อิเล็กโทรลิติก ประกอบด้วย ขั้วไฟฟ้าที่เป็นแอโนดและแคโทด อิเล็กโทรไลต์ และอาจเชื่อมให้ครบวงจรด้วยสะพาน	1. นักเรียนสามารถอธิบายการเกิดปฏิกิริยาเคมีของเซลล์อิเล็กโทรลิติกได้ (K) 2. นักเรียนสามารถเขียนสมการเคมีของปฏิกิริยาที่แอโนดแคโทด และปฏิกิริยารวมของเซลล์อิเล็กโทรลิติกได้ (K) 3. นักเรียนสามารถตั้งสมมติฐานและสรุปผลการทดลองเพื่อศึกษาการแยกน้ำด้วยกระแสไฟฟ้า	1

ตาราง 9 (ต่อ)

แผนการจัดการเรียนรู้	ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้	สาระสำคัญ	จุดประสงค์การเรียนรู้	เวลา (ชั่วโมง)
			เกลือหรือเยื่อคั้น โดยขั้วไฟฟ้าที่ เกิดปฏิกิริยา ออกซิเดชัน เรียกว่า แอโนด เป็นขั้วบวก ขั้วไฟฟ้าที่ เกิดปฏิกิริยา รีดักชัน เรียกว่า แคโทดเป็นขั้วลบ ซึ่งเมื่อต่อครบ วงจรอิเล็กทรอนิกส์ จะเคลื่อนที่ผ่าน วงจรภายนอก เซลล์จากแอโนด ไปยังแคโทด	ได้ (P) 4. นักเรียนสามารถ สร้างแบบจำลอง ทางวิทยาศาสตร์ เพื่ออธิบายการ เกิดปฏิกิริยาเคมีใน เซลล์อิเล็กโทรลิติก ได้ (P) 5. นักเรียนมีความ มุ่งมั่นในการทำงาน (A)	
5	ทดลองชุบโลหะ และแยก สารเคมีด้วย กระแสไฟฟ้า และอธิบาย หลักการทาง เคมีไฟฟ้าที่ใช้ ในการชุบโลหะ การแยกสารเคมี ด้วยกระแส	การแยก สารเคมีด้วย กระแสไฟฟ้า (การ แยกสลาย สารละลาย ด้วยไฟฟ้า)	การแยกสลาย สารละลายด้วย ไฟฟ้า เป็น กระบวนการที่ เกิดขึ้นในเซลล์ อิเล็กโทรลิติก โดย การผ่านกระแส ไฟฟ้าลงไปใน สารละลาย ไอออนิกในน้ำทำ	1. นักเรียนสามารถ อธิบายการ แยกสลาย สารละลายด้วย ไฟฟ้าได้ (K) 2. นักเรียนสามารถ ตั้งสมมติฐาน และ สรุปผลการทดลอง เพื่อศึกษาการ แยกสลาย	2

ตาราง 9 (ต่อ)

แผนการจัดการเรียนรู้	ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้	สาระสำคัญ	จุดประสงค์การเรียนรู้	เวลา (ชั่วโมง)
	ไฟฟ้า การทำโลหะให้บริสุทธิ์ และการป้องกันการกัดกร่อนของโลหะ		ให้เกิดปฏิกิริยาโดยไอออนที่มีประจุลบและน้ำจะแย่งชิงในการเกิดปฏิกิริยา สารที่มีค่าศักย์ไฟฟ้ามาตรฐาน ( $E^0$ ) ต่ำ จะเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันที่ขั้วแอโนดซึ่งเป็นขั้วบวกส่วนไอออนที่มีประจุบวกและน้ำ จะแย่งชิงในการเกิดปฏิกิริยา โดยสารที่มีค่าศักย์ไฟฟ้ามาตรฐาน ( $E^0$ ) สูง จะเกิดปฏิกิริยารีดักชันที่ขั้วแคโทดซึ่งเป็นขั้วลบ	สารละลายโพแทสเซียมไฮโอไดรต์ด้วยไฟฟ้าได้ (P) 3. นักเรียนสามารถสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์เพื่ออธิบายการแยกสลายสารละลายด้วยไฟฟ้าได้ (P) 4. นักเรียนมีความมุ่งมั่นในการทำงาน (A)	
6	ทดลองชุบโลหะและแยกสารเคมีด้วยกระแสไฟฟ้า และอธิบายหลักการทาง	การแยกสารเคมีด้วยกระแสไฟฟ้า (การแยกสลายสาร	การแยกสลายสารหลอมเหลวด้วยไฟฟ้า เป็นกระบวนการที่เกิดขึ้นในเซลล์อิเล็กโทรลิติก โดย	1. นักเรียนสามารถอธิบายการแยกสลายสารหลอมเหลวด้วยไฟฟ้าได้ (K) 2. นักเรียนสามารถ	1

ตาราง 9 (ต่อ)

แผนการจัดการเรียนรู้	ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้	สาระสำคัญ	จุดประสงค์การเรียนรู้	เวลา (ชั่วโมง)
	เคมีไฟฟ้าที่ใช้ในการชุบโลหะ การแยกสารเคมีด้วยกระแสไฟฟ้า การทำโลหะให้บริสุทธิ์ และการป้องกันการกัดกร่อนของโลหะ	หลอมเหลวด้วยไฟฟ้า)	การผ่านกระแสไฟฟ้าลงไปในสารไอออนิก หลอมเหลว ทำให้เกิดปฏิกิริยาโดยไอออนที่มีประจุลบจะเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันที่ขั้วแอโนดซึ่งเป็นขั้วบวก ส่วนไอออนที่มีประจุบวกจะเกิดปฏิกิริยารีดักชันที่ขั้วแคโทดซึ่งเป็นขั้วลบ	สร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์เพื่ออธิบายการแยกสลายสารหลอมเหลวด้วยไฟฟ้าได้ (P) 3. นักเรียนมีความมุ่งมั่นในการทำงาน (A)	
7	ทดลองชุบโลหะและแยกสารเคมีด้วยกระแสไฟฟ้า และอธิบายหลักการทางเคมีไฟฟ้าที่ใช้ในการชุบโลหะ การแยกสารเคมีด้วยกระแสไฟฟ้า	การกัดกร่อนของโลหะและการป้องกันการกัดกร่อน	การกัดกร่อนของโลหะหรือการเกิดสนิม เป็นกระบวนการทางไฟฟ้าเคมี โดยโลหะเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันและแก๊สออกซิเจนเกิดปฏิกิริยารีดักชันได้เป็นออกไซด์ของโลหะ	1. นักเรียนสามารถอธิบายสาเหตุหรือภาวะที่ทำให้โลหะเกิดการผุกร่อนจากสมการแสดงปฏิกิริยาเคมีที่เกี่ยวข้องและวิธีป้องกันการกัดกร่อนของโลหะได้ (K) 2. นักเรียนสามารถ	2

ตาราง 9 (ต่อ)

แผนการจัดการเรียนรู้	ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้	สาระสำคัญ	จุดประสงค์การเรียนรู้	เวลา (ชั่วโมง)
	การทำโลหะให้บริสุทธิ์ และการป้องกันการกัดกร่อนของโลหะ		ที่หลุดล่อนจากผิวโลหะได้ง่าย โดยวิธีป้องกันการกัดกร่อนของโลหะสามารถทำได้ดังนี้ เคลือบผิวโลหะด้วยสารที่ป้องกันการสัมผัสกับแก๊สออกซิเจนและน้ำทำให้โลหะมีภาวะเป็นแคโทดหรือคล้ายแคโทด ชุบโลหะหรือผสมด้วยโลหะชนิดอื่นเมื่อเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันแล้วทำให้เกิดเป็นสารประกอบออกไซด์ที่ยึดติดผิวโลหะได้แน่นไม่หลุดร่อน	ตั้งสมมติฐาน และสรุปผลการทดลองเพื่อศึกษาการป้องกันการกัดกร่อนของเหล็กได้ (P) 3. นักเรียนสามารถสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์เพื่ออธิบายการกัดกร่อนของโลหะได้ (P) 4. นักเรียนมีความมุ่งมั่นในการทำงาน (A)	
8	ทดลองชุบโลหะและแยกสารเคมีด้วยกระแสไฟฟ้าและอธิบาย	การชุบโลหะ	การชุบโลหะ คือ การทำให้โลหะชนิดหนึ่งเคลือบอยู่บนผิวของโลหะอีกชนิดหนึ่ง ทำได้โดย	1. นักเรียนสามารถอธิบายหลักการทางเคมีไฟฟ้าที่ใช้ในการชุบโลหะได้ (K) 2. นักเรียนสามารถ	1

ตาราง 9 (ต่อ)

แผนการจัดการ เรียนรู้	ผลการเรียนรู้	สาระการ เรียนรู้	สาระสำคัญ	จุดประสงค์การ เรียนรู้	เวลา (ชั่วโมง)
	หลักการทางเคมีไฟฟ้าที่ใช้ในการชุบโลหะ การแยกสารเคมีด้วยกระแสไฟฟ้า การทำโลหะให้บริสุทธิ์ และการป้องกันการกัดกร่อนของโลหะ		การผ่านกระแสไฟฟ้าไปยังวัสดุที่ต้องการชุบที่จุ่มอยู่ในสารละลายอิเล็กโทรไลต์ ซึ่งหลักการชุบโลหะด้วยไฟฟ้าต้องต่อวัตถุที่ต้องการชุบกับขั้วลบของแบตเตอรี่ และให้โลหะที่ใช้ชุบต่อกับขั้วบวกของแบตเตอรี่ ซึ่งทำให้วัตถุที่ต้องการชุบเป็นแคโทด และโลหะที่ใช้ชุบเป็นแอโนด ส่วนสารละลายอิเล็กโทรไลต์ต้องมีไอออนของโลหะที่ใช้ชุบ และใช้ไฟฟ้ากระแสตรงเพื่อให้ปฏิกิริยาดำเนินไปในทิศทางเดียว	ตั้งสมมติฐาน และสรุปผลการทดลองเพื่อศึกษาการชุบเหล็กด้วยสังกะสีได้ (P) 3. นักเรียนสามารถสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์เพื่ออธิบายการชุบโลหะได้ (P) 4. นักเรียนมีความมุ่งมั่นในการทำงาน (A)	
รวมเวลา					12



1.4 ดำเนินการเขียนแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานผ่านระบบออนไลน์ ในเนื้อหาวิจัย เรื่อง เคมีไฟฟ้า รายวิชาเคมี 4 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 8 แผนการจัดการเรียนรู้ เป็นเวลาทั้งสิ้น 12 ชั่วโมง ตามลำดับขั้นตอนดังนี้

- 1.4.1 ชื่อแผนการจัดการเรียนรู้
- 1.4.2 มาตรฐานการเรียนรู้
- 1.4.3 ผลการเรียนรู้
- 1.4.4 สาระสำคัญ
- 1.4.5 จุดประสงค์การเรียนรู้
- 1.4.6 สาระการเรียนรู้
- 1.4.7 กิจกรรมการเรียนรู้
- 1.4.8 สื่อ/แหล่งการเรียนรู้
- 1.4.9 การวัดและประเมินผลการเรียนรู้
- 1.4.10 บันทึกหลังการจัดการเรียนรู้

1.5 นำแผนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง เคมีไฟฟ้า ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ เพื่อพิจารณาตรวจสอบความถูกต้องเหมาะสมของเนื้อหา ผลการเรียนรู้ จุดประสงค์การเรียนรู้ สาระสำคัญ สาระการเรียนรู้ กิจกรรมการเรียนรู้ สื่อและแหล่งการเรียนรู้ และการวัดและประเมินผล โดยนำแผนการจัดการเรียนรู้มาปรับปรุงตามข้อเสนอแนะของอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ดังนี้ ปรับกิจกรรมการเรียนรู้ให้เหมาะสมกับระยะเวลาในการจัดการเรียนรู้ ปรับปรุงกิจกรรมการจัดการเรียนรู้ให้มีความชัดเจน และสอดคล้องกับขั้นตอนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานผ่านระบบออนไลน์

1.6 นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่ผ่านการตรวจสอบและปรับปรุงตามคำแนะนำของอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ พร้อมแบบประเมินที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน ประกอบด้วย

1.6.1 ผศ.ดร.ฐิติวรดา พลเยี่ยม วุฒิการศึกษา ปร.ด. (หลักสูตรและการสอน) ตำแหน่งอาจารย์ ภาควิชาหลักสูตรและการสอน คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ผู้เชี่ยวชาญด้านหลักสูตรและการสอน

1.6.2 นางสมสวย วิชามุข วุฒิการศึกษา ค.ม. (วิจัยและประเมินผลการศึกษา) ตำแหน่ง ครู ชำนาญการพิเศษ โรงเรียนโพนทองพัฒนาวิทยา สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาร้อยเอ็ด ผู้เชี่ยวชาญด้านวิจัยและประเมินผลการศึกษา

1.6.3 นางสาวนันทนิจ ทิพยมาศ วุฒิการศึกษา ศษ.ม (วิทยาศาสตร์ศึกษา) ตำแหน่ง ครู ชำนาญการพิเศษ โรงเรียนโพ้นทองพัฒนวิทยา สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาร้อยเอ็ด ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาวิชาเคมี

โดยผู้เชี่ยวชาญประเมินด้วยแบบประเมินความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้ ซึ่งเป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) 5 ระดับ ของลิเคิร์ท (Likert Rating Scale) เพื่อพิจารณาตรวจสอบความถูกต้องและความเหมาะสมของผลการเรียนรู้ จุดประสงค์การเรียนรู้ สาระสำคัญ สาระการเรียนรู้ กิจกรรมการเรียนรู้ สื่อและแหล่งการเรียนรู้ และการวัดและประเมินผล

1.7 นำผลการประเมินความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้จากผู้เชี่ยวชาญทั้ง 3 ท่าน มาวิเคราะห์หาค่าเฉลี่ยเทียบกับเกณฑ์ โดยมีเกณฑ์การแปลผลค่าเฉลี่ยคะแนนความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้ (บุญชม ศรีสะอาด, 2560) ดังนี้

ค่าเฉลี่ย 4.51-5.00 แปลความว่า มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด

ค่าเฉลี่ย 3.51-4.50 แปลความว่า มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมาก

ค่าเฉลี่ย 2.51-3.50 แปลความว่า มีความเหมาะสมอยู่ในระดับปานกลาง

ค่าเฉลี่ย 1.51-2.50 แปลความว่า มีความเหมาะสมอยู่ในระดับน้อย

ค่าเฉลี่ย 1.00-1.50 แปลความว่า มีความเหมาะสมอยู่ในระดับน้อยที่สุด

โดยกำหนดระดับความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้ ตั้งแต่ 3.51 ถึง 5.00 จึงจะถือว่าเป็นแผนการจัดการเรียนรู้ที่มีความเหมาะสมและสามารถนำไปใช้ได้ ผลการประเมินความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานผ่านระบบออนไลน์ มีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 4.52 – 4.63 ซึ่งหมายถึงแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานผ่านระบบออนไลน์ ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นมีคุณภาพและมีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด

1.8 นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบแล้วไปปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะ ดังนี้ ปรับการใช้คำของครูในการตั้งคำถามให้มีความกระชับ เข้าใจง่าย ปรับกิจกรรมการเรียนรู้ให้เหมาะสมกับเวลา และปรับสถานการณ์ในกิจกรรมการเรียนรู้ให้สอดคล้องกับเนื้อหา

1.9 นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่ได้ทำการปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ ไปทดลองใช้ (Try Out) กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/4 ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง จำนวน 40 คน เพื่อหาคุณภาพของแผนการจัดการเรียนรู้ และนำข้อบกพร่องมาปรับปรุงแก้ไข

1.10 นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่ผ่านการทดลองใช้ มาปรับปรุงแก้ไขตามข้อบกพร่องที่พบ ดังนี้ ปรับกิจกรรมการเรียนรู้ให้กระชับเวลามากยิ่งขึ้น การสาธิตการทดลอง ครูผู้สอนต้องเตรียมการทดลองไว้ล่วงหน้า เพื่อให้พร้อมสำหรับนักเรียนในการสังเกตและบันทึกผล และเตรียมสื่อวิดีโอหรือภาพที่เกี่ยวข้องกับการทดลองให้นักเรียนสังเกตเพิ่มเติม เนื่องจากในการทดลองบางเรื่องอาจสังเกตผลการทดลองได้ไม่ชัดเจน

1.11 นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่ผ่านปรับปรุงแก้ไข มาจัดทำเป็นฉบับสมบูรณ์ จากนั้นนำไปใช้จริงกับกลุ่มตัวอย่าง นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/2 จำนวน 42 คน

## 2. แบบวัดการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์

2.1 ศึกษาแนวคิด หลักการ เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับแนวทางการสร้างแบบวัดการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์

2.2 ศึกษาเนื้อหาสาระสำคัญ และผลการเรียนรู้ เรื่อง เคมีไฟฟ้า รายวิชาเคมี 4 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551 และมาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัดฯ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560)

2.3 วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างเนื้อหา และผลการเรียนรู้ เพื่อใช้ในการออกข้อสอบและสร้างตารางวิเคราะห์ข้อสอบ เพื่อเป็นกรอบในการสร้างแบบวัดการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน โดยการคัดเลือกเนื้อหาเพื่อจะสร้างแบบวัดนั้น ผู้วิจัยพิจารณาจากเนื้อหาที่เหมาะสมกับวิธีการจัดการเรียนรู้ที่นักเรียนมีการระบุหลักฐาน และให้เหตุผลสนับสนุนคำตอบปรากฏดังตาราง 10

ตาราง 10 แสดงการกำหนดจำนวนข้อสอบที่ต้องการให้สอดคล้องระหว่างเนื้อหา และผลการเรียนรู้

เนื้อหา	ผลการเรียนรู้	จำนวนข้อสอบ (ข้อ)	
		สร้าง	ใช้จริง
ปฏิกิริยารีดอกซ์ และการดุลสมการรีดอกซ์ โดยใช้วิธีครึ่งปฏิกิริยา	คำนวณเลขออกซิเดชัน และระบุปฏิกิริยาที่เป็นปฏิกิริยารีดอกซ์	3	2
	วิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงเลขออกซิเดชัน และระบุตัวรีดิวซ์และตัวออกซิไดส์ รวมทั้งเขียนครึ่งปฏิกิริยาออกซิเดชัน และครึ่งปฏิกิริยารีดักชันของปฏิกิริยารีดอกซ์		
	ดุลสมการรีดอกซ์ด้วยการใช้เลขออกซิเดชัน และวิธีครึ่งปฏิกิริยา		
เซลล์เคมีไฟฟ้า (เซลล์กัลวานิก และ เซลล์อิเล็กโทรลิติก)	ระบุงองค์ประกอบของเซลล์เคมีไฟฟ้าและเขียนสมการเคมีของปฏิกิริยาที่แอโนดและแคโทด ปฏิกิริยารวม และแผนภาพเซลล์	2	1
การแยกสารเคมีด้วยกระแสไฟฟ้า (การแยกสารละลายด้วยไฟฟ้า)	ทดลองชุบโลหะและแยกสารเคมีด้วยกระแสไฟฟ้า และอธิบายหลักการทางเคมีไฟฟ้าที่ใช้ในการชุบโลหะ การแยก	2	1

ตาราง 10 (ต่อ)

เนื้อหา	ผลการเรียนรู้	จำนวนข้อสอบ (ข้อ)	
		สร้าง	ใช้จริง
และการแยกสาร หลอมเหลวด้วยไฟฟ้า)	สารเคมีด้วยกระแสไฟฟ้า การทำโลหะ ให้บริสุทธิ์และการป้องกันการกัดกร่อนของ		
การกัดกร่อนของโลหะ และการป้องกัน	โลหะ	2	1
การชุบโลหะ		2	1
รวม		11	6

2.4 สร้างแบบวัดการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ และเกณฑ์การประเมินการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ ตามผลการเรียนรู้ เรื่อง เคมีไฟฟ้า โดยมีลักษณะเป็นข้อสอบแบบอัตนัย ซึ่งในแต่ละข้อจะประกอบด้วยสถานการณ์ข้อมูลประกอบ และข้อคำถามให้นักเรียนสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ จำนวน 11 ข้อ ใช้จริง 6 ข้อ

2.5 นำแบบวัดการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ และเกณฑ์การประเมินการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่สร้างขึ้น เสนออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ตรวจสอบความถูกต้องและความสอดคล้องของสถานการณ์และข้อมูลประกอบ แล้วปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำของอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ดังนี้ ตรวจสอบความถูกต้องของสถานการณ์ให้สอดคล้องกับผลการเรียนรู้ และตรวจสอบเกณฑ์การให้คะแนนให้มีความเหมาะสม

2.6 นำแบบวัดการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ และเกณฑ์การประเมินการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่ปรับปรุงแล้ว เสนอต่อผู้เชี่ยวชาญชุดเดียวกับที่ใช้ประเมินแผนการจัดการเรียนรู้

เพื่อพิจารณาความตรงเชิงเนื้อหาโดยพิจารณาความสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับผลการเรียนรู้ของแบบวัดการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ โดยใช้หลักเกณฑ์ในการพิจารณาให้คะแนน (ประสาธ นื่องเฉลิม, 2563) ดังนี้

+1 เมื่อแน่ใจว่าข้อสอบวัดได้ตรงตามผลการเรียนรู้

0 เมื่อไม่แน่ใจว่าข้อสอบวัดได้ตรงตามผลการเรียนรู้

-1 เมื่อแน่ใจว่าข้อสอบวัดได้ไม่ตรงตามผลการเรียนรู้

และพิจารณาความเหมาะสมของเกณฑ์การประเมินการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ โดยมีเกณฑ์การแปลผลค่าเฉลี่ยคะแนนความเหมาะสมของเกณฑ์การประเมินการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ (บุญชม ศรีสะอาด, 2560) ดังนี้

ค่าเฉลี่ย 4.51-5.00 แปลความว่า มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด

ค่าเฉลี่ย 3.51-4.50 แปลความว่า มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมาก

ค่าเฉลี่ย 2.51-3.50 แปลความว่า มีความเหมาะสมอยู่ในระดับปานกลาง

ค่าเฉลี่ย 1.51-2.50 แปลความว่า มีความเหมาะสมอยู่ในระดับน้อย

ค่าเฉลี่ย 1.00-1.50 แปลความว่า มีความเหมาะสมอยู่ในระดับน้อยที่สุด

2.7 นำผลการประเมินที่ได้มาวิเคราะห์เพื่อพิจารณาดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับผลการเรียนรู้ (IOC : Index of Item Objective Congruence) ของแบบวัดการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ แล้วคัดเลือกข้อสอบที่มีค่าดัชนีความสอดคล้อง ตั้งแต่ 0.50 ถึง 1.00 ไว้ใช้ และกำหนดระดับความเหมาะสมของเกณฑ์การประเมินการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ ตั้งแต่ 3.51 ถึง 5.00 จึงจะถือว่าเป็นเกณฑ์การประเมินการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่มีความเหมาะสมและสามารถนำไปใช้ได้ จากผลการประเมินของผู้เชี่ยวชาญ พบว่า ข้อสอบที่มีค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ตามเกณฑ์ที่กำหนด จำนวน 11 ข้อ มีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 0.67-1.00 ซึ่งสามารถนำไปใช้ได้ และเกณฑ์การประเมินการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.49 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 0.32 ซึ่งหมายถึงเกณฑ์การประเมินการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นมีคุณภาพและมีความเหมาะสมอยู่ในระดับมาก

2.8 นำแบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ และเกณฑ์การประเมินการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่ผ่านการพิจารณาจากผู้เชี่ยวชาญ มาปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะ ดังนี้ ปรับเปลี่ยนเกณฑ์การให้คะแนนให้มีความชัดเจน สอดคล้องกับระดับคะแนน 0 1 และ 2 และตรวจสอบความถูกต้องของสถานการณ์ในแต่ละข้อคำถาม

2.9 นำแบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ ที่แก้ไขตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญและอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ไปทดลองใช้ (Try Out) กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/4 ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง จำนวน 40 คน เพื่อสอบถามนักเรียนในเรื่องของความชัดเจนในการใช้ภาษาสื่อความหมายและเพื่อตรวจสอบคุณภาพโดยหาค่าอำนาจจำแนกและค่าความยากเป็นรายชื่อของแบบทดสอบ

2.10 นำผลการทดสอบมาหาคุณภาพของแบบทดสอบโดยหาค่าอำนาจจำแนกและค่าความยากเป็นรายชื่อ โดยวิธีของวิทนีและซาเบอร์ (Whitney and Sabers) เพื่อคัดเลือกข้อสอบที่มีค่าอำนาจจำแนก ตั้งแต่ 0.20 - 1.00 และค่าความยาก ตั้งแต่ 0.20 - 0.80 ไว้ใช้ (ไพศาล วรคำ,

2562) ผลการวิเคราะห์ พบว่า ข้อสอบที่คัดเลือกจำนวน 6 ข้อ มีค่าอำนาจจำแนก (D) อยู่ในช่วง 0.39 - 0.55 และค่าความยาก (P) อยู่ในช่วง 0.55 - 0.68

2.11 นำข้อสอบที่คัดเลือกไว้ จำนวน 6 ข้อ มาหาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ ทั้งฉบับ โดยวิธีการหาสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค (Alpha Coefficient) (ประสาท เนื่องเฉลิม, 2563) ผลการวิเคราะห์ พบว่า ค่าความเชื่อมั่นทั้งฉบับของแบบวัดความสามารถในการสร้าง คำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ มีค่าเท่ากับ 0.80

2.12 นำแบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ และเกณฑ์การ ประเมินการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่ผ่านการตรวจสอบคุณภาพ จัดทำเป็นฉบับสมบูรณ์แล้ว นำไปใช้จริงกับกลุ่มตัวอย่าง นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/2 จำนวน 42 คน

### 3. แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

3.1 ศึกษาหลักการ และวิธีการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแบบ อิงเกณฑ์ จากเอกสาร ตำรา เพื่อศึกษาวิธีการสร้างแบบทดสอบ และการตรวจสอบคุณภาพของ เครื่องมือ

3.2 ศึกษาเนื้อหา สาระสำคัญ และผลการเรียนรู้ เรื่อง เคมีไฟฟ้า รายวิชาเคมี 4 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551 และมาตรฐาน การเรียนรู้และตัวชี้วัดฯ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560)

3.3 วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างเนื้อหา และจุดประสงค์การเรียนรู้ เพื่อใช้ในการ ออกข้อสอบ ให้ครอบคลุม เรื่อง เคมีไฟฟ้า และสร้างตารางวิเคราะห์ข้อสอบ โดยสร้างแบบทดสอบ วัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เป็นแบบปรนัย 4 ตัวเลือก จำนวน 41 ข้อ ใช้จริง 30 ข้อ ปรากฏดังตาราง 11

ตาราง 11 แสดงการกำหนดจำนวนข้อสอบที่ต้องการให้สอดคล้องระหว่างเนื้อหา และจุดประสงค์การ เรียนรู้

เนื้อหา	จุดประสงค์การเรียนรู้	จำนวนข้อสอบ (ข้อ)	
		สร้าง	จริง
ปฏิกิริยารีดอกซ์	นักเรียนสามารถอธิบายปฏิกิริยารีดอกซ์ได้	4	3
	นักเรียนสามารถเขียนครึ่งปฏิกิริยา ออกซิเดชันและครึ่งปฏิกิริยารีดักชันของ ปฏิกิริยารีดอกซ์ได้	4	3



ตาราง 11 (ต่อ)

เนื้อหา	จุดประสงค์การเรียนรู้	จำนวนข้อสอบ (ข้อ)	
		สร้าง	จริง
การดุลสมการรีดอกซ์ (โดยใช้วิธีครึ่งปฏิกิริยา)	นักเรียนสามารถดุลสมการรีดอกซ์โดยใช้วิธีครึ่งปฏิกิริยาได้	3	2
เซลล์เคมีไฟฟ้า (เซลล์กัลวานิก)	นักเรียนสามารถอธิบายการเกิดปฏิกิริยาเคมีของเซลล์กัลวานิกได้	3	2
	นักเรียนสามารถเขียนสมการเคมีของปฏิกิริยาที่แอโนด แคโทด และปฏิกิริยารวมของเซลล์กัลวานิกได้	4	3
เซลล์เคมีไฟฟ้า (เซลล์อิเล็กโทรลิติก)	นักเรียนสามารถอธิบายการเกิดปฏิกิริยาเคมีของเซลล์อิเล็กโทรลิติกได้	3	2
	นักเรียนสามารถเขียนสมการเคมีของปฏิกิริยาที่แอโนด แคโทด และปฏิกิริยารวมของเซลล์อิเล็กโทรลิติกได้	4	3
การแยกสารเคมีด้วยกระแสไฟฟ้า (การแยกสารละลายด้วยไฟฟ้า)	นักเรียนสามารถอธิบายการแยกสลายสารละลายด้วยไฟฟ้าได้	4	3
การแยกสารเคมีด้วยกระแสไฟฟ้า (การแยกสารหลอมเหลวด้วยไฟฟ้า)	นักเรียนสามารถอธิบายการแยกสลายสารหลอมเหลวด้วยไฟฟ้าได้	4	3
การกัดกร่อนของโลหะและการป้องกัน	นักเรียนสามารถอธิบายสาเหตุหรือภาวะที่ทำให้โลหะเกิดการผุกร่อนจากสมการแสดง ปฏิกิริยาเคมีที่เกี่ยวข้องและวิธีป้องกันการกัดกร่อนของโลหะได้	4	3

ตาราง 11 (ต่อ)

เนื้อหา	จุดประสงค์การเรียนรู้	จำนวนข้อสอบ (ข้อ)	
		สร้าง	จริง
การชุบโลหะ	นักเรียนสามารถอธิบายหลักการทางเคมีไฟฟ้าที่ใช้ในการชุบโลหะได้	4	3
รวม		41	30

3.4 นำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่สร้างขึ้นเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ เพื่อตรวจสอบความถูกต้อง ความครอบคลุมของเนื้อหา ความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับจุดประสงค์การเรียนรู้ และความเหมาะสมของภาษาที่ใช้ แล้วนำแบบทดสอบมาปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำของอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ดังนี้ ปรับข้อคำถามให้สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้ และให้ครอบคลุมกับเนื้อหา

3.5 นำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่แก้ไขตามคำแนะนำของอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์พร้อมแบบประเมิน เสนอต่อผู้เชี่ยวชาญชุดเดิมกับที่ใช้ประเมินความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้ และแบบวัดการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ เพื่อพิจารณาความตรงเชิงเนื้อหาโดยพิจารณาความสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับจุดประสงค์การเรียนรู้ โดยใช้หลักเกณฑ์ในการพิจารณาให้คะแนน (ประสาธ เมืองเฉลิม, 2563) ดังนี้

+1 เมื่อแน่ใจว่าข้อสอบนั้นวัดได้ตรงตามจุดประสงค์การเรียนรู้

0 เมื่อไม่แน่ใจว่าข้อสอบนั้นวัดได้ตรงตามจุดประสงค์การเรียนรู้

-1 เมื่อแน่ใจว่าข้อสอบนั้นวัดได้ไม่ตรงตามจุดประสงค์การเรียนรู้

3.6 นำผลการประเมินที่ได้มาวิเคราะห์เพื่อพิจารณาดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับจุดประสงค์การเรียนรู้ (IOC : Index of Item Objective Congruence) ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน แล้วคัดเลือกข้อสอบที่มีค่าดัชนีความสอดคล้อง ตั้งแต่ 0.50 ถึง 1.00 ไว้ใช้ จากผลการประเมินของผู้เชี่ยวชาญ พบว่า ข้อสอบที่มีค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ตามเกณฑ์ที่กำหนด จำนวน 40 ข้อ มีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 0.67-1.00 ซึ่งสามารถนำไปใช้ได้

3.7 นำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่ผ่านการพิจารณาจากผู้เชี่ยวชาญมาปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะ ดังนี้ ปรับข้อคำถามของแบบทดสอบให้มีความชัดเจน และเข้าใจง่าย

3.8 นำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่แก้ไขตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ และอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ไปทดลองใช้ (Try Out) กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/4 ที่ไม่ใช่

กลุ่มตัวอย่าง จำนวน 40 คน เพื่อสอบถามนักเรียนในเรื่องของความชัดเจนในการใช้ภาษาสื่อความหมายและเพื่อตรวจสอบคุณภาพโดยหาค่าอำนาจจำแนกเป็นรายข้อของแบบทดสอบ

3.9 นำผลการทดสอบมาหาคุณภาพของแบบทดสอบโดยหาค่าอำนาจจำแนกเป็นรายข้อ โดยวิธีของ Brennan หรือดัชนี B (B-Index) เพื่อคัดเลือกข้อสอบที่มีค่าอำนาจจำแนก ตั้งแต่ 0.20 - 1.00 ไว้ใช้ (สมนึก ภัททิยธนี, 2562) ผลการวิเคราะห์ พบว่า ข้อสอบที่คัดเลือกจำนวน 30 ข้อ มีค่าอำนาจจำแนก (B) อยู่ในช่วง 0.29 - 0.72

3.10 นำข้อสอบที่คัดเลือกไว้ จำนวน 30 ข้อ มาหาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบทั้งฉบับ โดยวิธีของโลเวท (Lovett Method) (สมนึก ภัททิยธนี, 2562) ผลการวิเคราะห์ พบว่า ค่าความเชื่อมั่นทั้งฉบับของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน มีค่าเท่ากับ 0.91

3.11 นำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่ผ่านการตรวจสอบคุณภาพ จัดทำเป็นฉบับสมบูรณ์แล้วนำไปใช้จริงกับกลุ่มตัวอย่าง นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/2 จำนวน 42 คน

4. แบบวัดความพึงพอใจต่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานผ่านระบบออนไลน์

4.1 ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความพึงพอใจ และวิธีการสร้างแบบวัดความพึงพอใจ

4.2 สร้างแบบวัดความพึงพอใจ โดยกำหนดหัวข้อที่เป็นพฤติกรรมและความคิดเห็นของนักเรียนที่มีต่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานผ่านระบบออนไลน์ 4 ด้าน ประกอบด้วย ด้านการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ด้านบรรยากาศในชั้นเรียน ด้านกระบวนการกลุ่ม และด้านสื่อการเรียนรู้ ซึ่งกำหนดเป็นข้อคำถามแบบมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ ของลิเคิร์ท (Likert Rating Scale) สร้างข้อคำถามจำนวน 25 ข้อ ใช้จริง 20 ข้อ เป็นข้อความที่ให้นักเรียนแสดงความคิดเห็นว่านักเรียนมีความพึงพอใจต่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในระดับใด โดยมีเกณฑ์การแปลผลการวัดความพึงพอใจ (บุญชม ศรีสะอาด, 2560) ดังนี้

5 คะแนน หมายถึง พอใจมากที่สุด

4 คะแนน หมายถึง พอใจมาก

3 คะแนน หมายถึง พอใจปานกลาง

2 คะแนน หมายถึง พอใจน้อย

1 คะแนน หมายถึง พอใจน้อยที่สุด

4.3 นำแบบวัดความพึงพอใจที่สร้างขึ้น เสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์เพื่อพิจารณาความสอดคล้องของประเด็นคำถามแต่ละข้อ การใช้ภาษา และความถูกต้องชัดเจน แล้วนำแบบวัดความพึงพอใจมาปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำของอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ดังนี้ ตรวจสอบความถูกต้องของประเด็นคำถามแต่ละข้อเพื่อให้สอดคล้องกับจุดประสงค์ที่ต้องการวัด

4.4 นำแบบวัดความพึงพอใจที่แก้ไขตามคำแนะนำของอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ พร้อมแบบประเมิน เสนอต่อผู้เชี่ยวชาญชุดเดิมกับที่ใช้ประเมินความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้ แบบวัดการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ และแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เพื่อพิจารณาความเหมาะสม ความชัดเจน ความถูกต้อง ภาษาที่ใช้ ของแบบวัดความพึงพอใจที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น เพื่อพิจารณาความตรงเชิงเนื้อหาโดยพิจารณาความสอดคล้องระหว่างประเด็นคำถามแต่ละข้อกับจุดประสงค์ที่ต้องการวัด โดยใช้หลักเกณฑ์ในการพิจารณาให้คะแนน (ประสาธ นื่องเฉลิม, 2563) ดังนี้

- +1 เมื่อแน่ใจว่าข้อคำถามนั้นวัดได้ตรงตามจุดประสงค์
- 0 เมื่อไม่แน่ใจว่าข้อคำถามนั้นวัดได้ตรงตามจุดประสงค์
- 1 เมื่อแน่ใจว่าข้อคำถามนั้นวัดได้ไม่ตรงตามจุดประสงค์

4.5 นำผลการประเมินที่ได้มาวิเคราะห์เพื่อพิจารณาดัชนีความสอดคล้องระหว่างประเด็นคำถามแต่ละข้อกับจุดประสงค์ที่ต้องการวัด (IOC : Index of Item Objective Congruence) ของแบบวัดความพึงพอใจ แล้วคัดเลือกข้อสอบที่มีค่าดัชนีความสอดคล้อง ตั้งแต่ 0.50 ถึง 1.00 ไว้ใช้ จากผลการประเมินของผู้เชี่ยวชาญ พบว่า ข้อสอบที่มีค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ตามเกณฑ์ที่กำหนด จำนวน 25 ข้อ มีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 0.67-1.00 ซึ่งสามารถนำไปใช้ได้

4.6 นำแบบวัดความพึงพอใจที่ผ่านการพิจารณาจากผู้เชี่ยวชาญ มาปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะ ดังนี้ ปรับการใช้ภาษาในแต่ละข้อคำถามให้มีความชัดเจน เข้าใจง่าย ไม่กำกวม จากนั้นนำแบบสอบถามที่ผ่านการตรวจสอบและปรับปรุงแก้ไขแล้ว ไปทดลองใช้ (Try Out) กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/4 ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง จำนวน 40 คน เพื่อสอบถามนักเรียนในเรื่องของความชัดเจนในการใช้ภาษา การสื่อความหมาย และเพื่อตรวจสอบคุณภาพโดยหาค่าอำนาจจำแนกเป็นรายข้อของแบบสอบถาม

4.7 นำผลการทดสอบมาหาคุณภาพของแบบสอบถามโดยหาค่าอำนาจจำแนกเป็นรายข้อ โดยวิธีการหาสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างคะแนนรายข้อกับคะแนนรวม (Item-Total Correlation) เพื่อคัดเลือกข้อคำถามที่มีค่าอำนาจจำแนก ตั้งแต่ 0.20 - 1.00 ไว้ใช้ (ประสาธ นื่องเฉลิม, 2563) ผลการวิเคราะห์ พบว่า ข้อคำถามที่คัดเลือกจำนวน 20 ข้อ มีค่าอำนาจจำแนก ( $r_{xy}$ ) อยู่ในช่วง 0.54 - 0.82

4.8 นำข้อคำถามที่คัดเลือกไว้ จำนวน 20 ข้อ มาหาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบทั้งฉบับ โดยวิธีการหาสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค (Alpha Coefficient) (ประสาธ นื่องเฉลิม, 2563) ผลการวิเคราะห์ พบว่า ค่าความเชื่อมั่นทั้งฉบับของแบบวัดความพึงพอใจต่อการจัดการกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานผ่านระบบออนไลน์ มีค่าเท่ากับ 0.95

4.9 นำแบบวัดความพึงพอใจที่ผ่านการตรวจสอบคุณภาพ จัดทำเป็นฉบับสมบูรณ์ แล้วนำไปใช้จริงกับกลุ่มตัวอย่าง นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/2 จำนวน 42 คน

### วิธีดำเนินการวิจัยและการเก็บรวบรวมข้อมูล

#### 1. แบบแผนการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยใช้วิธีวิจัยแบบแผนการทดลองเบื้องต้น (Pre-experimental design) เป็นแบบทดลองที่มีกลุ่มทดลอง (X) หนึ่งกลุ่มและสังเกตผล (O) ครั้งเดียว (One shot case study) ดังแผนภาพต่อไปนี้ (ประสาท เนื่องเฉลิม, 2563)

(X – O)

เมื่อ X แทน การจัดการกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานผ่านระบบออนไลน์

O แทน การสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และความพึงพอใจของนักเรียนต่อการจัดการกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานผ่านระบบออนไลน์

#### 2. วิธีการดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลตามขั้นตอน ดังนี้

1. ปฐมนิเทศผู้เรียนที่เป็นกลุ่มตัวอย่างที่ได้มาโดยวิธีสุ่มแบบกลุ่ม (Cluster Random Sampling) เพื่อสร้างข้อตกลงและทำความเข้าใจในการจัดการกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานผ่านระบบออนไลน์

2. จัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานผ่านระบบออนไลน์กับกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 8 แผนการจัดการเรียนรู้ จำนวน 12 ชั่วโมง

3. ทดสอบหลังเรียนกับนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง โดยใช้แบบวัดการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ และแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง เคมีไฟฟ้า

4. วัดความพึงพอใจของนักเรียนต่อการจัดการกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานผ่านระบบออนไลน์ โดยใช้แบบวัดความพึงพอใจต่อการจัดการกิจกรรมการเรียนรู้แบบจำลองเป็นฐานผ่านระบบออนไลน์กับกลุ่มตัวอย่าง

5. รวบรวมข้อมูลที่ได้จากแบบวัดการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และแบบวัดความพึงพอใจต่อการจัดการกิจกรรมการเรียนรู้แบบจำลองเป็นฐานผ่านระบบออนไลน์ เพื่อนำคะแนนมาวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติต่อไป

### การจัดกระทำกับข้อมูลและการวิเคราะห์ข้อมูล

1. วิเคราะห์การสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานผ่านระบบออนไลน์ เรื่อง เคมีไฟฟ้า เทียบกับเกณฑ์ร้อยละ 70 โดยใช้สถิติพื้นฐาน ได้แก่ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และสถิติทดสอบสมมติฐาน One Sample t-test

2. วิเคราะห์ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานผ่านระบบออนไลน์ เรื่อง เคมีไฟฟ้า เทียบกับเกณฑ์ร้อยละ 70 โดยใช้สถิติพื้นฐาน ได้แก่ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และสถิติทดสอบสมมติฐาน One Sample t-test

3. วิเคราะห์ความพึงพอใจของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานผ่านระบบออนไลน์ เรื่อง เคมีไฟฟ้า โดยใช้สถิติพื้นฐาน ได้แก่ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และแปลผลค่าเฉลี่ยของคะแนนความพึงพอใจ โดยใช้เกณฑ์การแปลผลค่าเฉลี่ยของคะแนนความพึงพอใจ (บุญชม ศรีสะอาด, 2560) ดังนี้

ค่าเฉลี่ย 4.51 - 5.00 แปลความว่า มากที่สุด

ค่าเฉลี่ย 3.51 - 4.50 แปลความว่า มาก

ค่าเฉลี่ย 2.51 - 3.50 แปลความว่า ปานกลาง

ค่าเฉลี่ย 1.51 - 2.50 แปลความว่า น้อย

ค่าเฉลี่ย 1.00 - 1.50 แปลความว่า น้อยที่สุด

### สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

#### 1. สถิติพื้นฐาน

1.1 ร้อยละ (Percentage) ใช้สูตรต่อไปนี้ (ประสาธน์ เนื่องเฉลิม, 2563)

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

เมื่อ p แทน ค่าร้อยละ

f แทน ความถี่ที่ต้องการแปลงให้เป็นค่าร้อยละ

N แทน จำนวนความถี่ทั้งหมด



1.2 ค่าเฉลี่ย (Arithmetic Mean) ใช้สูตรต่อไปนี้ (ประสาท เนื่องเฉลิม, 2563)

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

เมื่อ  $\bar{X}$  แทน ค่าเฉลี่ย

$\sum X$  แทน ผลรวมของคะแนนทั้งหมดในกลุ่ม

$N$  แทน จำนวนคะแนนในกลุ่ม

1.3 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) ใช้สูตรต่อไปนี้ (ประสาท เนื่องเฉลิม, 2563)

$$SD = \sqrt{\frac{n \sum X^2 - (\sum X)^2}{n(n-1)}}$$

เมื่อ  $SD$  แทน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

$X$  แทน ค่าคะแนน

$N$  แทน จำนวนคะแนนในแต่ละกลุ่ม

$\sum$  แทน ผลรวม

## 2. สถิติในการหาคุณภาพเครื่องมือ

2.1 การหาความเที่ยงตรงตามเนื้อหาของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแบบวัดการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ และแบบวัดความพึงพอใจ โดยวิธีดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับจุดประสงค์ (IOC : Index of Item Objective Congruence) โดยใช้สูตรดังนี้ (ประสาท เนื่องเฉลิม, 2563)

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

เมื่อ  $IOC$  แทน ค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับจุดประสงค์

$\sum R$  แทน ผลรวมของคะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ

$N$  แทน จำนวนผู้เชี่ยวชาญ

2.2 การหาค่าอำนาจจำแนกของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน โดยวิธีของ Brennan หรือดัชนี B (B-Index หรือ Brennan Index) โดยใช้สูตรดังนี้ (สมนึก ภัททิยธนี, 2562)

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

- เมื่อ B แทน ค่าอำนาจจำแนกของข้อสอบ  
 $N_1$  แทน จำนวนคนรอบรู้ (หรือสอบผ่านเกณฑ์)  
 $N_2$  แทน จำนวนคนไม่รอบรู้ (หรือสอบไม่ผ่านเกณฑ์)  
 U แทน จำนวนคนรอบรู้ (หรือสอบผ่านเกณฑ์) ตอบถูก  
 L แทน จำนวนคนไม่รอบรู้ (หรือสอบไม่ผ่านเกณฑ์) ตอบถูก

2.3 การหาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน โดยวิธีของโลเวท (Lovett Method) โดยใช้สูตรดังนี้ (สมนึก ภัททิยธนี, 2562)

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

- เมื่อ  $r_{cc}$  แทน ความเชื่อมั่นของแบบทดสอบอิงเกณฑ์  
 K แทน จำนวนข้อสอบของแบบทดสอบทั้งฉบับ  
 $X_i$  แทน คะแนนสอบของนักเรียนแต่ละคน  
 C แทน คะแนนจุดตัด

2.4 การหาค่าความยาก ของแบบวัดการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ โดยใช้วิธีของ วิทนีย์และซาเบอร์ส (Whitney and Sabers) โดยใช้สูตรดังนี้ (ไพศาล วรคำ, 2562)

$$P = \frac{S_H + S_L - (2nX_{\min})}{2n(X_{\max} - X_{\min})}$$

- เมื่อ P แทน ค่าความความยากของข้อสอบ  
 $S_H$  แทน เป็นผลรวมคะแนนในกลุ่มสูง  
 $S_L$  แทน เป็นผลรวมคะแนนในกลุ่มต่ำ

$n$  แทน จำนวนนักเรียนในกลุ่มสูงหรือต่ำ

$X_{\max}$  แทน คะแนนสูงสุดในข้อนั้น

$X_{\min}$  แทน คะแนนต่ำสุดในข้อนั้น

2.5 การหาค่าอำนาจจำแนก ของแบบวัดการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ โดยใช้วิธีของวิทนีและซาเบอร์ส (Whitney and Sabers) โดยใช้สูตรดังนี้ (ไพศาล วรคำ, 2562)

$$D = \frac{S_H - S_L}{n(X_{\max} - X_{\min})}$$

เมื่อ  $D$  แทน ค่าอำนาจจำแนกของข้อสอบ

$S_H$  แทน เป็นผลรวมคะแนนในกลุ่มสูง

$S_L$  แทน เป็นผลรวมคะแนนในกลุ่มต่ำ

$n$  แทน จำนวนนักเรียนในกลุ่มสูงหรือต่ำ

$X_{\max}$  แทน คะแนนสูงสุดในข้อนั้น

$X_{\min}$  แทน คะแนนต่ำสุดในข้อนั้น

2.6 การหาค่าความเชื่อมั่นของแบบวัดการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ และแบบวัดความพึงพอใจ โดยวิธีการหาสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค (Alpha Coefficient) โดยใช้สูตรดังนี้ (ประสาธ เนิ่งเฉลิม, 2563)

$$\alpha = \frac{n}{n-1} \left[ 1 - \frac{\sum s_i^2}{s_t^2} \right]$$

เมื่อ  $\alpha$  แทน ค่าความเชื่อมั่นของเครื่องมือ

$s_i^2$  แทน ผลรวมของค่าความแปรปรวนเป็นรายข้อแต่ละข้อ

$s_t^2$  แทน ผลรวมของค่าความแปรปรวนของเครื่องมือทั้งฉบับ

$n$  แทน จำนวนข้อ

2.7 การหาค่าอำนาจจำแนกของแบบวัดความพึงพอใจ โดยวิธีการหาสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างคะแนนรายข้อกับคะแนนรวม (Item-Total Correlation) โดยใช้สูตรดังนี้ (ประสาธ นื่องเฉลิม, 2563)

$$r_{xy} = \frac{N \sum XY - \sum X \sum Y}{\sqrt{[N \sum X^2 - (\sum X)^2][N \sum Y^2 - (\sum Y)^2]}}$$

เมื่อ  $r_{xy}$  แทน ค่าอำนาจจำแนกเป็นรายข้อ  
 $X$  แทน ค่ารวมของการตอบของผู้ตอบแต่ละคน  
 $Y$  แทน คะแนนในแต่ละข้อของผู้ตอบ  
 $N$  แทน จำนวนผู้ตอบ

### 3. สถิติอ้างอิง

ทดสอบสมมติฐาน เพื่อเปรียบเทียบการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง เคมีไฟฟ้า ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานผ่านระบบออนไลน์ กับเกณฑ์ร้อยละ 70 ซึ่งคำนวณโดยใช้การทดสอบค่าเฉลี่ยเพียง 1 กลุ่ม (One sample t-test) โดยใช้สูตรดังนี้ (ประสาธ นื่องเฉลิม, 2563)

$$t = \frac{\bar{X} - \mu}{\frac{S}{\sqrt{n}}}$$

เมื่อ  $t$  แทน สถิติทดสอบ  
 $\bar{X}$  แทน ค่าเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่าง  
 $n$  แทน จำนวนคะแนนในแต่ละกลุ่ม  
 $S$  แทน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน  
 $\mu$  แทน คะแนนร้อยละ 70

## บทที่ 4

### ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานผ่านระบบออนไลน์ที่มีต่อการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง เคมีไฟฟ้า ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 มีความมุ่งหมายของการวิจัยดังนี้ 1) เพื่อเปรียบเทียบการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง เคมีไฟฟ้า ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานผ่านระบบออนไลน์กับเกณฑ์ร้อยละ 70 2) เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง เคมีไฟฟ้า ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานผ่านระบบออนไลน์กับเกณฑ์ร้อยละ 70 และ 3) เพื่อศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนต่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานผ่านระบบออนไลน์ เรื่อง เคมีไฟฟ้า ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ผู้วิจัยได้ดำเนินการศึกษาตามขั้นตอนการวิจัย โดยมีผลการวิเคราะห์ข้อมูลเสนอเป็นลำดับขั้นตอน ดังนี้

1. สัญลักษณ์ที่ใช้ในการเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล
2. ลำดับขั้นตอนในการเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล
3. ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

#### สัญลักษณ์ที่ใช้ในการเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยได้กำหนดสัญลักษณ์และอักษรย่อที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ดังนี้

- |           |     |                                 |
|-----------|-----|---------------------------------|
| $n$       | แทน | จำนวนคนในกลุ่มตัวอย่าง          |
| $\bar{X}$ | แทน | ค่าเฉลี่ยเลขคณิต                |
| S.D.      | แทน | ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน            |
| $t$       | แทน | ค่าสถิติทดสอบที แบบ One sample  |
| df        | แทน | ขั้นของความอิสระ                |
| $p$       | แทน | ระดับนัยสำคัญทางสถิติ           |
| $\mu$     | แทน | ค่าเฉลี่ยมาตรฐานที่ใช้เป็นเกณฑ์ |

### ลำดับขั้นตอนในการเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยได้ดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูลตามขั้นตอน ดังต่อไปนี้

ตอนที่ 1 ผลการวิเคราะห์การสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานผ่านระบบออนไลน์ เรื่อง เคมีไฟฟ้า เทียบกับเกณฑ์ร้อยละ 70

ตอนที่ 2 ผลการวิเคราะห์ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานผ่านระบบออนไลน์ เรื่อง เคมีไฟฟ้า เทียบกับเกณฑ์ร้อยละ 70

ตอนที่ 3 ผลการวิเคราะห์ความพึงพอใจของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานผ่านระบบออนไลน์ เรื่อง เคมีไฟฟ้า

### ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ตอนที่ 1 ผลการวิเคราะห์การสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานผ่านระบบออนไลน์ เรื่อง เคมีไฟฟ้า เทียบกับเกณฑ์ร้อยละ 70

ผู้วิจัยได้หาคะแนนการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง เคมีไฟฟ้า โดยวิเคราะห์จากแบบวัดการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ เป็นข้อสอบแบบอัตนัย จำนวน 6 ข้อ โดยแต่ละข้อแบ่งออกเป็น 3 องค์ประกอบ ได้แก่ 1) ข้อกล่าวอ้าง (Claim) 2) หลักฐาน (Evidence) และ 3) การให้เหตุผล (Reasoning) และรวมคะแนนทุกองค์ประกอบ จากนั้นเปรียบเทียบคะแนนกับเกณฑ์ร้อยละ 70 โดยใช้สถิติ One Sample t-test ปรากฏดังตาราง 12

ตาราง 12 แสดงการเปรียบเทียบคะแนนการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานผ่านระบบออนไลน์ เรื่อง เคมีไฟฟ้า เทียบกับเกณฑ์ร้อยละ 70 โดยใช้สถิติ One Sample t-test

การสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์	คะแนนเต็ม	$\bar{X}$ (n = 42)	ร้อยละ	S.D.	$\mu$ (70%)	t	df	p
ข้อกล่าวอ้าง	12	9.50	79.17	2.18	8.40			
หลักฐาน	12	8.98	74.83	1.33	8.40			



ตาราง 12 (ต่อ)

การสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์	คะแนนเต็ม	$\bar{X}$ (n = 42)	ร้อยละ	S.D.	$\mu$ (70%)	t	df	p
การให้เหตุผล	12	7.81	65.08	1.82	8.40			
รวม 3 องค์ประกอบ	36	26.29	73.03	4.59	25.20	1.532	41	0.067

\*มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากตาราง 12 พบว่า คะแนนการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง เคมีไฟฟ้า รวมคะแนนทุกองค์ประกอบ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 26.29 คิดเป็นร้อยละ 73.03 และเมื่อทดสอบโดยใช้สถิติ One Sample t-test โดยกำหนดระดับนัยสำคัญที่ .05 พบว่า มีค่า p มากกว่า .05 แสดงว่า คะแนนการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานผ่านระบบออนไลน์ เรื่อง เคมีไฟฟ้า ไม่แตกต่างจากเกณฑ์ร้อยละ 70 ซึ่งไม่เป็นไปตามสมมติฐานการวิจัยที่กำหนดไว้ และเมื่อวิเคราะห์คะแนนการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์แยกตามองค์ประกอบ พบว่า องค์ประกอบด้านข้อกล่าวอ้าง มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 9.50 คิดเป็นร้อยละ 79.17 และองค์ประกอบด้านหลักฐาน มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 8.98 คิดเป็นร้อยละ 74.83 ซึ่งทั้งสององค์ประกอบมีคะแนนเฉลี่ยสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 ส่วนองค์ประกอบด้านการให้เหตุผล มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 7.81 คิดเป็นร้อยละ 65.08 ซึ่งมีคะแนนเฉลี่ยต่ำกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70

ตอนที่ 2 ผลการวิเคราะห์ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานผ่านระบบออนไลน์ เรื่อง เคมีไฟฟ้า เทียบกับเกณฑ์ร้อยละ 70

ผู้วิจัยได้หาคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง เคมีไฟฟ้า โดยวิเคราะห์จากแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เป็นข้อสอบแบบปรนัย จำนวน 30 ข้อ จากนั้นเปรียบเทียบคะแนนกับเกณฑ์ร้อยละ 70 โดยใช้สถิติ One Sample t-test ปรากฏดังตาราง 13

ตาราง 13 แสดงการเปรียบเทียบคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานผ่านระบบออนไลน์ เรื่อง เคมีไฟฟ้า เทียบกับเกณฑ์ร้อยละ 70 โดยใช้สถิติ One Sample t-test

รายการ	คะแนน เต็ม	$\bar{X}$ (n = 42)	ร้อยละ	S.D.	$\mu$ (70%)	t	df	p
ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน	30	21.69	72.30	3.38	21.00	1.323	41	0.097

\*มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากตาราง 13 พบว่า คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง เคมีไฟฟ้า มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 21.69 คิดเป็นร้อยละ 72.30 และเมื่อทดสอบโดยใช้สถิติ One Sample t-test โดยกำหนดระดับนัยสำคัญที่ .05 พบว่า มีค่า p มากกว่า .05 แสดงว่า คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานผ่านระบบออนไลน์ เรื่อง เคมีไฟฟ้า ไม่แตกต่างจากเกณฑ์ร้อยละ 70 ซึ่งไม่เป็นไปตามสมมติฐานการวิจัยที่กำหนดไว้

ตอนที่ 3 ผลการวิเคราะห์ความพึงพอใจของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานผ่านระบบออนไลน์ เรื่อง เคมีไฟฟ้า

ผู้วิจัยได้หาคะแนนความพึงพอใจต่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานผ่านระบบออนไลน์ โดยวิเคราะห์จากแบบวัดความพึงพอใจต่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบจำลองเป็นฐานผ่านระบบออนไลน์ โดยหาค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ปรากฏดังตาราง 14

ตาราง 14 แสดงค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ของความพึงพอใจของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานผ่านระบบออนไลน์ เรื่อง เคมีไฟฟ้า

ข้อ	รายการประเมิน	$\bar{X}$	S.D.	ระดับความ พึงพอใจ
ด้านการจัดกิจกรรมการเรียนรู้				
1	นักเรียนรู้สึกชอบที่กิจกรรมการเรียนรู้มีความเหมาะสมกับเนื้อหาที่เรียน	4.19	0.77	มาก
2	นักเรียนรู้สึกชอบที่กิจกรรมการเรียนรู้ส่งเสริมให้นักเรียนได้สร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง	4.02	0.64	มาก

ตาราง 14 (ต่อ)

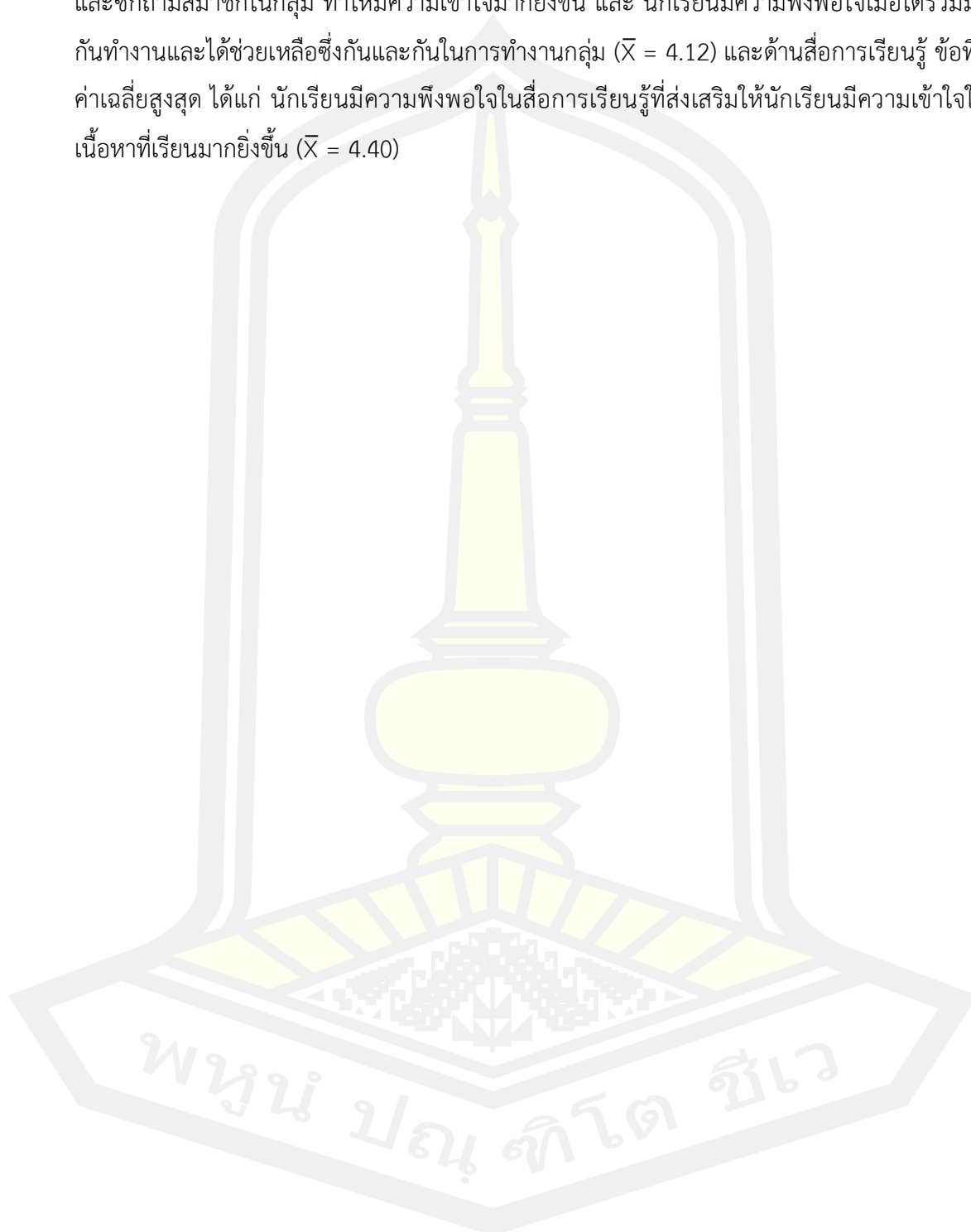
ข้อ	รายการประเมิน	$\bar{X}$	S.D.	ระดับความพึงพอใจ
3	นักเรียนรู้สึกชอบที่กิจกรรมการเรียนรู้ส่งเสริมให้นักเรียนมีความเข้าใจในเนื้อหาที่เรียนมากยิ่งขึ้น	4.07	0.71	มาก
4	นักเรียนรู้สึกชอบที่กิจกรรมการเรียนรู้ส่งเสริมให้นักเรียนมีส่วนร่วมในการอภิปราย ชักถาม และแลกเปลี่ยนความคิดเห็นร่วมกับผู้อื่นในชั้นเรียน	4.29	1.04	มาก
5	นักเรียนรู้สึกชอบที่กิจกรรมการเรียนรู้ส่งเสริมให้นักเรียนมีความคิดริเริ่ม และรู้จักวิพากษ์วิจารณ์อย่างมีเหตุผล	4.19	0.92	มาก
เฉลี่ยด้านการจัดกิจกรรมการเรียนรู้		4.15	0.82	มาก
ด้านบรรยากาศในชั้นเรียน				
6	นักเรียนรู้สึกชอบที่ได้แสดงความคิดเห็นร่วมกับผู้อื่น และยอมรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น	4.17	0.93	มาก
7	นักเรียนรู้สึกชอบเมื่อมีโอกาสได้ซักถามและแสดงออกในระหว่างการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในชั้นเรียน	4.38	0.66	มาก
8	นักเรียนรู้สึกพึงพอใจที่ครูผู้สอนให้คำแนะนำและรับฟังความคิดเห็นของนักเรียน	4.45	0.63	มาก
9	นักเรียนรู้สึกพึงพอใจที่ครูผู้สอนมีการตั้งคำถามเพื่อกระตุ้นให้นักเรียนคิดหาคำตอบได้ด้วยตนเอง	4.60	0.59	มากที่สุด
10	นักเรียนรู้สึกพึงพอใจที่ครูผู้สอนส่งเสริมการเรียนรู้ของนักเรียนอย่างสม่ำเสมอ	4.24	0.62	มาก
เฉลี่ยด้านบรรยากาศในชั้นเรียน		4.37	0.69	มาก
ด้านกระบวนการกลุ่ม				
11	นักเรียนรู้สึกชอบเมื่อได้เรียนรู้ร่วมกันในการทำงานเป็นกลุ่ม	4.02	0.64	มาก
12	นักเรียนรู้สึกพึงพอใจในการรับฟังความคิดเห็นของสมาชิกในกลุ่ม	4.10	0.82	มาก
13	นักเรียนรู้สึกชอบเมื่อมีโอกาสได้ร่วมอภิปรายและซักถามสมาชิกในกลุ่ม ทำให้มีความเข้าใจมากยิ่งขึ้น	4.12	0.86	มาก

ตาราง 14 (ต่อ)

ข้อ	รายการประเมิน	$\bar{X}$	S.D.	ระดับความพึงพอใจ
14	นักเรียนรู้สึกชอบเมื่อได้ร่วมมือกันทำงานและได้ช่วยเหลือซึ่งกันและกันในการทำงานกลุ่ม	4.12	0.74	มาก
15	นักเรียนรู้สึกสนุกสนานเมื่อได้ทำกิจกรรมร่วมกับสมาชิกในกลุ่ม	4.00	0.99	มาก
เฉลี่ยด้านกระบวนการกลุ่ม		4.07	0.81	มาก
ด้านสื่อการเรียนรู้				
16	นักเรียนรู้สึกชอบที่การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ใช้สื่อการเรียนรู้และอุปกรณ์ที่มีคุณภาพ	4.36	0.79	มาก
17	นักเรียนรู้สึกชอบที่สื่อการเรียนรู้ที่มีความเหมาะสมกับเนื้อหาที่เรียน	4.36	0.76	มาก
18	นักเรียนรู้สึกชอบที่สื่อการเรียนรู้มีความเหมาะสมกับวัยของนักเรียน	4.29	0.67	มาก
19	นักเรียนรู้สึกชอบที่สื่อการเรียนรู้ส่งเสริมให้นักเรียนมีความเข้าใจในเนื้อหาที่เรียนมากยิ่งขึ้น	4.40	0.73	มาก
20	นักเรียนรู้สึกชอบที่สื่อการเรียนรู้ที่ช่วยกระตุ้นความสนใจของนักเรียน	4.31	0.75	มาก
เฉลี่ยด้านสื่อการเรียนรู้		4.34	0.74	มาก
เฉลี่ยรวม		4.23	0.76	มาก

จากตาราง 14 พบว่า นักเรียนมีความพึงพอใจต่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานผ่านระบบออนไลน์ เรื่อง เคมีไฟฟ้า โดยภาพรวม ( $\bar{X} = 4.23$ ) และรายด้าน ได้แก่ ด้านการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ( $\bar{X} = 4.15$ ) ด้านบรรยากาศในชั้นเรียน ( $\bar{X} = 4.37$ ) ด้านกระบวนการกลุ่ม ( $\bar{X} = 4.07$ ) และด้านสื่อการเรียนรู้ ( $\bar{X} = 4.34$ ) อยู่ในระดับมาก และเมื่อพิจารณารายข้อ พบว่า ด้านการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ข้อที่มีค่าเฉลี่ยสูงสุด ได้แก่ นักเรียนมีความพึงพอใจในกิจกรรมการเรียนรู้ที่ส่งเสริมให้นักเรียนมีส่วนร่วมในการอภิปราย ชักถาม และแลกเปลี่ยนความคิดเห็นร่วมกับผู้อื่นในชั้นเรียน ( $\bar{X} = 4.29$ ) ด้านบรรยากาศในชั้นเรียน ข้อที่มีค่าเฉลี่ยสูงสุด ได้แก่ นักเรียนมีความพึงพอใจที่ครูผู้สอนมีการตั้งคำถามเพื่อกระตุ้นให้นักเรียนคิดหาคำตอบได้ด้วยตนเอง ( $\bar{X} = 4.60$ )

ด้านกระบวนการกลุ่ม ข้อที่มีค่าเฉลี่ยสูงสุด ได้แก่ นักเรียนมีความพึงพอใจเมื่อมีโอกาสได้ร่วมอภิปราย และซักถามสมาชิกในกลุ่ม ทำให้มีความเข้าใจมากยิ่งขึ้น และ นักเรียนมีความพึงพอใจเมื่อได้ร่วมมือกันทำงานและได้ช่วยเหลือซึ่งกันและกันในการทำงานกลุ่ม ( $\bar{X} = 4.12$ ) และด้านสื่อการเรียนรู้ ข้อที่มีค่าเฉลี่ยสูงสุด ได้แก่ นักเรียนมีความพึงพอใจในสื่อการเรียนรู้ที่ส่งเสริมให้นักเรียนมีความเข้าใจในเนื้อหาที่เรียนมากยิ่งขึ้น ( $\bar{X} = 4.40$ )



## บทที่ 5

### สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การดำเนินงานวิจัย เรื่อง การจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานผ่านระบบออนไลน์ที่มีต่อการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง เคมีไฟฟ้า ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ผู้วิจัยได้สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ ตามลำดับขั้นตอนดังนี้

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

#### ความมุ่งหมายของการวิจัย

1. เพื่อเปรียบเทียบการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง เคมีไฟฟ้า ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานผ่านระบบออนไลน์ กับเกณฑ์ร้อยละ 70
2. เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง เคมีไฟฟ้า ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานผ่านระบบออนไลน์ กับเกณฑ์ร้อยละ 70
3. เพื่อศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนต่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานผ่านระบบออนไลน์ เรื่อง เคมีไฟฟ้า ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

#### สรุปผล

ผู้วิจัยได้สรุปผลการวิจัยตามความมุ่งหมาย ดังนี้

1. นักเรียนที่เรียนด้วยการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานผ่านระบบออนไลน์ มีการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ไม่แตกต่างจากเกณฑ์ร้อยละ 70 โดยนักเรียนมีคะแนนการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์เฉลี่ยเท่ากับ 26.29 คิดเป็นร้อยละ 73.03 เมื่อวิเคราะห์คะแนนการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์แยกตามองค์ประกอบ พบว่า นักเรียนมีคะแนนการสร้าง



คำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ในองค์ประกอบด้านข้อกลางอ้าง และองค์ประกอบด้านหลักฐาน สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 ส่วนองค์ประกอบด้านการให้เหตุผล นักเรียนมีคะแนนต่ำกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70

2. นักเรียนที่เรียนด้วยการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานผ่านระบบออนไลน์ มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนไม่แตกต่างจากเกณฑ์ร้อยละ 70 โดยนักเรียนมีคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเฉลี่ยเท่ากับ 21.69 คิดเป็นร้อยละ 72.30

3. นักเรียนมีความพึงพอใจต่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานผ่านระบบออนไลน์ โดยรวมอยู่ในระดับมาก

### อภิปรายผล

จากผลการวิจัยการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานผ่านระบบออนไลน์ ที่มีต่อการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง เคมีไฟฟ้า ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ผู้วิจัยอภิปรายผลได้ ดังนี้

1. นักเรียนที่เรียนด้วยการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานผ่านระบบออนไลน์ มีการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ไม่แตกต่างจากเกณฑ์ร้อยละ 70 โดยนักเรียนมีคะแนนการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์เฉลี่ยเท่ากับ 26.29 คิดเป็นร้อยละ 73.03 เมื่อวิเคราะห์คะแนนการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์แยกตามองค์ประกอบ พบว่า นักเรียนมีคะแนนการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ในองค์ประกอบด้านข้อกลางอ้าง และองค์ประกอบด้านหลักฐาน สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 ส่วนองค์ประกอบด้านการให้เหตุผล นักเรียนมีคะแนนต่ำกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 ทั้งนี้ เป็นเพราะจากสถานการณ์การแพร่ระบาดของเชื้อโควิด-19 การจัดการเรียนการสอนในชั้นเรียนอยู่ในรูปแบบออนไลน์แบบเต็มเวลา โดยจัดกิจกรรมการเรียนรู้ผ่านโปรแกรมการประชุมออนไลน์ Google Meet ซึ่งเป็นการจัดการเรียนรู้ที่เป็นการสื่อสารสองทาง (Two-Way Communication) ที่ครูผู้สอนและนักเรียนสามารถมีปฏิสัมพันธ์ระหว่างการเรียนการสอนเหมือนกับห้องเรียนปกติ (วิทยา วาโย และคณะ, 2563) แต่ด้วยข้อจำกัดของการจัดการเรียนการสอนออนไลน์ ทำให้ครูผู้สอนไม่สามารถกำกับดูแลผู้เรียนได้ทั่วถึงทั้งชั้นเรียน และในบางครั้งครูผู้สอนไม่สามารถช่วยเหลือและมีปฏิสัมพันธ์กับผู้เรียนได้ในขณะเวลาเดียวกับที่ผู้เรียนต้องการได้รับความช่วยเหลือ อีกทั้งยังมีปัจจัยแทรกแซงที่ครูผู้สอนไม่สามารถควบคุมการจัดการเรียนการสอนในชั้นเรียนได้ อันเนื่องมาจากความไม่เสถียรของเครือข่ายอินเทอร์เน็ต และความไม่พร้อมทางด้านอุปกรณ์ทางเทคโนโลยีของนักเรียน จึงส่งผลกระทบต่อจัดการเรียนการสอนออนไลน์ทำให้นักเรียนบางส่วนเกิดการเรียนรู้ที่ไม่ต่อเนื่อง สมာธิในการเรียนลดลง โดยสอดคล้องกับงานวิจัยของ Abelgas (2022) ที่พบว่า ปัจจัยที่ส่งผลต่อการจัดการเรียนการสอนออนไลน์ในช่วงการระบาดของ COVID-19 ได้แก่ การเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ตที่ไม่เสถียร ความ

ไม่เพียงพอของอุปกรณ์เทคโนโลยี และสภาพแวดล้อมที่บ้านไม่เอื้ออำนวยต่อการเรียนรู้ของนักเรียน จากที่กล่าวมาทำให้การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในบางชั้นตอนนักเรียนไม่สามารถเรียนรู้ได้อย่างเต็มที่ โดยในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในชั้นที่ 2 การประเมินแบบจำลอง ซึ่งการจัดกิจกรรมส่วนใหญ่เป็น กิจกรรมการทดลอง ที่มีครูผู้สอนเป็นผู้สาคิการทดลองให้นักเรียนสังเกตเพื่อรวบรวมข้อมูลเชิง ประจักษ์ที่เป็นข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ และนำข้อมูลที่ได้ไปใช้ในการสนับสนุนข้อกล่าวอ้างหรือ สนับสนุนคำตอบของนักเรียนที่ได้รับไว้ในชั้นที่ 1 การสร้างแบบจำลอง จากนั้นนักเรียนในแต่ละกลุ่ม จะร่วมกันระดมความคิดในการนำแบบจำลองของสมาชิกแต่ละคนในกลุ่มมาร่วมกันอภิปรายเพื่อ ดัดแปลงและสร้างเป็นแบบจำลองของกลุ่มเพื่ออธิบายปรากฏการณ์ที่ได้ศึกษา พบว่า ในการทำ กิจกรรมกลุ่มผ่านการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนในรูปแบบออนไลน์ นักเรียนบางส่วนไม่สามารถทำ กิจกรรมได้อย่างเต็มที่ในการอภิปรายแลกเปลี่ยนความคิดเห็น และการสร้างแบบจำลอง เนื่องมาจาก ข้อจำกัดของการเรียนออนไลน์ นอกจากนี้ด้วยระยะเวลาที่จำกัดในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน ในคาบเดียว (คาบละ 50 นาที) ซึ่งไม่เพียงพอที่จะทำให้จัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็น ฐานได้ครบทุกชั้นตอนภายใน 1 คาบเรียน โดยเฉพาะในชั้นที่ 4 การขยายแบบจำลอง ที่นักเรียน จะต้องสร้างแบบจำลองเพื่ออธิบายปรากฏการณ์ที่ใกล้เคียงกับที่ได้ศึกษา เพื่อประเมินความรู้ความ เข้าใจของนักเรียนเกี่ยวกับเรื่องที่ได้เรียนรู้ จากปัจจัยเหล่านี้อาจเป็นสาเหตุทำให้นักเรียนมีการสร้าง คำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ในภาพรวมไม่แตกต่างจากเกณฑ์ร้อยละ 70 และเมื่อทำการวิเคราะห์การ สร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนแยกตามองค์ประกอบ พบว่า องค์ประกอบด้านข้อกล่าว อ้างเป็นองค์ประกอบที่มีคะแนนสูงที่สุด เนื่องจากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็น ฐาน เป็นการจัดการเรียนการสอนที่เน้นกระบวนการเรียนแบบสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ ที่นักเรียน จะต้องลงมือปฏิบัติในการสร้างแบบจำลองผ่านกระบวนการเรียนรู้ด้วยกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ผ่านการคิดวิเคราะห์ คิดสังเคราะห์ การเปรียบเทียบแบบจำลองที่สร้างขึ้นกับข้อมูลเชิงประจักษ์ที่ ได้มาจากการสำรวจตรวจสอบ ประเมินปรับปรุงหรือดัดแปลงแก้ไขแบบจำลอง เพื่อให้ได้แบบจำลอง ที่สมบูรณ์และถูกต้อง เพื่อนำไปใช้ในการอธิบายและทำนายสถานการณ์ต่าง ๆ รวมถึงปรากฏการณ์ ทางธรรมชาติที่ยากต่อการทำความเข้าใจ ทำให้มองเห็นจากนามธรรมให้เป็นรูปธรรม (ชาตรี ฝ่ายคำ ตา 2563) กระบวนการดังกล่าวจึงช่วยส่งเสริมให้นักเรียนเกิดความรู้ความเข้าใจในเนื้อหาที่ได้เรียน ทำให้นักเรียนส่วนใหญ่สามารถระบุข้อกล่าวอ้างหรือตอบคำถามได้ถูกต้อง และเมื่อพิจารณาลักษณะ ขององค์ประกอบข้อกล่าวอ้าง พบว่า ข้อกล่าวอ้างเป็นลักษณะการเขียนคำตอบด้วยข้อความหรือ ประโยคสั้น ๆ ที่นักเรียนนำมาใช้ในการตอบคำถาม จึงเป็นองค์ประกอบที่ง่ายที่สุดในการสร้าง คำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ (Ruiz-Primo et al. 2010) สอดคล้องกับงานวิจัยของ พิษณุ ศุภศาสตร์ วงศ์ และคณะ (2563) McNeill & Krajcik (2008b) และ Oktavianti et al. (2018) ที่พบว่า ข้อกล่าวอ้างเป็นองค์ประกอบที่นักเรียนสามารถระบุได้ดีกว่าทุกองค์ประกอบ เนื่องจากเป็น

องค์ประกอบที่ระบุได้ง่ายที่สุด ส่วนองค์ประกอบด้านหลักฐาน พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่สามารถระบุหลักฐานได้ถูกต้องและเหมาะสม เนื่องจากในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในชั้นที่ 2 การประเมินแบบจำลอง ที่นักเรียนได้ทำการสำรวจตรวจสอบเพื่อหาหลักฐานเชิงประจักษ์ที่เป็นข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ เพื่อนำมาใช้ในการสนับสนุนข้อกล่าวอ้างหรือสนับสนุนคำตอบของนักเรียน และใช้ในการปรับปรุงแก้ไขแบบจำลองให้สามารถอธิบายปรากฏการณ์ที่ศึกษาได้ดีขึ้น ซึ่งนักเรียนได้รวบรวมข้อมูลจากการสังเกตการทดลองที่ครูผู้สอนได้ทำการสาธิต จากนั้นร่วมกันอภิปรายแลกเปลี่ยนความคิดเห็นกันในห้องเรียน สอดคล้องกับการศึกษาของ พัฒนิตา มีลา และ ร่มเกล้า อาจเดช (2560) พบว่า จากการที่นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติการทดลองผ่านด้วยการสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน และนำผลการทดลองมาใช้ในการสรุปผล ทำให้นักเรียนรู้จักเลือกข้อมูลหรือหลักฐานที่มีความเหมาะสมมาอ้างอิงในการตอบคำถามหรือสนับสนุนข้อกล่าวอ้างได้ แสดงให้เห็นว่าการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานมีส่วนช่วยในการฝึกกระบวนการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน แต่สำหรับองค์ประกอบด้านการให้เหตุผล พบว่า เป็นองค์ประกอบที่มีคะแนนต่ำที่สุด เนื่องจากเป็นองค์ประกอบที่นักเรียนจะต้องระบุเหตุผลที่แสดงให้เห็นถึงการเชื่อมโยงระหว่างข้อกล่าวอ้างและหลักฐาน โดยใช้หลักการ แนวคิด หรือทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งพบว่า นักเรียนส่วนใหญ่ไม่สามารถระบุเหตุผลได้อย่างถูกต้อง โดยไม่สามารถระบุเหตุผลที่เชื่อมโยงระหว่างข้อกล่าวอ้างและหลักฐานได้ และมีนักเรียนเพียงบางส่วนที่สามารถระบุเหตุผลได้ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ แสดงให้เห็นว่าการให้เหตุผลเป็นเรื่องยากสำหรับนักเรียน สอดคล้องกับงานวิจัยของ ศศิมน ศรีกุลวงค์ และ ลฎาภา ลดาชาติ (2564) พบว่า ในองค์ประกอบการให้เหตุผล นักเรียนส่วนใหญ่ร้อยละ 95 มีความสามารถอยู่ในระดับต่ำ โดยนักเรียนไม่สามารถระบุการให้เหตุผลที่เป็นหลักการหรือทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์เพื่อเชื่อมโยงหลักฐานกับข้อกล่าวอ้างได้ และสอดคล้องกับการศึกษาของ ศศิกันต์ นิมิตา และคณะ (2563) ที่พบว่า คะแนนเฉลี่ยของนักเรียนในการให้เหตุผล มีคะแนนน้อยที่สุดจากทั้ง 3 องค์ประกอบ เนื่องจากนักเรียนไม่สามารถแสดงถึงเหตุผลที่ทำให้เห็นว่าหลักฐานกับข้อกล่าวอ้างมีความสัมพันธ์กัน และนักเรียนไม่สามารถนำองค์ความรู้ที่ได้จากการจัดการเรียนรู้มาเชื่อมโยงเพื่อใช้ในการให้เหตุผลได้

2. นักเรียนที่เรียนด้วยการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานผ่านระบบออนไลน์ มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนไม่แตกต่างจากเกณฑ์ร้อยละ 70 โดยนักเรียนมีคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเฉลี่ยเท่ากับ 21.69 คิดเป็นร้อยละ 72.30 ทั้งนี้เนื่องจากเมื่อทำการวิเคราะห์การสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน พบว่า นักเรียนมีการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ไม่แตกต่างจากเกณฑ์ร้อยละ 70 แสดงให้เห็นว่านักเรียนยังไม่สามารถสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ได้ดีเท่าที่ควร ซึ่งการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์เป็นการแสดงให้เห็นถึงความเข้าใจในเนื้อหาที่นักเรียนได้เรียนรู้ แสดงว่านักเรียนยังไม่เข้าใจในเนื้อหาที่เรียนอย่างแท้จริง สอดคล้องกับทฤษฎีการเรียนรู้ของ Bloom's Taxonomy ที่นักเรียนจะต้องเกิดความเข้าใจในเนื้อหานั้น ๆ จึงจะสามารถ

อธิบายได้อย่างถูกต้อง จึงส่งผลทำให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนมีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกันกับการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ นอกจากนี้การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในชั้นเรียนยังอยู่ในรูปแบบออนไลน์เต็มเวลา ซึ่งพบว่ายังมีนักเรียนบางส่วนที่ขาดความพร้อมในการเรียน ส่งผลให้นักเรียนขาดการมีส่วนร่วมในชั้นเรียน อีกทั้งยังขาดการมีปฏิสัมพันธ์กับครูผู้สอนและเพื่อนร่วมชั้นอื่น ๆ ทำให้นักเรียนไม่สามารถเรียนรู้ได้อย่างเต็มตามศักยภาพ และขาดแรงจูงใจในการเรียน ซึ่งการมีปฏิสัมพันธ์ในชั้นเรียนมีความสำคัญต่อการสร้างความสำเร็จในการเรียนของนักเรียน จึงส่งผลต่อความเข้าใจในเนื้อหาที่นักเรียนได้ศึกษา สอดคล้องกับการศึกษาของ Yu (2022) ที่กล่าวไว้ว่า การมีส่วนร่วมในชั้นเรียนเป็นส่วนสำคัญที่ทำให้การจัดการเรียนการสอนออนไลน์มีประสิทธิภาพและมีคุณภาพ ทำให้การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในชั้นที่ 4 ชั้นขยายแบบจำลอง ยังมีนักเรียนบางส่วนที่ไม่สามารถสร้างแบบจำลองเพื่ออธิบายปรากฏการณ์ที่ใกล้เคียงกับที่ศึกษาได้อย่างถูกต้องและสมบูรณ์ ซึ่งเป็นขั้นตอนของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ใช้ในการประเมินความรู้และความเข้าใจของนักเรียน นอกจากนี้การจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานยังเป็นรูปแบบการจัดการกิจกรรมการเรียนรู้ที่ใหม่สำหรับนักเรียน ทำให้นักเรียนไม่คุ้นชินกับการสร้างแบบจำลองเพื่อนำมาใช้ในการอธิบายปรากฏการณ์ต่าง ๆ เนื่องจากในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยทั่วไปนักเรียนมักจะอธิบายโดยใช้วิธีการพูด หรือการเขียนบรรยาย เพื่อสื่อสารหรือแสดงให้เห็นถึงความเข้าใจ จากที่กล่าวมาอาจเป็นสาเหตุที่ทำให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนไม่เป็นไปตามสมมติฐานการวิจัยที่กำหนดไว้ สอดคล้องกับงานวิจัยของ ณิชฐนากร รักษาติ และ สุขชาติ เกษมณี (2564) ที่พบว่า การจัดการเรียนรู้แบบออนไลน์นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่าการจัดการเรียนรู้แบบออนไลน์ โดยการจัดการเรียนการสอนแบบออนไลน์นักเรียนสอบได้คะแนนเฉลี่ยอยู่ที่ 42.3 ส่วนการจัดการเรียนรู้แบบออนไลน์ นักเรียนสอบได้คะแนนเฉลี่ยอยู่ที่ 35.5 และยังพบว่านักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบออนไลน์ส่วนใหญ่ไม่ให้ความร่วมมือในการทำกิจกรรม อาจเป็นผลจากนักเรียนเปิดโปรแกรมไว้แต่ไม่ได้จดจ่ออยู่กับการเรียน ทำให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนต่ำกว่าออนไลน์ และเมื่อทำการเปรียบเทียบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในเนื้อหาหน้าในเรื่อง กรด-เบส โดยเป็นการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในรูปแบบปกติผ่านระบบออนไลน์ ที่ธรรมชาติของเนื้อหาที่มีความซับซ้อน และนักเรียนจะต้องทำความเข้าใจในระดับอะตอมหรือโมเลกุลเช่นเดียวกับเนื้อหาในเรื่อง เคมีไฟฟ้า พบว่านักเรียนมีคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเฉลี่ย คิดเป็นร้อยละ 61.19 แสดงให้เห็นว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนต่ำกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 แต่เมื่อนักเรียนได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานผ่านระบบออนไลน์ ในเนื้อหาเรื่อง เคมีไฟฟ้า พบว่า นักเรียนมีคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเฉลี่ย คิดเป็นร้อยละ 72.30 แสดงให้เห็นว่านักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่สูงขึ้น จึงกล่าวได้ว่าเป็นการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานสามารถส่งเสริมผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนได้ เนื่องจากเป็นรูปแบบการจัดการกิจกรรมการเรียนรู้ที่เน้นให้

นักเรียนพัฒนาองค์ความรู้ผ่านกระบวนการสร้างแบบจำลองจากประสบการณ์หรือความรู้เดิม ประเมินแบบจำลองที่สร้างขึ้นกับข้อมูลที่ได้มาจากการสำรวจตรวจสอบ และทำการปรับปรุงแก้ไข แบบจำลองผ่านกระบวนการกลุ่ม และการมีส่วนร่วมในชั้นเรียน เพื่อให้ได้แบบจำลองที่ถูกต้อง ซึ่งจะ ช่วยให้นักเรียนได้เกิดความรู้ความเข้าใจในปรากฏการณ์ที่ได้ศึกษา โดยกระบวนการจัดการเรียนรู้ในแต่ละขั้นตอนจะแสดงให้เห็นถึงพัฒนาการของความรู้ความเข้าใจของนักเรียนผ่านแบบจำลองที่สร้างขึ้น สอดคล้องกับ Justi & Gilbert (2002) ที่กล่าวว่า แบบจำลองสามารถทำให้เข้าใจแนวคิดต่าง ๆ ได้ง่ายขึ้น มองเห็นสิ่งที่เป็นนามธรรมให้เป็นรูปธรรมได้ โดยแบบจำลองและกระบวนการสร้างแบบจำลองมีความสำคัญต่อวิทยาศาสตร์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในวิชาเคมี ในทำนองเดียวกันกับ พรรณ วิไล ชมชิต (2552) ได้กล่าวไว้ว่า การจัดการเรียนการสอนเพื่อให้นักเรียนสามารถคิดได้อย่าง นักวิทยาศาสตร์ และเข้าใจแนวคิดทางวิทยาศาสตร์อย่างถ่องแท้ จำเป็นอย่างยิ่งที่ครูจะต้องสอนให้นักเรียนรู้จักการสร้างแบบจำลองและทำความเข้าใจเกี่ยวกับแบบจำลองนั้น ๆ เพื่อช่วยให้นักเรียนได้พัฒนาองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์จากแบบจำลอง และสอดคล้องกับ Schwarz et al. (2009) ที่กล่าวว่า การให้ส่งเสริมให้นักเรียนสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ จะช่วยให้นักเรียนสามารถอธิบายลักษณะของปรากฏการณ์ที่ศึกษา โดยสามารถวิเคราะห์ถึงองค์ประกอบและความสัมพันธ์ได้อย่างมีเหตุผล อีกทั้งยังช่วยให้นักเรียนเกิดความเข้าใจในเนื้อหาวิทยาศาสตร์ ดังนั้นการจัดการกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานจึงเป็นกิจกรรมการเรียนรู้ที่สามารถส่งเสริมผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนได้ สอดคล้องกับงานวิจัยของ จุฑามาศ กันทะวัง และคณะ (2563) พบว่า การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานจึงเป็นกระบวนการเรียนรู้ที่เน้นให้ผู้เรียนสร้างองค์ความรู้จากการรวบรวมข้อเท็จจริงและประเด็นสำคัญ เพื่อเชื่อมโยงและเพิ่มรายละเอียด ส่งผลให้ผู้เรียนเกิดการสร้างมโนทัศน์หรือความเข้าใจที่เกี่ยวกับเนื้อหาที่กำลังเรียนรู้ และสอดคล้องกับการศึกษาของ เสาวรภัย แสงอรุณ และคณะ (2564) ที่พบว่า การสร้างแบบจำลองช่วยให้นักเรียนเข้าใจแนวคิดวิชาเคมีที่มีเนื้อหาเป็นนามธรรมได้ดี เพราะแบบจำลองจะเป็นสิ่งที่นักเรียนสังเกตเห็นได้

3. นักเรียนมีความพึงพอใจต่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานผ่านระบบออนไลน์ อยู่ในระดับมาก ทั้งนี้เป็นเพราะการจัดการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานเป็นการจัดกิจกรรมที่นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติในการสร้างแบบจำลองทางความคิดตามความเข้าใจและจินตนาการของนักเรียน เพื่อใช้ในการอธิบายปรากฏการณ์ที่ได้ศึกษา ทำให้นักเรียนมีอิสระในการคิดได้อย่างสร้างสรรค์ อีกทั้งในขั้นตอนของการปรับปรุงแก้ไขแบบจำลองนักเรียนได้มีโอกาสร่วมกันแลกเปลี่ยนความคิดเห็นกันในกลุ่ม และแลกเปลี่ยนความคิดเห็นร่วมกันทั้งชั้นเรียน โดยมีครูคอยสนับสนุน และกระตุ้นโดยใช้คำถามให้นักเรียนคิดและสะท้อนความคิดออกมาในรูปแบบการสร้างแบบจำลอง จนกระทั่งได้แบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ที่สามารถอธิบายปรากฏการณ์ได้อย่างถูกต้อง นักเรียนจึงเกิดการเรียนรู้ผ่านการแสดงความเห็นและการรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น ทำให้เกิด



ปฏิสัมพันธ์ในชั้นเรียนระหว่างครูผู้สอนกับนักเรียน และระหว่างนักเรียนด้วยกันเอง ส่งผลให้บรรยากาศในชั้นเรียนเต็มไปด้วยความสนุกสนาน นักเรียนมีความสุขและมีแรงจูงใจในการเรียน อีกทั้งยังช่วยให้นักเรียนกล้าคิดกล้าแสดงออกมากยิ่งขึ้น สอดคล้องกับ พิมพาพัญ ทองกิ่ง (2563) ที่กล่าวว่า บรรยากาศชั้นเรียนเชิงบวกหรือบรรยากาศชั้นเรียนที่ดี จะสามารถสร้างแรงจูงใจให้นักเรียนเกิดความอยากรู้ อยากรเรียน และเรียนรู้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ หากครูผู้สอนสามารถสร้างบรรยากาศแห่งการเรียนรู้ให้เกิดขึ้นได้ดี ย่อมช่วยให้นักเรียนทุกคนรู้สึกถึงความสำคัญของตนเอง มีกำลังใจที่จะพัฒนาตนเองและรักการเรียนรู้ เป็นผู้พร้อมจะพัฒนาตนเองอยู่เสมอ ดังนั้นบทบาทของครูในการจัดบรรยากาศชั้นเรียนเชิงบวกจึงเป็นสิ่งสำคัญต่อความสำเร็จในการเรียนรู้ของนักเรียนเป็นอย่างยิ่ง ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ พิมพัสภา วิเศษสา และ สุดคณิง นฤพนธ์จิรกล (2564) พบว่า ความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการเรียนรู้แบบสืบเสาะร่วมกับการใช้แบบจำลองเป็นฐานอยู่ในระดับมาก และสอดคล้องกับ จุฑามาศ กันทะวัง และคณะ (2563) พบว่า นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานมีความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ในระดับมาก

### ข้อเสนอแนะ

#### 1. ข้อเสนอแนะเกี่ยวกับการนำผลการวิจัยไปใช้

1.1 การจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานต้องใช้เวลาในการดำเนินกิจกรรมในแต่ละขั้นตอนของการเรียนรู้ค่อนข้างมาก อีกทั้งยังเป็นการจัดการเรียนรู้ในรูปแบบออนไลน์ ครูผู้สอนต้องวางแผนและกำหนดเวลาในการจัดกิจกรรมให้เหมาะสม เพื่อให้กิจกรรมดำเนินไปได้อย่างมีประสิทธิภาพ

1.2 เนื่องจากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เป็นรูปแบบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ใหม่สำหรับนักเรียน ครูผู้สอนควรวางแผนการใช้รูปแบบการจัดกิจกรรมในเนื้อหาก่อนหน้า เพื่อให้นักเรียนได้ปรับตัวและคุ้นชินกับรูปแบบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน โดยเฉพาะการสร้างแบบจำลอง

1.3 เนื่องจากการวิจัยครั้งนี้คะแนนการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ในองค์ประกอบด้านการให้เหตุผล นักเรียนมีคะแนนต่ำที่สุดเมื่อเทียบกับองค์ประกอบด้านข้อกล่าวอ้าง และองค์ประกอบด้านหลักฐาน จึงควรปรับกิจกรรมหรือเพิ่มกิจกรรมที่ช่วยพัฒนาการการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ในองค์ประกอบการให้เหตุผลให้มากขึ้น

1.4 เนื่องจากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในชั้นเรียนอยู่ในรูปแบบออนไลน์ ครูผู้สอนต้องวางแผนและเตรียมตัวล่วงหน้า ในด้านการเตรียมอุปกรณ์เทคโนโลยี ระบบเครือข่ายอินเทอร์เน็ตที่เสถียร และสื่อการสอนที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้ เช่น สื่อวิดีโอ รูปภาพ การทดลอง หรือสื่ออื่น ๆ ที่ใช้

ในการนำเสนอข้อมูลต่าง ๆ ในชั้นเรียน เพื่อให้การจัดการเรียนรู้เป็นไปอย่างราบรื่นและมีประสิทธิภาพ

## 2. ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

2.1 ควรศึกษาการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในแนวทางอื่น ๆ ที่ช่วยส่งเสริมการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ โดยเฉพาะในองค์ประกอบด้านการให้เหตุผล เนื่องจากนักเรียนไม่สามารถให้เหตุผลที่แสดงให้เห็นถึงความเชื่อมโยงระหว่างข้อกล่าวอ้างและหลักฐาน โดยใช้หลักการ แนวคิด หรือทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์ได้อย่างถูกต้อง เช่น การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน เป็นต้น

2.2 ในการจัดการเรียนการสอนในสถานการณ์การแพร่ระบาดของเชื้อโควิด-19 หรือในสถานการณ์ที่นักเรียนไม่สามารถมาเรียนในห้องเรียนแบบปกติได้ ควรจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่นักเรียนได้ศึกษาด้วยตนเองมากขึ้น โดยไม่ต้องเข้าเรียนออนไลน์แบบเต็มเวลาในทุกคาบเรียน เหมาะสำหรับนักเรียนที่ขาดความพร้อมทางด้านอุปกรณ์ทางด้านเทคโนโลยี เช่น การจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบออนไลน์ตามแนวทางการจัดการเรียนรู้แบบห้องเรียนกลับด้าน การจัดกิจกรรมการเรียนการสอนออนไลน์ด้วยเกมมิฟิเคชัน การจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้วิธีการสอนแบบสืบเสาะโดยใช้บทเรียนออนไลน์ เป็นต้น

2.3 เนื่องจากการวิจัยในครั้งนี้ พบว่า การสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นผ่านระบบออนไลน์ ทั้งสองตัวแปรมีความคล้ายไม่แตกต่างจากเกณฑ์ร้อยละ 70 ซึ่งมีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกัน ในการวิจัยครั้งต่อไปจึงควรศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์กับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน



บรรณานุกรม



## บรรณานุกรม

- กระทรวงศึกษาธิการ. (2548). *การจัดการเรียนการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ*.  
กระทรวงศึกษาธิการ.
- กระทรวงศึกษาธิการ. (2560). *มาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัด กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์ และสาระภูมิศาสตร์ในกลุ่มสาระการเรียนรู้สังคมศึกษา ศาสนา และวัฒนธรรม (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551*.  
โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด.
- กันยา สุวรรณแสง. (2554). *จิตวิทยาทั่วไป (พิมพ์ครั้งที่ 6)*. รวมสาส์น.
- จักรกฤษณ์ โปตาพล. (2563). *การจัดการเรียนรู้ออนไลน์: วิธีที่เป็นไปทางการศึกษา*.  
<http://slc.mbu.ac.th/wp-content/uploads/2020/06/การจัดการเรียนรู้ออนไลน์-ดร.จักรกฤษณ์-โปด.pdf>
- จุฑามาศ กันทะวัง, สมศิริ สิงห์ลพ, และ ธนาวุฒิ ลาตวงษ์. (2563). การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานวิชาชีพเพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4. *วารสารวิชาการศึกษาศาสตร์ ศรีนครินทรวิโรฒ*, 21(2), 17–32.
- ชวลิต ชูกำแพง. (2551). *การประเมินการเรียนรู้* (พิมพ์ครั้งที่ 2). สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.
- ชัยวัฒน์ สุทธิรัตน์. (2553). *การจัดการเรียนรู้แนวใหม่*. สหมิตรพรินติ้งแอนด์พับลิชชิ่ง.
- ชาตรี ฝ่ายคำตา. (2563). *กลยุทธ์การจัดการเรียนรู้เคมี : strategies for Teaching Chemistry*.  
สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ชาตรี ฝ่ายคำตา และ ภารทิพย์ สุภัทรชัยวงศ์. (2557). การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน. *วารสารศึกษาศาสตร์ปริทัศน์*, 29(3), 86–99.
- ฐาปนี ธรรมเมธา. (2557). *อีเลิร์นนิ่ง: จากทฤษฎีสู่การปฏิบัติ e-Learning: from theory to practice*. บริษัท สหมิตรพรินติ้งแอนด์พับลิชชิ่ง จำกัด.
- ณัฐนากร รักชาติ และ สุชาวดี เกษมณี. (2564). การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนระหว่างการจัดการเรียนรู้แบบออนไลน์กับการจัดการเรียนการรู้แบบออนไซต์วิชาภาษาไทย ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6. *วารสารมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ วไลยอลงกรณ์ในพระบรมราชูปถัมภ์*, 16(2), 81–90.
- ณัฐธิดา พรหมยอด. (2562). การสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ ผ่านกระบวนการเรียนรู้แบบ CER (Claim, Evidence, and Reasoning). *นิตยสาร สสวท*, 47(219), 11–15.

- ถนอมพร เลหาจรัสแสง. (2545ก). *Designing การสอนออนไลน์ : หลักการออกแบบและสร้างเว็บเพื่อการเรียนการสอน.*
- ถนอมพร เลหาจรัสแสง. (2545ข). *รูปแบบการเรียนรู้สำหรับการเรียนทางอิเล็กทรอนิกส์กระบวนวิชาภาษาอังกฤษขั้นพื้นฐานในระดับอุดมศึกษา (งานวิจัย).* สำนักบริการคอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- ทัตตริน วรณเกตุศิริ. (2561). *การประเมินเพื่อการพัฒนาการเรียนรู้ออนไลน์. บริษัท เพชรเกษมพรินติ้ง กรุ๊ป จำกัด.*
- ทิตนา แคมมณี. (2560). *ศาสตร์การสอน : องค์ความรู้เพื่อการจัดกระบวนการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพ (พิมพ์ครั้งที่ 21).* สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- บุญชม ศรีสะอาด. (2541). *การพัฒนาการสอน (พิมพ์ครั้งที่ 2).* ชมรมเด็ก.
- บุญชม ศรีสะอาด. (2560). *การวิจัยเบื้องต้น (พิมพ์ครั้งที่ 10).* สุวีริยาสาส์น.
- ประสาธ นื่องเฉลิม. (2563). *วิจัยการเรียนการสอน (พิมพ์ครั้งที่ 4).* สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- พรรณวิไล ชมชิต. (2552). *การเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ โดยใช้แบบจำลอง. นิตยสาร สลวท, 38(163), 33-34.*
- พรรณณี ชูทัย เจนจิต. (2550). *จิตวิทยาการเรียนการสอน. เกรท เอ็ดดูเคชั่น.*
- พนิดา มีลา และ ร่มเกล้า อัจเดช. (2560). *การสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานและการอธิบายทางวิทยาศาสตร์ : การส่งเสริมความหมายในชั้นเรียน. วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร, 19(3), 1-15.*
- พิชิต ฤทธิ์จรูญ. (2559). *หลักการวัดและประเมินผลการศึกษา (พิมพ์ครั้งที่ 10).* แฮส ออฟ เคอร์มิสท์.
- พิเชษฐ แซ่โซว, ชูศักดิ์ ยืนนาน, และ นัฐยา เพียรสูงเนิน. (2563). *การเรียนการสอนแบบออนไลน์ในการศึกษาพยาบาล. วารสารสุขภาพและการศึกษาพยาบาล, 26(2), 189-202.*
- พิมพ์ผกา วิเศษสา และ สุดคณิง นฤพนธ์จิรกุล. (2564). *การพัฒนาความสามารถในการสร้างมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนโดยใช้การเรียนรู้แบบสืบเสาะร่วมกับการใช้แบบจำลองเป็นฐานของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1. วารสารเทคโนโลยีและสื่อสารการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม, 4(11), 162-176.*
- พิมพ์พันธ์ เดชะคุปต์. (2554). *การเรียนการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ : แนวคิดวิธีและเทคนิคการสอน 1 (พิมพ์ครั้งที่ 2).* สถาบันพัฒนาคุณภาพวิชาการ.

- พิมพ์ปัญญา ทองกิ่ง. (2563). บทบาทครูกับการจัดบรรยากาศชั้นเรียนเชิงบวกในศตวรรษที่ 21. *ศึกษาศาสตร์สาร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่*, 4(1), 50–59.
- พิษณุ ศุภศาสตร์วงศ์, อະรุณี แสงสุวรรณ, และ ประเทืองสุข มณีล้ำ. (2563). การพัฒนาความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง เคมีไฟฟ้า ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน. ใน กนกอร บุญมี (บ.ก.), *นวัตกรรมผลการเรียนรู้สู่การพัฒนาชุมชน. การประชุมวิชาการและนำเสนอผลงานวิจัยระดับชาติ ครั้งที่ 7* (น. 344–355). มหาวิทยาลัยภาคตะวันออกเฉียงเหนือ.
- ไพศาล วรคำ. (2562). *การวิจัยทางการศึกษา* (พิมพ์ครั้งที่ 10). ตักสิลาการพิมพ์.
- มนต์ชัย เทียนทอง. (2548). *การออกแบบและพัฒนาคอร์สแวร์สำหรับบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน. ศูนย์ผลิตตำราเรียน สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.*
- เยาวดี ราชชัยกุล วิบูลย์ศรี. (2553). *การวัดผลและการสร้างแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์* (พิมพ์ครั้งที่ 9). สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ลักขณา สริวัฒน์. (2557). *จิตวิทยาสำหรับครู. โอเดียนส์โตร์.*
- ลือชา ลดาชาติ และ ลฎาภา ลดาชาติ. (2559). ความเข้าใจเกี่ยวกับธรรมชาติของการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ของนิสิตครูวิชาเอกชีววิทยา. *วารสารนวัตกรรมผลการเรียนรู้*, 2(1), 24–44.
- วิทยา วาโย, อภิรดี เจริญบุญกุล, ฉัตรสุดา กานกายนันต์, และ จรรยา คนใหญ่. (2563). การเรียนการสอนแบบออนไลน์ภายใต้สถานการณ์แพร่ระบาดของไวรัส COVID-19 : แนวคิดและการประยุกต์ใช้จัดการเรียนการสอน. *วารสารศูนย์นวมัยที่ 9*, 14(34), 285–298.
- วีระ ไทยพานิช. (2551). *57 วิธีสอน. ภาควิชาเทคโนโลยีทางการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.*
- ศศิกานต์ นิ่มดำ, นवलจิตต์ เขาวกิตพิงศ์, และ ดวงเดือน สุวรรณจินดา. (2563). ผลการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับการใช้เทคนิคการเขียนทางวิทยาศาสตร์ (SWH) เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์และความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนขนาดเล็ก สังกัดสหวิทยาเขตชุมพร 2 จังหวัดชุมพร. *วารสารศึกษาศาสตร์ปริทัศน์*, 35(2), 96–109.
- ศศิมิน ศรีกุลวงศ์ และ ลฎาภา ลดาชาติ. (2564). การใช้แบบจำลองและการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2. *ศึกษาศาสตร์สาร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่*, 5(1), 12–27.
- ศิริชัย กาญจนวาสี. (2552). *ทฤษฎีการทดสอบแบบดั้งเดิม* (พิมพ์ครั้งที่ 6). จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

- ศุภกาญจน์ รัตนกร. (2552). การศึกษาแบบจำลองทางความคิดและความเข้าใจธรรมชาติของแบบจำลองของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ในเรื่องกรด-เบส [วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารศึกษาศาสตร์, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์].
- ศูนย์ดำเนินงาน PISA แห่งชาติ สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2562). ผลการประเมิน PISA 2018 : บทสรุปสำหรับผู้บริหาร. สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.). <https://pisathailand.ipst.ac.th/pisa2018-summary-result/>.
- ศูนย์ดำเนินงาน PISA แห่งชาติ สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2564). ผลการประเมิน PISA 2018 : การอ่าน คณิตศาสตร์ และวิทยาศาสตร์. สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.). <https://pisathailand.ipst.ac.th/pisa2018-fullreport/>.
- สถาบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ (องค์การมหาชน). (2564). รายงานผลการทดสอบทางการศึกษาระดับชาติขั้นพื้นฐาน (O-NET) มัธยมศึกษาปีที่ 6 ปี 2561-2563. <http://www.nite.or.th>.
- สมนึก ภัททิยธนี. (2562). การวัดผลทางการศึกษา (พิมพ์ครั้งที่ 12). ประสานการพิมพ์.
- สันติชัย อนุวรชัย. (2553). ผลของการเรียนการสอนชีววิทยาด้วยรูปแบบการเรียนการสอนสืบสอบร่วมกับกลวิธีการโต้แย้งที่มีต่อความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ และความมีเหตุผลของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย [วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารศึกษาศาสตร์, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย].
- สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน. (2563). แนวทางการจัดการเรียนการสอนของโรงเรียนในสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐานในสถานการณ์การแพร่ระบาดของโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 (COVID-19) ปีการศึกษา 2563. [https://drive.google.com/file/d/1Ri9cTu9WZFZ6pPq4GivWC8wN\\_GiDrLXp/view](https://drive.google.com/file/d/1Ri9cTu9WZFZ6pPq4GivWC8wN_GiDrLXp/view).
- สิริพร อินทสนธิ. (2563). โควิด - 19 : กับการเรียนการสอนออนไลน์ กรณีศึกษา รายวิชาการศึกษาโปรแกรมเว็บ. วารสารวิทยาการจัดการปริทัศน์, 22(2), 203-214.
- สุดารัตน์ อะหลีแอ. (2558). ผลของการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี สังคม และสิ่งแวดล้อมที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมี ความสามารถในการแก้ปัญหา และความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 [วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารศึกษาศาสตร์, มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์].

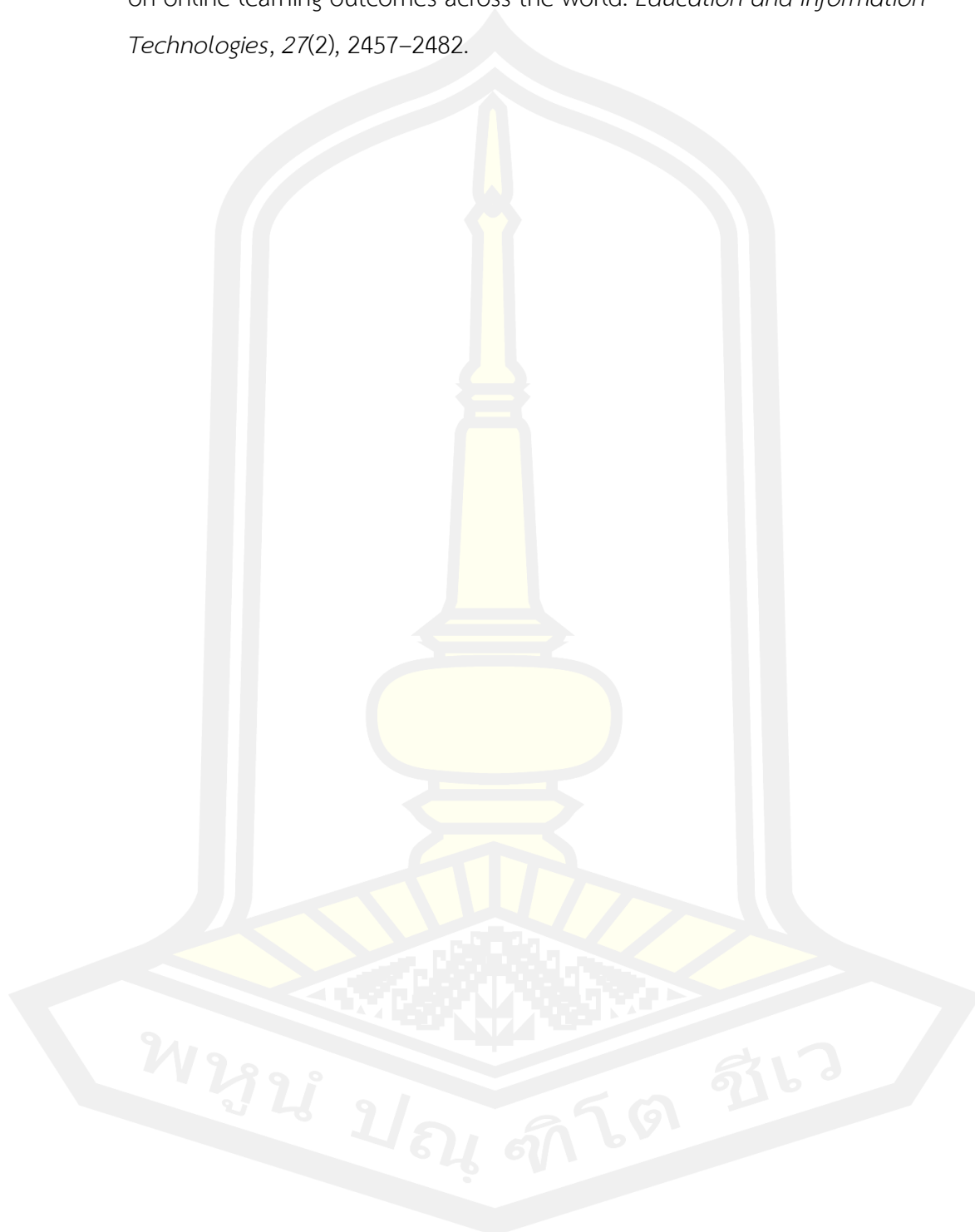
- สุพัตรา จันทร์โฆษิต. (2552). ผลของการใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบสืบสอบเป็นฐาน ร่วมกับเทคนิค การลดบทบาทการเสริมศักยภาพ ที่มีต่อมโนทัศน์ทางชีววิทยาและความสามารถในการสร้าง คำอธิบาย ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต, จุฬาลงกรณ์ มหาวิทยาลัย.
- สุมาลี ชัยเจริญ. (2559). การออกแบบการสอน : หลักการ ทฤษฎี สู่อำนาจปฏิบัติ = *Instructional Design : Principles and Theories to Practices* (พิมพ์ครั้งที่ 2). สาขาวิชาเทคโนโลยี การศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- สุรวาท ทองบุ. (2550). การวิจัยทางการศึกษา. หจก.อภิชาติการพิมพ์.
- สุรางค์ ไคว์ตระกูล. (2559). จิตวิทยาการศึกษา (พิมพ์ครั้งที่ 12). สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์ มหาวิทยาลัย.
- เสาวรภย์ แสงอรุณ, จิตต์ เขาวงกิตพิงค์, และ ดวงเดือน สุวรรณจินดา. (2564). ผลการจัดการเรียนรู้ โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง พันธะเคมี ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมีและความคิด สร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนวัดสุทธิวราราม กรุงเทพมหานคร. *วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ*, 21(2), 157–173.
- เสาวรี ภูบาลชื่น. (2560). การพัฒนากระบวนการจัดการเรียนรู้ โดยใช้วิธีสอนแบบทางตรง ร่วมกับ เทคนิคเพื่อนช่วยเพื่อน เพื่อส่งเสริมความสามารถ ด้านทักษะปฏิบัติ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และความพึงพอใจ วิชาศิลปะ สารนาฏศิลป์ สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 [วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยมหาสารคาม].
- อัมพวา รักบิดา. (2549). ผลของการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม ต่อ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนความสามารถในการคิดแก้ปัญหา และความพึงพอใจของนักเรียนชั้น มัธยมศึกษาปีที่ 5 [วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์].
- อาณัติ รัตน์ธิกุล. (2558). ติดตั้งและบริหารระบบ e-Learning ด้วย moodle. ซีอีดียูเคชั่น.
- Abelgas, L. J. (2022). Junior High School Students' Perceptions and Challenges of Online Learning Implementation during COVID-19 Pandemic. *Journal of Positive School Psychology*, 6(2), 1910–1918.
- Acar, B., & Tarhan, L. (2007). Effect of cooperative learning strategies on students' understanding of concepts in electrochemistry. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 5(2), 349–373.
- Berland, L. K., & Reiser, B. J. (2009). Making sense of argumentation and explanation. *Science Education*, 93(1), 26–55.

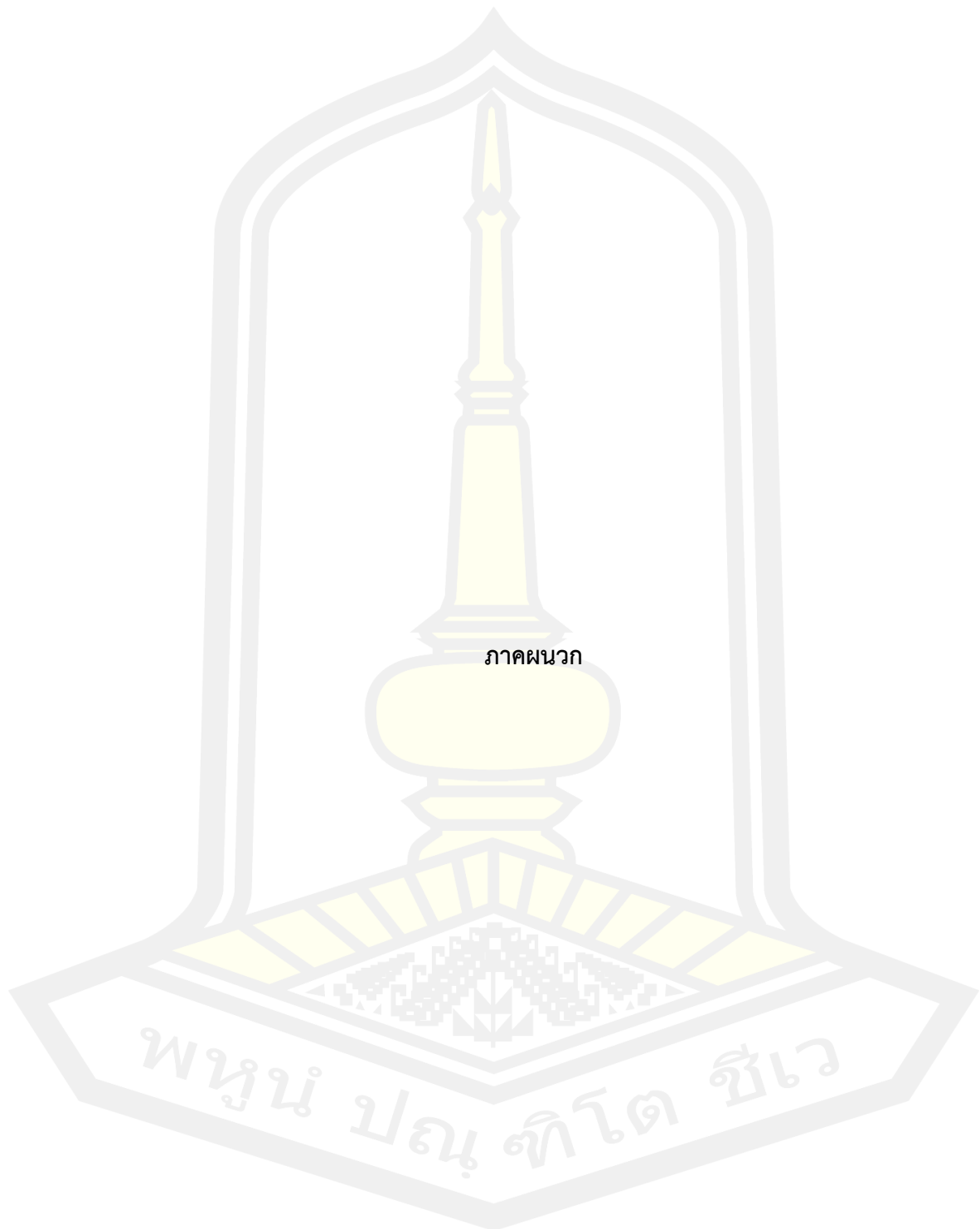


- Beyer, C. J., & Davis, E. A. (2008). Fostering Second Graders' Scientific Explanations: A Beginning Elementary Teacher's Knowledge, Beliefs, and Practice. *Journal of the Learning Sciences, 17*(3), 381–414.
- Campbell, T., Oh, P. S., Maughn, M., Kiriazis, N., & Zuwallack, R. (2015). A Review of modeling pedagogies: Pedagogical functions, discursive acts, and technology in modeling instruction. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education, 11*(1), 159–176.
- Carter, C. S., & Brickhouse, N. W. (1989). What makes chemistry difficult? Alternate perceptions. *Journal of Chemical Education, 66*(3), 223–225.
- Frigg, R., & Hartmann, S. (2006). *Models in Science (Stanford Encyclopedia of Philosophy)*. <https://plato.stanford.edu/entries/models-science/>.
- Gagnon, J. M., & Abell, K. S. (2008). Explaining Science. *Science and Children, 45*(5), 60–61.
- Gilbert, S. W., & Ireton, S. W. (2003). *Understanding models in Earth and space science*. NSTA Press.
- Gobert, J. D., & Buckley, B. C. (2002). Introduction to model-based teaching and learning in science education. *International Journal of Science Education, 22*(9), 891–894.
- Good, C. V., & Merkel, W. R. (1973). *Dictionary of Education*. McGraw – Hill.
- Harrison, A. G., & Treagust, D. F. (2000). A typology of school science models. *International Journal of Science Education, 22*(9), 1011–1026.
- Justi, R. S., & Gilbert, J. K. (2002). Modelling, teachers' views on the nature of modelling, and implications for the education of modellers. *International Journal of Science Education, 24*(4), 369–387.
- Lizotte, D. J., Harris, C. J., McNeill, K. L., Marx, R. W., & Krajcik, J. (2003). Usable Assessments Aligned with Curriculum Materials: Measuring Explanation as a Scientific Way of Knowing. In *The annual meeting of the American Educational Research Association*. The University of Michigan.
- McNeill, K. L., & Krajcik, J. S. (2008a). Inquiry and Scientific Explanations: Helping Students Use Evidence and Reasoning. *Science as Inquiry in the Secondary Setting, 121–134*.

- McNeill, K. L., & Krajcik, J. S. (2008b). Scientific Explanations: Characterizing and Evaluating the Effects of Teachers' Instructional Practices on Student Learning. *Journal of Research in Science Teaching*, 45(1), 53–78.
- McNeill, K. L., Lizotte, D. J., Krajcik, J., & Marx, R. W. (2006). Supporting students' construction of scientific explanations by fading scaffolds in instructional materials. *Journal of the Learning Sciences*, 15(2), 153–191.
- McNeill, K. L., & Martin, D. (2011). Claims, Evidence, and Reasoning: Demystifying Data during a Unit on Simple Machines. *Science and Children*, 48, 52–56.
- National Research Council. (2012). *A Framework for K-12 Science Education: Practices, Crosscutting Concepts, and Core Ideas*. The National Academies Press.
- OECD. (2016). *PISA 2015 Results (Volume I): Excellence and Equity in Education*. OECD Publishing.
- Oktavianti, E., Handayanto, S. K., Wartono, & Saniso, E. (2018). Students' scientific explanation in blended physics learning with E-scaffolding. *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia*, 7(2), 181–186.
- Reiser, B. J., Berland, L. K., & Kenyon, L. (2012). Engaging Students in the Scientific Practices of Explanation and Argumentation: Understanding A Framework for K–12 Science Education. *Science and Children*, 49(8), 8–13.
- Ruiz-Primo, M. A., Li, M., Tsai, S.-P., & Schneider, J. (2010). Testing one premise of scientific inquiry in science classrooms: Examining students' scientific explanations and student learning. *Journal of Research in Science Teaching*, 47(5), 583–608.
- Schwarz, C. V., Reiser, B. J., Davis, E. A., Kenyon, L., Achér, A., Fortus, D., Shwartz, Y., Hug, B., & Krajcik, J. (2009). Developing a learning progression for scientific modeling: Making scientific modeling accessible and meaningful for learners. *Journal of Research in Science Teaching*, 46(6), 632–654.
- Woody, A. I. (2015). Re-orienting discussions of scientific explanation: A functional perspective. *Studies in History and Philosophy of Science Part A*, 52, 79–87.
- Wu, H., & Hsieh, C. (2006). Developing Sixth Graders' Inquiry Skills to Construct Explanations in Inquiry-based Learning Environments. *International Journal of Science Education*, 28(11), 1289–1313.

Yu, Z. (2022). A meta-analysis and bibliographic review of the effect of nine factors on online learning outcomes across the world. *Education and Information Technologies*, 27(2), 2457–2482.







ภาคผนวก ก เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

พหุบัณฑิต วิชเว

## แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1

โรงเรียนโพนทองพัฒนาวิทยา

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

รายวิชา ว30224 เคมี 4

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

หน่วยการเรียนรู้ที่ 2 เคมีไฟฟ้า

เวลา 27 ชั่วโมง

เรื่อง ปฏิกริยารีดอกซ์

จำนวน 2 ชั่วโมง

ผู้สอน นางสาวพัทธธีรา รัตนพันธุ์

### 1. มาตรฐานการเรียนรู้

#### สาระเคมี

ข้อ 2 เข้าใจการเขียนและการดุลสมการเคมี ปริมาณสัมพันธ์ในปฏิกิริยาเคมี อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี สมดุลในปฏิกิริยาเคมี สมบัติ และปฏิกิริยาของกรด-เบส ปฏิกริยารีดอกซ์และเซลล์เคมีไฟฟ้า รวมทั้งการนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

### 2. ผลการเรียนรู้

2.1 คำนวณเลขออกซิเดชัน และระบุปฏิกิริยาที่เป็นปฏิกิริยารีดอกซ์

2.2 วิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงเลขออกซิเดชันและระบุตัวรีดิวซ์และตัวออกซิไดส์ รวมทั้งเขียนครึ่งปฏิกิริยาออกซิเดชันและครึ่งปฏิกิริยารีดักชันของปฏิกิริยารีดอกซ์

### 3. สาระสำคัญ

ปฏิกิริยารีดอกซ์ คือ ปฏิกิริยาที่มีการถ่ายโอนอิเล็กตรอนหรือปฏิกิริยาที่มีอะตอม โมเลกุล หรือไอออนมีการเปลี่ยนแปลงเลขออกซิเดชัน ซึ่งจะประกอบด้วยครึ่งปฏิกิริยาที่มีการให้อิเล็กตรอน เรียกว่า ครึ่งปฏิกิริยาออกซิเดชัน และครึ่งปฏิกิริยาที่มีการรับอิเล็กตรอน เรียกว่า ครึ่งปฏิกิริยารีดักชัน โดยสารที่ให้อิเล็กตรอนจะมีเลขออกซิเดชันเพิ่มขึ้น เรียกว่า ตัวรีดิวซ์ ส่วนสารที่รับอิเล็กตรอนจะมีเลขออกซิเดชันลดลง เรียกว่า ตัวออกซิไดส์

### 4. จุดประสงค์การเรียนรู้

4.1 นักเรียนสามารถอธิบายปฏิกิริยารีดอกซ์ได้ (K)

4.2 นักเรียนสามารถเขียนครึ่งปฏิกิริยาออกซิเดชันและครึ่งปฏิกิริยารีดักชันของปฏิกิริยารีดอกซ์ได้ (K)

4.3 นักเรียนสามารถสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์เพื่ออธิบายการเกิดปฏิกิริยารีดอกซ์ได้ (P)

4.4 นักเรียนสามารถตั้งสมมติฐาน และสรุปผลการทดลองการเกิดปฏิกิริยารีดอกซ์ระหว่างโลหะและไอออนของโลหะได้ (P)

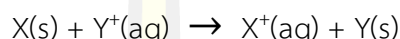
4.5 นักเรียนมีความมุ่งมั่นในการทำงาน (A)



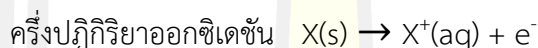
## 5. สารการเรียนรู้

ปฏิกิริยารีดอกซ์ คือ ปฏิกิริยาที่มีการถ่ายโอนอิเล็กตรอนหรือปฏิกิริยาที่มีอะตอม โมเลกุล หรือไอออนมีการเปลี่ยนแปลงเลขออกซิเดชัน ซึ่งในปฏิกิริยารีดอกซ์ สารที่มีเลขออกซิเดชันเพิ่มขึ้น เกิดจากการให้อิเล็กตรอน เรียกว่า ตัวรีดิวซ์ (reducing agent) ส่วนสารที่มีเลขออกซิเดชันลดลง เกิดจากการรับอิเล็กตรอน เรียกว่า ตัวออกซิไดส์ (oxidizing agent)

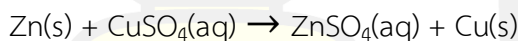
ถ้ากำหนดให้ X เป็นตัวรีดิวซ์ และ Y<sup>+</sup> เป็นตัวออกซิไดส์ในปฏิกิริยารีดอกซ์ สามารถเขียน สมการเคมีของปฏิกิริยารีดอกซ์ได้ดังนี้



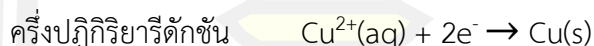
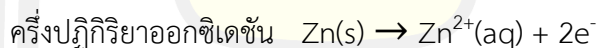
ปฏิกิริยารีดอกซ์สามารถแบ่งได้เป็น 2 ครึ่งปฏิกิริยา คือ ครึ่งปฏิกิริยาที่ให้อิเล็กตรอนเรียกว่า ครึ่งปฏิกิริยาออกซิเดชัน (oxidation half-reaction) และครึ่งปฏิกิริยาที่รับอิเล็กตรอนเรียกว่า ครึ่งปฏิกิริยารีดักชัน (reduction half-reaction) เขียนแสดงได้ดังนี้



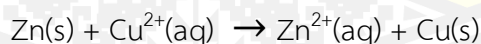
ดังนั้น เมื่อพิจารณาปฏิกิริยารีดอกซ์ระหว่างโลหะสังกะสีกับสารละลายคอปเปอร์(II)ซัลเฟต ดังสมการ



สามารถเขียนครึ่งปฏิกิริยาออกซิเดชันและครึ่งปฏิกิริยารีดักชัน ได้ดังนี้



จะเห็นว่า สารที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงเลขออกซิเดชันของธาตุองค์ประกอบจะไม่นำมาเขียนในครึ่งปฏิกิริยา ในที่นี้จึงไม่เขียน SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> เนื่องจากทั้ง S และ O ไม่มีการเปลี่ยนแปลงเลขออกซิเดชัน เมื่อรวมครึ่งปฏิกิริยาทั้งสองจะได้เป็นสมการไอออนิกสุทธิของปฏิกิริยารีดอกซ์ ดังนี้



## 6. กิจกรรมการเรียนรู้ (การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน)

### 6.1 การสร้างแบบจำลอง (generating model)

6.1.1 ครูนำเสนอปรากฏการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการเกิดปฏิกิริยารีดอกซ์ผ่าน google classroom ให้นักเรียนศึกษาจากที่บ้านก่อนเข้าชั้นเรียน โดยนำเสนอรูปภาพพร้อมคำถามเพื่อกระตุ้นให้นักเรียนสร้างแบบจำลองทางความคิด ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้



ที่มา : [https://vc1i.rwebimages.com/www.packingsiam.com/images/column\\_1301388035/bpa-in-most-canned-foods.jpg](https://vc1i.rwebimages.com/www.packingsiam.com/images/column_1301388035/bpa-in-most-canned-foods.jpg)

ปรากฏการณ์ : เมื่อนำกระป๋องที่เคลือบด้วยดีบุกที่ใช้บรรจุอาหารดังภาพ มาบรรจุด้วยน้ำส้มสายชู เมื่อเวลาผ่านไป พบว่า กระป๋องเกิดการผุกร่อนและมีฟองแก๊สเกิดขึ้น

ประเด็นคำถาม : จากปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้น นักเรียนคิดว่า

1) เพราะเหตุใดกระป๋องที่เคลือบด้วยดีบุกจึงเกิดการผุกร่อนเมื่อบรรจุด้วยน้ำส้มสายชู

2) น้ำส้มสายชูทำให้กระป๋องที่เคลือบด้วยดีบุกเกิดการผุกร่อนได้อย่างไร

3) ฟองแก๊สเกิดขึ้นได้อย่างไร และเป็นแก๊สชนิดใด

4) ดีบุกที่เคลือบอยู่บนกระป๋องเมื่อผุกร่อนจะเกิดการเปลี่ยนแปลงอย่างไร

5) การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นในระดับอนุภาคของปรากฏการณ์นี้เป็นอย่างไร

จากประเด็นคำถามให้นักเรียนวาดภาพแบบจำลองแสดงการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นในระดับอนุภาคเพื่ออธิบายปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้น โดยให้นักเรียนวาดภาพแบบจำลองลงในใบกิจกรรมที่ 1 ขั้นการสร้างแบบจำลอง จากนั้นให้นักเรียนแต่ละคนส่งภาพแบบจำลองที่สร้างขึ้นใน google classroom ก่อนเข้าชั้นเรียน

## 6.2 การประเมินแบบจำลอง (evaluating model)

6.2.1 นักเรียนเข้าเรียนผ่านแอปพลิเคชัน google meet โดยนักเรียนเข้าเรียนผ่านลิงก์ใน google classroom

6.2.2 นักเรียนและครูร่วมกันทบทวนปรากฏการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการเกิดปฏิกิริยารีดอกซ์ที่นักเรียนได้ศึกษาก่อนเข้าชั้นเรียน โดยครูนำเสนอปรากฏการณ์และประเด็นคำถามจากขั้นการสร้างแบบจำลองอีกครั้ง

6.2.3 ครูสุ่มนักเรียน 2-3 คน นำเสนอแบบจำลองที่นักเรียนได้สร้างขึ้นเพื่ออธิบายปรากฏการณ์ที่นักเรียนได้ศึกษาก่อนเข้าชั้นเรียน

6.2.4 ครูจัดกิจกรรมให้นักเรียนศึกษาเพื่อเก็บรวบรวมหลักฐานเชิงประจักษ์ โดยให้นักเรียนศึกษาใบกิจกรรมที่ 2 การทดลองเพื่อศึกษาการเกิดปฏิกิริยารีดอกซ์ระหว่างโลหะและไอออนของโลหะ จากนั้นร่วมกันอภิปรายใบกิจกรรมที่ 2 โดยครูใช้ประเด็นคำถาม ดังนี้

- จากใบกิจกรรมที่ 2 กิจกรรมการทดลองในวันนี้ต้องการศึกษาเรื่องใด

(แนวคำตอบ ศึกษาการเกิดปฏิกิริยารีดอกซ์ระหว่างโลหะและไอออนของโลหะ)

- การทดลองเพื่อศึกษาการเกิดปฏิกิริยารีดอกซ์ระหว่างโลหะและไอออนของโลหะ

มีจุดประสงค์ในการทดลองว่าอย่างไร

(แนวคำตอบ 1) เพื่อศึกษาการเกิดปฏิกิริยารีดอกซ์

2) เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นจากการถ่ายโอนอิเล็กตรอน

ของปฏิกิริยารีดอกซ์ระหว่างโลหะกับไอออนของโลหะ)

- วัสดุ อุปกรณ์ และสารเคมี ที่ใช้ในการทดลองมีอะไรบ้าง

(แนวคำตอบ 1) สารละลายคอปเปอร์(II)ซัลเฟต ( $\text{CuSO}_4$ ) 0.10 mol/L

2) แผ่นโลหะสังกะสี (Zn) ขนาด 2 cm x 5 cm

3) ปีกเกอร์ขนาด 50 mL

4) กระจกบดวง ขนาด 25 mL

5) แท่งแก้วคน

6) กระดาษทราย ขนาด 3 cm x 3 cm )

- มีขั้นตอนในการทดลองอย่างไร

(แนวคำตอบ 1) ขัดแผ่นโลหะ Zn ด้วยกระดาษทราย

2) ใส่  $\text{CuSO}_4$  0.10 mol/L ปริมาตร 25 mL ลงในปีกเกอร์ สังเกต

สีของสารละลาย

3) จุ่มแผ่นโลหะ Zn ลงในปีกเกอร์ สังเกตการเปลี่ยนแปลง

4) ตั้งไว้ 1 -2 นาที สังเกตการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นทั้งที่

สารละลายและแผ่นโลหะ ถ้ามีสารมาเกาะบนแผ่นโลหะให้ใช้แท่งแก้วคนเขี่ยออก และสังเกตแผ่นโลหะอีกครั้ง)

6.2.5 ครูกำหนดประเด็นปัญหาเพื่อให้นักเรียนตั้งสมมติฐานการทดลอง ตามประเด็นคำถามดังนี้

คำถาม : ถ้านำแผ่นโลหะสังกะสี (Zn) จุ่มลงในสารละลายคอปเปอร์(II)ซัลเฟต ( $\text{CuSO}_4$ ) นักเรียนคิดว่าจะเกิดการเปลี่ยนแปลงหรือไม่ อย่างไร

(แนวคำตอบสมมติฐานการทดลอง : เมื่อนำแผ่นโลหะสังกะสี (Zn) จุ่มลงในสารละลายคอปเปอร์(II)ซัลเฟต จะมีการการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้นโดยแผ่นโลหะสังกะสีจะเกิดการผุกร่อน และสารละลายคอปเปอร์(II)ซัลเฟตจะมีสีจางลง)

6.2.6 ครูสุ่มนักเรียน 2-3 คน นำเสนอสมมติฐานการทดลองที่นักเรียนได้ตั้งสมมติฐานไว้

6.2.7 นักเรียนและครูร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับการสังเกตการทดลอง โดยใช้ประเด็นคำถาม ดังนี้

- จากตารางบันทึกผลการทดลองในใบกิจกรรมที่ 2 ก่อนการทดลองนักเรียนจะต้องสังเกตสิ่งใด เพื่อบันทึกผลการทดลอง

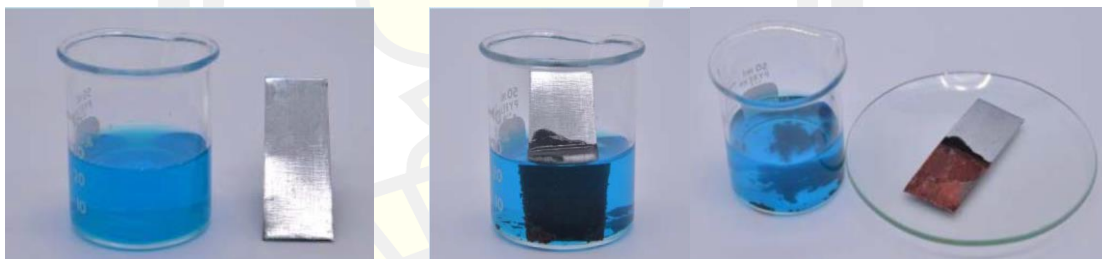
(แนวคำตอบ สังเกตลักษณะของแผ่นโลหะ Zn และสารละลาย  $\text{CuSO}_4$ )

- เมื่อทำการทดลอง นักเรียนจะต้องสังเกตการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นในขั้นตอนใด

(แนวคำตอบ สังเกตการเปลี่ยนแปลงเมื่อจุ่มแผ่นโลหะ Zn ลงในสารละลาย  $\text{CuSO}_4$  โดยสังเกตการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นทั้งแผ่นโลหะ Zn และสารละลาย  $\text{CuSO}_4$ )

6.2.8 ครูสาธิตการทดลอง เรื่อง การทดลองการเกิดปฏิกิริยารีดอกซ์ระหว่างโลหะและไอออนของโลหะ โดยให้นักเรียนสังเกตการทดลอง และบันทึกผลการทดลองลงในใบกิจกรรมที่ 2

6.2.5 นักเรียนและครูร่วมกันอภิปรายผลจากการทำการทดลองการเกิดปฏิกิริยารีดอกซ์ระหว่างโลหะและไอออนของโลหะ โดยครูนำเสนอรูปภาพ และใช้คำถามตามประเด็นดังต่อไปนี้



ภาพก่อนการทดลอง

ภาพหลังจากทำการทดลอง

ที่มา : คู่มือครูรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ เคมีเล่ม 4 สสวท.

- ก่อนทำการทดลองแผ่นโลหะ Zn และสารละลาย  $\text{CuSO}_4$  มีลักษณะอย่างไร

(แนวคำตอบ แผ่นโลหะ Zn มีสีเทาเงิน และสารละลาย  $\text{CuSO}_4$  มีสีฟ้า)

- เมื่อทำการทดลองโดยจุ่มแผ่นโลหะ Zn ในสารละลาย  $\text{CuSO}_4$  มีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้นหรือไม่ อย่างไร

(แนวคำตอบ : มีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้น โดยเมื่อจุ่มแผ่นโลหะ Zn ลงในสารละลาย  $\text{CuSO}_4$  จะมีสารสีน้ำตาลแดงเกาะบนแผ่นโลหะ Zn ส่วนที่จุ่มอยู่ในสารละลาย เมื่อเขี่ย

ของแข็งสีน้ำตาลแดงบนแผ่นโลหะ Zn ออก พบว่าแผ่นโลหะ Zn สีกกร่อน และสารละลาย  $\text{CuSO}_4$  มีสีจางลง)

- นักเรียนคิดว่าสารละลาย  $\text{CuSO}_4$  มีไอออนชนิดใดละลายอยู่

(แนวคำตอบ ในสารละลาย  $\text{CuSO}_4$  มี  $\text{Cu}^{2+}$  และ  $\text{SO}_4^{2-}$  ละลายอยู่)

- นักเรียนคิดว่าของแข็งสีน้ำตาลแดงที่มาเกาะบนแผ่นโลหะ Zn ส่วนที่จุ่มอยู่ในสารละลายคือสารใด

(แนวคำตอบ : ทองแดง หรือ Cu)

- เพราะเหตุใดนักเรียนจึงคิดว่าสารที่มาเกาะบนแผ่นโลหะ Zn คือ ทองแดง (Cu)

(แนวคำตอบ : เพราะในสารละลาย  $\text{CuSO}_4$  ซึ่งมีทองแดง (Cu) เป็นองค์ประกอบ)

- เมื่อเราเช็ของแข็งสีน้ำตาลแดงที่มาเกาะบนแผ่นโลหะ Zn ออก จะพบว่าแผ่นโลหะ Zn สีกกร่อน นักเรียนคิดว่าสังกะสีที่สีกกร่อนไปนั้นเปลี่ยนแปลงไปอยู่ที่ใด

(แนวคำตอบ : สังกะสีที่ผุกร่อนละลายอยู่ในสารละลาย  $\text{CuSO}_4$ )

6.2.6 ครูใช้คำถามเพื่อกระตุ้นให้นักเรียนได้ประเมินว่าแบบจำลองที่นักเรียนสร้างขึ้นกับหลักฐานที่เป็นข้อมูลเชิงประจักษ์มีความสอดคล้องกันหรือไม่ และแบบจำลองที่สร้างขึ้นสามารถใช้อธิบายปรากฏการณ์ที่ศึกษาได้มากน้อยเพียงใด โดยใช้คำถามดังต่อไปนี้

- จากข้อมูลที่นักเรียนได้มาจากการสังเกตการทดลอง นักเรียนคิดว่าแบบจำลองที่นักเรียนสร้างขึ้นสามารถนำมาใช้อธิบายปรากฏการณ์ที่ระบองเกิดการผุกร่อนจากน้ำส้มสายชูได้หรือไม่ อย่างไร

(แนวคำตอบ นักเรียนตอบตามอิสระขึ้นกับแบบจำลองของนักเรียนแต่ละกลุ่ม)

- นักเรียนจะพัฒนาและปรับปรุงแบบจำลองที่ตนเองสร้างขึ้นอย่างไร เพื่อให้แบบจำลองสามารถอธิบายปรากฏการณ์ดังกล่าวได้อย่างถูกต้อง

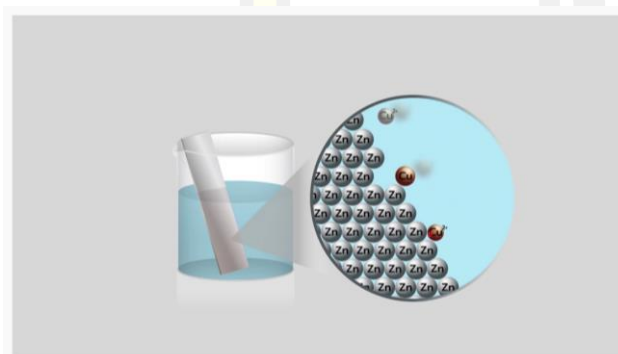
(แนวคำตอบ นักเรียนตอบตามอิสระขึ้นกับแบบจำลองของนักเรียนแต่ละกลุ่ม)

6.2.7 ครูแบ่งกลุ่มนักเรียนออกเป็น 5-6 กลุ่ม นักเรียนแต่ละกลุ่มประกอบด้วยนักเรียนเก่ง ปานกลาง และอ่อน และทำการแบ่งห้องประชุมใน google meet เพื่อให้ นักเรียนระดมความคิด โดยการนำแบบจำลองของสมาชิกแต่ละคนในกลุ่มมารวมกันอภิปรายเพื่อพัฒนาและดัดแปลงแบบจำลองในการสร้างเป็นแบบจำลองมติของกลุ่ม เพื่อนำมาใช้ในการอธิบายปรากฏการณ์ที่ได้ศึกษา จากนั้นให้นักเรียนแต่ละคนวาดแบบจำลองมติของกลุ่มในใบกิจกรรมที่ 1 ขั้นการประเมินแบบจำลองและส่งภาพแบบจำลองใน google classroom

### 6.3 การดัดแปลงแก้ไขแบบจำลอง (modifying model)

6.3.1 ครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอแบบจำลองมติของกลุ่มที่ร่วมกันสร้างขึ้น โดยนำมาใช้ในการอธิบายปรากฏการณ์ที่ระบองเกิดการกัดกร่อนจากน้ำส้มสายชูว่าเกิดขึ้นได้อย่างไร

6.3.2 นักเรียนและครูร่วมกันอภิปรายเพิ่มเติมเกี่ยวกับการทดลองเพื่อศึกษาการเกิดปฏิกิริยารีดอกซ์ระหว่างโลหะและไอออนของโลหะ โดยดูวิดีโอ เรื่อง ปฏิกิริยารีดอกซ์ โดยใช้ประเด็นคำถาม ดังนี้



ปฏิกิริยารีดอกซ์

ที่มา : <https://www.youtube.com/watch?v=h8-JmlN8Prk>

- จากวิดีโอเมื่อจุ่มแผ่นโลหะ Zn ในสารละลาย  $\text{CuSO}_4$  มีการเปลี่ยนแปลงในระดับอนุภาคอย่างไร

(แนวคำตอบ โลหะ Zn กลายเป็น  $\text{Zn}^{2+}$  และ  $\text{Cu}^{2+}$  กลายเป็น Cu เกาะบนแผ่นโลหะ Zn)

- โลหะ Zn กลายเป็น  $\text{Zn}^{2+}$  ได้อย่างไร

(แนวคำตอบ โลหะ Zn จ่ายอิเล็กตรอนให้  $\text{Cu}^{2+}$  กลายเป็น  $\text{Zn}^{2+}$ )

- นักเรียนสามารถเขียนสมการเคมีการเปลี่ยนแปลงของโลหะ Zn กลายเป็น  $\text{Zn}^{2+}$  ได้อย่างไร

(แนวคำตอบ  $\text{Zn}(s) \rightarrow \text{Zn}^{2+}(aq) + 2e^-$ )

-  $\text{Cu}^{2+}$  กลายเป็น Cu เกาะบนแผ่นโลหะ Zn ได้อย่างไร

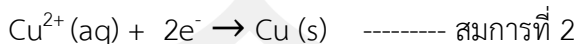
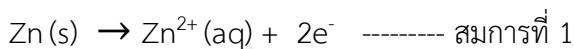
(แนวคำตอบ  $\text{Cu}^{2+}$  รับอิเล็กตรอนจากโลหะ Zn กลายเป็น Cu เกาะบนแผ่นโลหะ Zn)

- นักเรียนสามารถเขียนสมการเคมีการเปลี่ยนแปลงของ  $\text{Cu}^{2+}$  กลายเป็น Cu ได้อย่างไร

(แนวคำตอบ  $\text{Cu}^{2+}(aq) + 2e^- \rightarrow \text{Cu}(s)$ )



6.3.3 ครูเขียนสมการ 2 สมการ แล้วนักเรียนตอบคำถามตามประเด็นดังต่อไปนี้



- จากสมการที่ 1 และสมการที่ 2 นักเรียนคิดว่าทั้งสองสมการนี้มีการเปลี่ยนแปลงเลขออกซิเดชันอย่างไร

*(แนวคำตอบ : สมการทั้งสองมีการเปลี่ยนแปลงเลขออกซิเดชัน โดยสมการที่ 1 เลขออกซิเดชันเพิ่มขึ้น สมการที่ 2 เลขออกซิเดชันลดลง)*

- นักเรียนคิดว่าอะไรที่ทำให้เลขออกซิเดชันของสมการทั้งสองเปลี่ยนไป

*(แนวคำตอบ : ทั้งสองสมการมีการถ่ายโอนอิเล็กตรอน)*

- นักเรียนคิดว่าทั้งสองสมการนี้มีการถ่ายโอนอิเล็กตรอนให้แก่กันอย่างไร

*(แนวคำตอบ มีการถ่ายโอนอิเล็กตรอนระหว่าง Zn(s) และ Cu<sup>2+</sup>(aq) โดย Zn(s) เป็นสารที่ให้อิเล็กตรอนกลายเป็น Zn<sup>2+</sup>(aq) และ Cu<sup>2+</sup>(aq) เป็นสารที่รับอิเล็กตรอนกลายเป็น Cu(s))*

6.3.4 ครูให้นักเรียนสรุปผลการทดลองในใบกิจกรรมที่ 2 จากนั้นสุ่มนักเรียนนำเสนอสรุปผลการทดลอง 2-3 คน

6.3.5 นักเรียนและครูร่วมกันอภิปรายสรุปผลการทดลอง ดังนี้

*(แนวคำตอบ ปฏิกริยาระหว่าง Zn และ Cu<sup>2+</sup> มีการถ่ายโอนอิเล็กตรอน ซึ่งสังเกตได้จากการเกิดขึ้นของโลหะ Cu บนแผ่นโลหะ Zn การจางลงของสีฟ้าของ Cu<sup>2+</sup> และการกร่อนของโลหะ Zn)*

6.3.6 ครูอธิบายเพิ่มเติมเกี่ยวกับปฏิกิริยารีดอกซ์ ดังนี้

- จากปฏิกิริยาที่โลหะ Zn ปล่อยอิเล็กตรอนกลายเป็น Zn<sup>2+</sup> ดังสมการ  $\text{Zn(s)} \rightarrow \text{Zn}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{e}^-$  เรียกปฏิกิริยาดังกล่าวว่าเป็น ครึ่งปฏิกิริยาออกซิเดชัน ทำให้เลขออกซิเดชันของสารเพิ่มขึ้น และสารที่ปล่อยอิเล็กตรอน คือ Zn(s) เรียกว่า ตัวรีดิวซ์

- จากปฏิกิริยาที่ Cu<sup>2+</sup> รับอิเล็กตรอนกลายเป็น Cu ดังสมการ  $\text{Cu}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Cu(s)}$  เรียกปฏิกิริยาดังกล่าวว่าเป็น ครึ่งปฏิกิริยารีดักชัน ทำให้เลขออกซิเดชันของสารลดลง และสารที่รับอิเล็กตรอน คือ Cu<sup>2+</sup>(aq) เรียกว่า ตัวออกซิไดส์

- เมื่อรวมครึ่งปฏิกิริยาออกซิเดชันและครึ่งปฏิกิริยารีดักชันเข้าด้วยกัน จะได้ปฏิกิริยาที่เรียกว่า ปฏิกิริยารีดอกซ์ ดังนี้







6.3.7 นักเรียนและครูร่วมกันอภิปรายแบบจำลองของแต่ละกลุ่ม และทำการรวมแบบจำลองของแต่ละกลุ่มเข้าด้วยกันเพื่อสร้างเป็นแบบจำลองมติของชั้นเรียน โดยให้นักเรียนแลกเปลี่ยนความคิดเห็นซึ่งกันและกันในการดัดแปลงแก้ไขแบบจำลอง จนกระทั่งได้แบบจำลองที่สามารถอธิบายปรากฏการณ์ที่ได้ศึกษาอย่างถูกต้อง จากนั้นให้นักเรียนวาดภาพแบบจำลองมติของชั้นเรียนในใบกิจกรรมที่ 1 ขั้นการดัดแปลงแก้ไขแบบจำลอง ซึ่งมีครูเป็นตัวแทนในการวาดแบบจำลองจากการอภิปรายและแลกเปลี่ยนความคิดเห็นของนักเรียนในชั้นเรียนผ่าน google meet โดยใช้ประเด็นคำถามดังนี้

- จากการทดลองเมื่อจุ่มแผ่นโลหะ Zn ในสารละลาย  $\text{CuSO}_4$  พบว่า มีการถ่ายโอนอิเล็กตรอนระหว่างโลหะ Zn และ  $\text{Cu}^{2+}$  ในสารละลาย ซึ่งเป็นปฏิกิริยารีดอกซ์ นักเรียนคิดว่าปรากฏการณ์ที่ระบ่งเกิดการผุกร่อนจากน้ำส้มสายชู เป็นปฏิกิริยารีดอกซ์หรือไม่ อย่างไร

*(แนวคำตอบ เป็นปฏิกิริยารีดอกซ์ เนื่องจากมีการถ่ายโอนอิเล็กตรอนระหว่างกระป๋องที่เคลือบด้วยดีบุกและน้ำส้มสายชู)*

- แบบจำลองที่นักเรียนแต่ละกลุ่มสร้างขึ้นสามารถนำมาใช้อธิบายปรากฏการณ์นี้ได้หรือไม่ อย่างไร

*(แนวคำตอบ นักเรียนตอบตามอิสระขึ้นกับแบบจำลองของนักเรียนแต่ละกลุ่ม)*

- หากต้องพัฒนาและปรับปรุงแบบจำลอง โดยการนำแบบจำลองของแต่ละกลุ่มมารวมกันเพื่อสร้างเป็นแบบจำลองมติของชั้นเรียน เพื่อนำมาใช้ในการอธิบายปรากฏการณ์ดังกล่าว นักเรียนคิดว่าจะนำแบบจำลองของแต่ละกลุ่มมารวมกัน และทำการพัฒนาและปรับปรุงแบบจำลองอย่างไร

*(แนวคำตอบ นักเรียนตอบตามอิสระขึ้นกับแบบจำลองของนักเรียนแต่ละกลุ่ม)*

- นักเรียนคิดว่าแบบจำลองที่ถูกต้องในการอธิบายปรากฏการณ์ที่ระบ่งเกิดการผุกร่อนจากน้ำส้มสายชู มีสารใดเป็นสารที่จ่ายอิเล็กตรอน หรือเป็นตัวรีดิวซ์

*(แนวคำตอบ ดีบุก หรือ Sn ที่เคลือบอยู่บนกระป๋อง)*

- ดีบุก หรือ Sn ที่เคลือบอยู่บนกระป๋อง เมื่อจ่ายอิเล็กตรอนจะผุกร่อนเปลี่ยนแปลงไปเป็นสารใด

*(แนวคำตอบ ดีบุก หรือ Sn เมื่อจ่ายอิเล็กตรอนจะกลายเป็น  $\text{Sn}^{2+}$ )*

- นักเรียนคิดว่ามีสารใดเป็นสารที่รับอิเล็กตรอน หรือเป็นตัวออกซิไดส์

*(แนวคำตอบ ไฮโดรเจนไอออน ( $\text{H}^+$ ))*

-  $H^+$  หรือ ไฮโดรเจนไอออน เกิดจากสารใด

(แนวคำตอบ ไฮโดรเจนไอออน ( $H^+$ ) เกิดจากการแตกตัวของกรด  $CH_3COOH$  ใน น้ำส้มสายชู)

-  $H^+$  หรือ ไฮโดรเจนไอออน เมื่อรับอิเล็กตรอนจะเปลี่ยนแปลงไปเป็นสารใด

(แนวคำตอบ ไฮโดรเจนไอออน ( $H^+$ ) เมื่อรับอิเล็กตรอนกลายเป็นแก๊สไฮโดรเจน ( $H_2$ ))

6.3.8 เมื่อได้แบบจำลองมติของชั้นเรียน จากนั้นนักเรียนและครูร่วมกันสรุปปฏิกิริยารีดอกซ์ของปรากฏการณ์ที่ระบ่งเกิดการผุกร่อนจากน้ำส้มสายชู โดยใช้ประเด็นคำถาม ดังนี้

- นักเรียนเขียนสมการเคมีแสดงการจ่ายอิเล็กตรอนหรือครึ่งปฏิกิริยาออกซิเดชันของ Sn ได้อย่างไร

(แนวคำตอบ  $Sn(s) \rightarrow Sn^{2+}(aq) + 2e^-$ )

- จากสมการเคมีแสดงครึ่งปฏิกิริยาออกซิเดชันของ Sn เลขออกซิเดชันของ Sn เพิ่มขึ้นหรือลดลง

(แนวคำตอบ เลขออกซิเดชันเพิ่ม)

- นักเรียนเขียนสมการเคมีแสดงการรับอิเล็กตรอนหรือครึ่งปฏิกิริยารีดักชันของไฮโดรเจนไอออน ( $H^+$ ) ได้อย่างไร

(แนวคำตอบ  $2H^+(aq) + 2e^- \rightarrow H_2(g)$ )

- จากสมการเคมีแสดงครึ่งปฏิกิริยารีดักชันของไฮโดรเจนไอออน ( $H^+$ ) เลขออกซิเดชันของ H เพิ่มขึ้นหรือลดลง

(แนวคำตอบ เลขออกซิเดชันลดลง)

- นักเรียนสามารถเขียนปฏิกิริยารีดอกซ์ได้อย่างไร

(แนวคำตอบ  $Sn(s) + 2H^+(aq) \rightarrow Sn^{2+}(aq) + H_2(g)$ )

#### 6.4 การขยายแบบจำลอง (elaborating model)

6.4.1 ครูสาธิตการทดลอง 3 การทดลอง ดังนี้

การทดลองที่ 1 จุ่มโลหะ Mg ในสารละลาย  $ZnSO_4$

การทดลองที่ 2 จุ่มโลหะ Zn ในสารละลาย  $ZnSO_4$

การทดลองที่ 3 จุ่มโลหะ Cu ในสารละลาย  $ZnSO_4$

หมายเหตุ จากการทดลองทั้ง 3 การทดลอง การทดลองที่เกิดปฏิกิริยารีดอกซ์ คือ การทดลองที่ 1 จุ่มโลหะ Mg ในสารละลาย  $ZnSO_4$

6.4.2 นักเรียนและครูร่วมกันอภิปรายจากการทดลอง โดยใช้ประเด็นคำถาม ดังนี้

- จากการทดลองนักเรียนคิดว่าเกิดการทดลองใดเกิดปฏิกิริยารีดอกซ์

*(แนวคำตอบ การทดลองที่ 1)*

- นักเรียนทราบได้อย่างไรว่าการทดลองที่ 1 เกิดปฏิกิริยารีดอกซ์

*(แนวคำตอบ การทดลองที่ 1 มีของแข็งสีดำเกาะบนแผ่นโลหะส่วนที่จุ่มอยู่*

*ในสารละลาย เมื่อเขียนของแข็งสีดำออก พบว่า ผิวโลหะมุกרון ส่วนการทดลองที่ 2 และ 3 ไม่มีปฏิกิริยาเคมีเกิดขึ้น)*

6.4.3 ครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันอภิปรายและแลกเปลี่ยนความคิดเห็นซึ่งกันและกันในการวาดภาพแบบจำลองแสดงการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นในระดับอนุภาคเพื่ออธิบายการเกิดปฏิกิริยารีดอกซ์ของการทดลองที่ 1 และให้นักเรียนแต่ละคนวาดภาพแบบจำลองมติของกลุ่มในใบกิจกรรมที่ 1 ขั้นการขยายแบบจำลอง และเขียนครึ่งปฏิกิริยาออกซิเดชัน ครึ่งปฏิกิริยารีดักชัน และปฏิกิริยารีดอกซ์ จากนั้นส่งภาพแบบจำลองใน google classroom

6.4.4 ครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอแบบจำลองที่แต่ละกลุ่มสร้างขึ้น จากนั้นครูและนักเรียนร่วมกันอภิปราย โดยใช้ประเด็นคำถาม ดังนี้

- จากการทดลองที่ 1 สารละลาย  $ZnSO_4$  มีไอออนชนิดใดละลายอยู่

*(แนวคำตอบ ในสารละลาย  $ZnSO_4$  มี  $Zn^{2+}$  และ  $SO_4^{2-}$  ละลายอยู่)*

- จากการทดลองที่ 1 มีสารใดเป็นสารที่จ่ายอิเล็กตรอน หรือเป็นตัวรีดิวซ์

*(แนวคำตอบ โลหะ Mg)*

- นักเรียนทราบได้อย่างไร ว่าโลหะ Mg เป็นสารที่จ่ายอิเล็กตรอนหรือเป็นตัวรีดิวซ์

*(แนวคำตอบ เมื่อเกิดปฏิกิริยาโลหะ Mg มุกרון)*

- โลหะ Mg เมื่อจ่ายอิเล็กตรอนจะมุกרוןเปลี่ยนแปลงไปเป็นสารใด

*(แนวคำตอบ โลหะ Mg เมื่อจ่ายอิเล็กตรอนจะกลายเป็น  $Mg^{2+}$ )*

- นักเรียนเขียนสมการเคมีแสดงการจ่ายอิเล็กตรอนหรือครึ่งปฏิกิริยาออกซิเดชันของ Mg ได้อย่างไร

*(แนวคำตอบ  $Mg(s) \rightarrow Mg^{2+}(aq) + 2e^-$ )*

- จากสมการเคมีแสดงครึ่งปฏิกิริยาออกซิเดชันของ Mg เลขออกซิเดชันของ Mg เพิ่มขึ้นหรือลดลง

*(แนวคำตอบ เลขออกซิเดชันเพิ่ม)*

- จากการทดลองที่ 1 มีสารใดเป็นสารที่รับอิเล็กตรอน หรือเป็นตัวออกซิไดส์

*(แนวคำตอบ ชิงค์ไอออน ( $Zn^{2+}$ ))*

- ชิงค์ไอออน ( $Zn^{2+}$ ) เมื่อรับอิเล็กตรอนจะเปลี่ยนแปลงไปเป็นสารใด

*(แนวคำตอบ ชิงค์ไอออน ( $Zn^{2+}$ ) เมื่อรับอิเล็กตรอนจะกลายเป็น Zn)*

- นักเรียนเขียนสมการเคมีแสดงการจ่ายอิเล็กตรอนหรือครึ่งปฏิกิริยาออกซิเดชันของ Mg ได้อย่างไร

*(แนวคำตอบ  $Zn^{2+}(aq) + 2e^- \rightarrow Zn(s)$ )*

- จากสมการเคมีแสดงครึ่งปฏิกิริยาออกซิเดชันของ Mg เลขออกซิเดชันของ Mg เพิ่มขึ้นหรือลดลง

*(แนวคำตอบ เลขออกซิเดชันลด)*

- นักเรียนสามารถเขียนปฏิกิริยารีดอกซ์ได้อย่างไร

*(แนวคำตอบ  $Mg(s) + Zn^{2+}(aq) \rightarrow Mg^{2+}(aq) + Zn(s)$ )*

6.4.5 นักเรียนทำแบบฝึกหัด เรื่อง ปฏิกิริยารีดอกซ์ จากนั้นส่งแบบฝึกหัดใน google classroom

6.4.6 นักเรียนและครูร่วมกันเฉลยแบบฝึกหัด เรื่อง ปฏิกิริยารีดอกซ์

## 7. สื่อ/แหล่งการเรียนรู้

7.1 Power Point เรื่อง ปฏิกิริยารีดอกซ์

7.2 วัสดุ อุปกรณ์ และสารเคมี ในการทดลอง เรื่อง การทดลองการเกิดปฏิกิริยารีดอกซ์ระหว่างโลหะและไอออนของโลหะ

7.3 ใบกิจกรรมที่ 1 แบบบันทึกการสร้างแบบจำลอง เรื่อง ปฏิกิริยารีดอกซ์

7.4 ใบกิจกรรมที่ 2 แบบบันทึกการทดลอง เรื่อง การเกิดปฏิกิริยารีดอกซ์ระหว่างโลหะและไอออนของโลหะ

7.5 แบบฝึกหัด เรื่อง ปฏิกิริยารีดอกซ์

7.6 วิดีทัศน์ เรื่อง ปฏิกิริยารีดอกซ์

7.7 หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ เคมี เล่ม 4 สสวท.

พหุบัณฑิต ชีวะ

## 8. การวัดและประเมินผลการเรียนรู้

จุดประสงค์การเรียนรู้	วิธีการวัด	เครื่องมือที่ใช้วัด	เกณฑ์การประเมิน
1. นักเรียนสามารถอธิบาย ปฏิกิริยารีดอกซ์ได้ (K)	ตรวจ แบบฝึกหัด ของนักเรียน	แบบฝึกหัด	นักเรียนทำแบบฝึกหัด ได้ถูกต้อง 70 % ขึ้นไป ถือว่าผ่านเกณฑ์
2. นักเรียนสามารถเขียน ครึ่งปฏิกิริยาออกซิเดชันและ ครึ่งปฏิกิริยารีดักชันของ ปฏิกิริยารีดอกซ์ได้ (K)	ตรวจ แบบฝึกหัด ของนักเรียน	แบบฝึกหัด	นักเรียนทำแบบฝึกหัด ได้ถูกต้อง 70 % ขึ้นไป ถือว่าผ่านเกณฑ์
3. นักเรียนสามารถสร้าง แบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ เพื่ออธิบายการเกิดปฏิกิริยา รีดอกซ์ได้ (P)	ตรวจ ใบกิจกรรมที่ 1 ของนักเรียน	แบบประเมิน การสร้าง แบบจำลอง	นักเรียนสร้าง แบบจำลองอยู่ใน ระดับพอใช้ ขึ้นไป ถือว่าผ่านเกณฑ์
4. นักเรียนสามารถ ตั้งสมมติฐาน และสรุปผลการ ทดลองการเกิดปฏิกิริยา รีดอกซ์ระหว่างโลหะและ ไอออนของโลหะได้ (P)	ตรวจ ใบกิจกรรมที่ 2 ของนักเรียน	แบบประเมิน การตั้งสมมติฐาน และการสรุปผล การทดลอง	นักเรียนตั้งสมมติฐาน และสรุปผลการ ทดลองอยู่ในระดับ พอใช้ ขึ้นไป ถือว่าผ่านเกณฑ์
5. นักเรียนมีความมุ่งมั่น ในการทำงาน (A)	สังเกต พฤติกรรม การทำงาน ของนักเรียน	แบบประเมิน พฤติกรรม การทำงานของ นักเรียน	นักเรียนมีพฤติกรรม อยู่ในระดับพอใช้ ขึ้นไป ถือว่าผ่านเกณฑ์

## บันทึกผลหลังการจัดการเรียนรู้

ผลการสอน/ผลการเรียนรู้

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ปัญหา/ อุปสรรค

.....

.....

.....

.....

แนวทางการพัฒนา

.....

.....

.....

.....

ข้อเสนอแนะ

.....

.....

.....

.....

ลงชื่อ.....

(นางสาวพัทธ์ธีรา รัตนพันธุ์)

ครูผู้สอน

วันที่ .....





เลขที่	รายการที่ประเมิน / คะแนน / ผลการประเมิน										ผ่าน / ไม่ผ่าน	หมายเหตุ
	ส่งงานตรงตามเวลาที่ กำหนด				ชิ้นงานเป็นระเบียบ เรียบร้อย				รวม			
	3	2	1	0	3	2	1	0				
24												
25												
26												
27												
28												
29												
30												
31												
32												
33												
34												
35												
36												
37												
38												
39												
40												
41												
42												

## เกณฑ์การประเมิน

ช่วงคะแนน

ระดับ

5-6

ดี

3-4

พอใช้

0-2

ปรับปรุง

หมายเหตุ คะแนนอยู่ในระดับพอใช้ ขึ้นไป ถือว่าผ่านเกณฑ์

## เกณฑ์การประเมิน

เกณฑ์การประเมิน	ระดับคะแนน			
	3	2	1	0
ส่งงานตรงตามเวลาที่กำหนด	นักเรียนส่งงานตรงเวลา	นักเรียนส่งงานช้ากว่าเวลาที่กำหนด แต่ไม่เกิน 1 วัน	นักเรียนส่งงานช้ากว่าเวลาที่กำหนด 1 วัน	นักเรียนไม่เข้าเรียน
ชิ้นงานเป็นระเบียบเรียบร้อย	นักเรียนเขียนงานครบทุกหัวข้อตามลำดับขั้นตอนสะอาด เป็นระเบียบ	นักเรียนเขียนงานครบทุกหัวข้อ แต่ไม่เป็นลำดับขั้นตอน สะอาด เป็นระเบียบ	นักเรียนเขียนงานไม่ครบทุกหัวข้อ	นักเรียนไม่เข้าเรียน





เลขที่	รายการที่ประเมิน / คะแนน / ผลการประเมิน										รวม	ผ่าน / ไม่ผ่าน	หมายเหตุ
	การตั้งสมมติฐาน				การสรุปผลการทดลอง								
	3	2	1	0	3	2	1	0					
25													
26													
27													
28													
29													
30													
31													
32													
33													
34													
35													
36													
37													
38													
39													
40													
41													
42													

## เกณฑ์การประเมิน

ช่วงคะแนน

ระดับ

5-6

ดี

3-4

พอใช้

0-2

ปรับปรุง

หมายเหตุ คะแนนอยู่ในระดับพอใช้ ขึ้นไป ถือว่าผ่านเกณฑ์

## เกณฑ์การประเมิน

เกณฑ์การประเมิน	ระดับคะแนน			
	3	2	1	0
<b>การตั้งสมมติฐาน</b>	เมื่อตั้งสมมติฐาน ได้สอดคล้องกับ ปัญหาและแสดง ความสัมพันธ์ ระหว่างเหตุและ ผลได้อย่างชัดเจน	เมื่อตั้งสมมติฐาน ได้สอดคล้องกับ ปัญหา แต่แสดง ความสัมพันธ์ ระหว่างเหตุและผล ไม่ชัดเจน	เมื่อตั้งสมมติฐาน ได้สอดคล้องกับ ปัญหาบางส่วน	นักเรียนไม่เข้า เรียน
<b>การสรุปผล การทดลอง</b>	เมื่อสรุปผล การทดลอง สอดคล้องกับ ผลการทดลอง กระชับ และ เข้าใจง่าย	เมื่อสรุปผล การทดลอง สอดคล้องกับ ผลการทดลอง	เมื่อสรุปผล การทดลอง ไม่สอดคล้องกับ ผลการทดลอง	นักเรียนไม่เข้า เรียน



### แบบประเมินการสร้างแบบจำลอง

**คำชี้แจง** สังเกตการทำงานรายกลุ่มของนักเรียน เขียนค่าคะแนน 0 – 3 ลงในช่องให้ตรงกับความเป็นจริง

รายการประเมิน	กลุ่ม					
	1	2	3	4	5	6
1. ความสอดคล้องกับปรากฏการณ์ที่ศึกษา						
2. การระบุตัวแปร หรือสัญลักษณ์ทางวิทยาศาสตร์						
3. การแสดงมโนทัศน์หลักของปรากฏการณ์ที่ศึกษา						
<b>รวม</b>						
<b>ผลการประเมิน</b>						

เกณฑ์การประเมิน	
ช่วงคะแนน	ระดับ
7-9	ดี
4-6	พอใช้
0-3	ปรับปรุง

หมายเหตุ คะแนนอยู่ในระดับพอใช้ ขึ้นไป ถือว่าผ่านเกณฑ์

พหุบัณฑิต ชีวะ

## เกณฑ์การประเมิน

ประเด็น ที่ประเมิน	เกณฑ์การให้คะแนน			
	3	2	1	0
ความ สอดคล้องกับ ปรากฏการณ์ ที่ศึกษา	วาดภาพที่แสดง รายละเอียดเงื่อนไข หรือ สิ่งที่ต้องการ ศึกษาได้ครบถ้วน และชัดเจน	วาดภาพแสดง รายละเอียด เงื่อนไข หรือ สิ่ง ที่ต้องการศึกษาได้ ครบถ้วน แต่ไม่ชัดเจน	วาดภาพแสดง รายละเอียด เงื่อนไข หรือ สิ่ง ที่ต้องการศึกษาไม่ ครบถ้วนและไม่ ชัดเจน	นักเรียนไม่ เข้าเรียน
การระบุตัวแปร หรือสัญลักษณ์ ทาง วิทยาศาสตร์	ระบุตัวแปรที่ศึกษา หรือสัญลักษณ์ ทางวิทยาศาสตร์ได้ ถูกต้องและ ครบถ้วน	ระบุตัวแปรที่ ศึกษา หรือ สัญลักษณ์ ทางวิทยาศาสตร์ ได้ถูกต้องแต่ไม่ ครบถ้วน	ระบุตัวแปรที่ศึกษา หรือสัญลักษณ์ ทางวิทยาศาสตร์ ไม่ถูกต้องและ ไม่ครบถ้วน	นักเรียนไม่ เข้าเรียน
การแสดง มโนทัศน์หลัก ของ ปรากฏการณ์ ที่ศึกษา	วาดภาพบนพื้นฐาน ของมโนทัศน์หลักที่ มีในปรากฏการณ์ ได้ถูกต้องและ ครบถ้วน	วาดภาพบน พื้นฐานของมโน ทัศน์หลักที่มีใน ปรากฏการณ์ได้ ถูกต้องแต่ไม่ ครบถ้วน	วาดภาพบน พื้นฐานของมโน ทัศน์หลักที่มีใน ปรากฏการณ์ ไม่ถูกต้องและ ไม่ครบถ้วน	นักเรียนไม่ เข้าเรียน

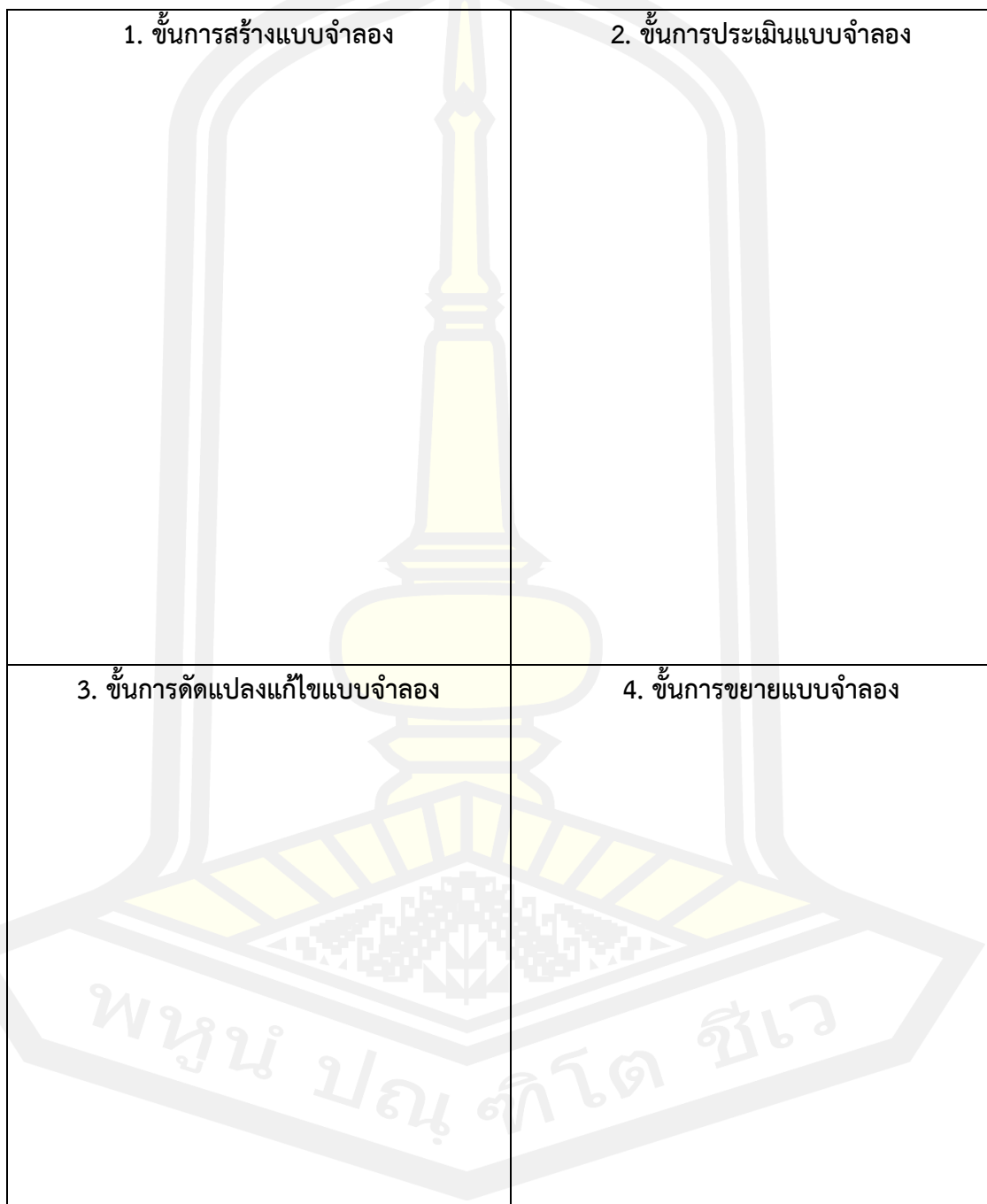


## ใบกิจกรรมที่ 1

แบบบันทึกการสร้างแบบจำลอง เรื่อง ปฏิบัติการรีดอกซ์

ชื่อ-สกุล..... ชั้น.....เลขที่.....

1. <u>ขั้น</u> การสร้างแบบจำลอง	2. <u>ขั้น</u> การประเมินแบบจำลอง
3. <u>ขั้น</u> การตัดแปลงแก้ไขแบบจำลอง	4. <u>ขั้น</u> การขยายแบบจำลอง



## ใบกิจกรรมที่ 2

แบบบันทึกการทดลอง เรื่อง การเกิดปฏิกิริยารีดอกซ์ระหว่างโลหะและไอออน

ชื่อ-สกุล..... ชั้น..... เลขที่.....

### จุดประสงค์การทดลอง

1. เพื่อศึกษาการเกิดปฏิกิริยารีดอกซ์
2. เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นจากการถ่ายโอนอิเล็กตรอนของปฏิกิริยารีดอกซ์ระหว่างโลหะกับไอออนของโลหะ

### วัสดุ อุปกรณ์ และสารเคมี

1. สารละลายคอปเปอร์(II)ซัลเฟต ( $\text{CuSO}_4$ ) 0.10 mol/L
2. แผ่นโลหะสังกะสี (Zn) ขนาด 2 cm x 5 cm
3. ปีกเกอร์ขนาด 50 mL
4. กระจกตวง ขนาด 25 mL
5. แท่งแก้วคน
6. กระดาษทราย ขนาด 3 cm x 3 cm

### วิธีการทดลอง

1. ขัดแผ่นโลหะ Zn ด้วยกระดาษทราย
2. ใส่  $\text{CuSO}_4$  0.10 mol/L ปริมาตร 25 mL ลงในปีกเกอร์ สังเกตสีของสารละลาย
3. จุ่มแผ่นโลหะ Zn ลงในปีกเกอร์ สังเกตการเปลี่ยนแปลง
4. ตั้งไว้ 1 -2 นาที สังเกตการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นทั้งที่สารละลายและแผ่นโลหะ ถ้ามีสารมาเกาะบนแผ่นโลหะให้ใช้แท่งแก้วคนเขี่ยออก และสังเกตแผ่นโลหะอีกครั้ง

### สมมติฐานการทดลอง

.....

.....

.....

.....

.....

## ผลการทดลอง

การทดลอง	การเปลี่ยนแปลงที่สังเกตได้	
	สารละลาย	แผ่นโลหะ
ก่อนทดลอง		
เมื่อทดลอง		

## สรุปผลการทดลอง

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

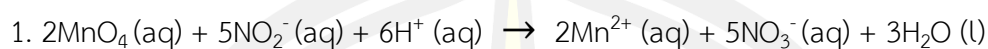
.....



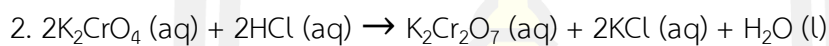
## แบบฝึกหัด เรื่อง ปฏิกิริยารีดอกซ์

ชื่อ-สกุล..... ชั้น..... เลขที่.....

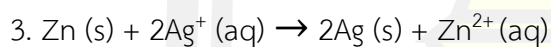
ตอนที่ 1 ให้นักเรียนระบุว่าปฏิกิริยาที่กำหนดให้เป็นปฏิกิริยารีดอกซ์หรือไม่ พร้อมอธิบายเหตุผล

 เป็นปฏิกิริยารีดอกซ์       ไม่เป็นปฏิกิริยารีดอกซ์

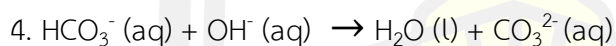
อธิบายเหตุผล.....

 เป็นปฏิกิริยารีดอกซ์       ไม่เป็นปฏิกิริยารีดอกซ์

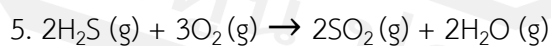
อธิบายเหตุผล.....

 เป็นปฏิกิริยารีดอกซ์       ไม่เป็นปฏิกิริยารีดอกซ์

อธิบายเหตุผล.....

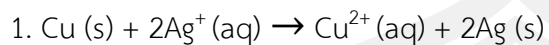
 เป็นปฏิกิริยารีดอกซ์       ไม่เป็นปฏิกิริยารีดอกซ์

อธิบายเหตุผล.....

 เป็นปฏิกิริยารีดอกซ์       ไม่เป็นปฏิกิริยารีดอกซ์

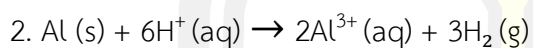
อธิบายเหตุผล.....

ตอนที่ 2 ให้นักเรียนเขียนแสดงครึ่งปฏิกิริยาออกซิเดชันและครึ่งปฏิกิริยารีดักชันของปฏิกิริยารีดอกซ์ต่อไปนี้



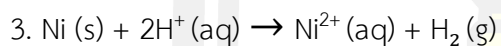
ครึ่งปฏิกิริยาออกซิเดชัน .....

ครึ่งปฏิกิริยารีดักชัน .....



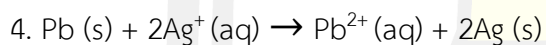
ครึ่งปฏิกิริยาออกซิเดชัน .....

ครึ่งปฏิกิริยารีดักชัน .....



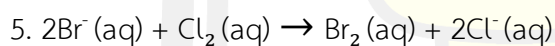
ครึ่งปฏิกิริยาออกซิเดชัน .....

ครึ่งปฏิกิริยารีดักชัน .....



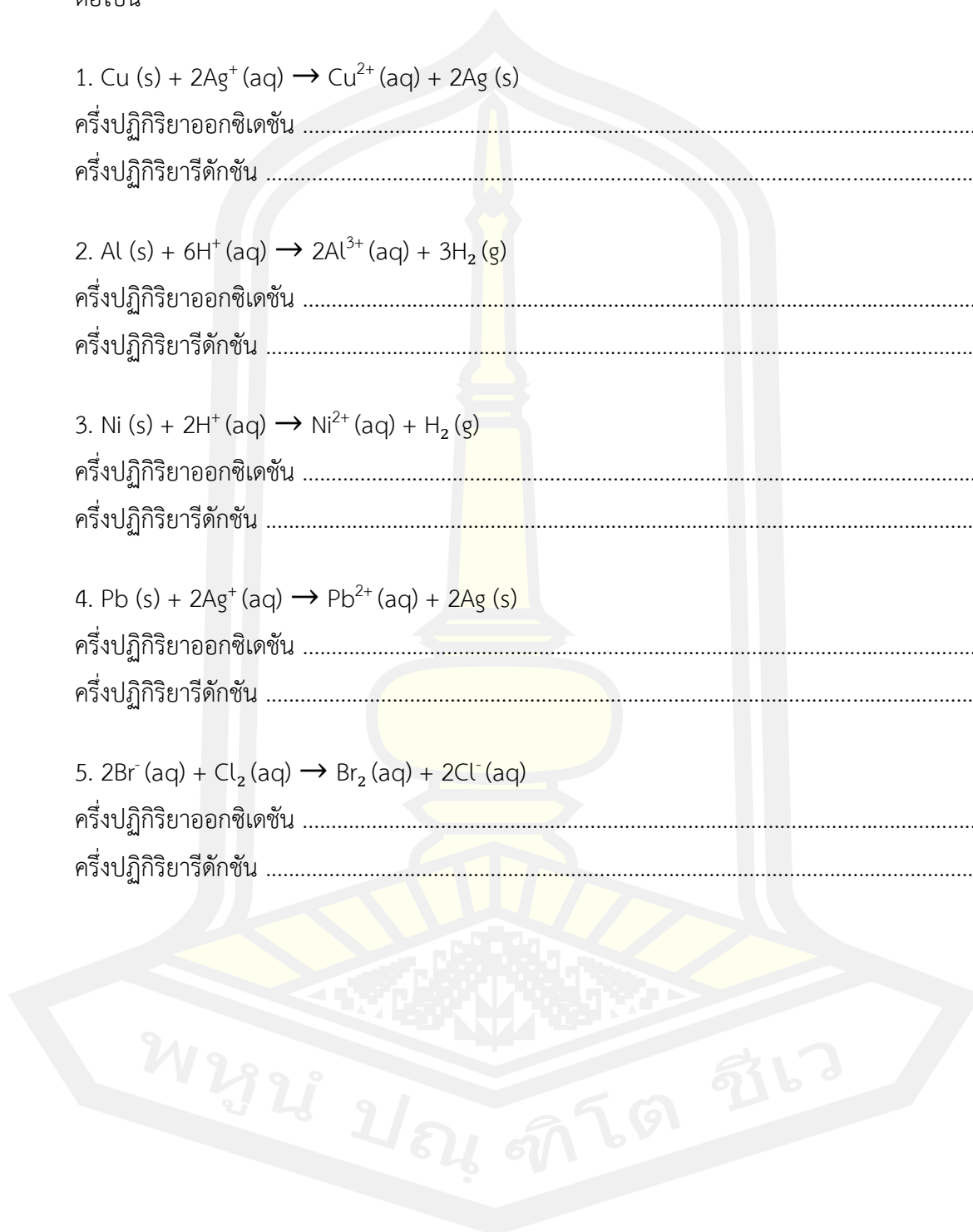
ครึ่งปฏิกิริยาออกซิเดชัน .....

ครึ่งปฏิกิริยารีดักชัน .....



ครึ่งปฏิกิริยาออกซิเดชัน .....

ครึ่งปฏิกิริยารีดักชัน .....



### ตัวอย่างแบบวัดการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง เคมีไฟฟ้า

**คำชี้แจง** ให้นักเรียนตอบคำถามทุกข้อด้วยการอธิบายลงในกระดาษคำตอบ

ข้อที่ 1 นักเรียนคนหนึ่งได้ทำการทดลองดังนี้

การทดลองที่ 1	
จุ่มลวดแมกนีเซียม (Mg) ลงในสารละลายซิงค์ซัลเฟต (ZnSO <sub>4</sub> ) เกิดสารสีเทาเงินที่ลวดแมกนีเซียมบริเวณที่จุ่มในสารละลาย เมื่อเคาะสารสีเทาเงินออกพบว่าลวดแมกนีเซียมกร่อนไป	
สมการแสดงปฏิกิริยาเคมี	$\text{Mg (s) + ZnSO}_4 \text{ (aq)} \rightarrow \text{MgSO}_4 \text{ (aq) + Zn (s)}$
การทดลองที่ 2	
ผสมสารละลายเลด(II)ไนเตรต (Pb(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> ) กับสารละลายโพแทสเซียมไอโอไดด์ (KI) เกิดตะกอนสีเหลือง	
สมการแสดงปฏิกิริยาเคมี	$\text{Pb(NO}_3)_2 \text{ (aq) + 2KI (aq)} \rightarrow \text{PbI}_2 \text{ (s) + 2KNO}_3 \text{ (aq)}$

1.1 จากการทดลอง นักเรียนคิดว่าการทดลองใดเป็นปฏิกิริยารีดอกซ์

.....

.....

1.2 นักเรียนคิดว่าข้อมูลหรือหลักฐานใดที่สนับสนุนคำตอบของนักเรียนในข้อ 1.1

.....

.....

.....

.....

1.3 นักเรียนจะให้เหตุผลที่สอดคล้องกับแนวคิดหรือหลักการหรือทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์ เพื่อเชื่อมโยงคำตอบในข้อที่ 1.1 และ 1.2 ได้อย่างไร

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

เกณฑ์การประเมินการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง เคมีไฟฟ้า  
ตามกรอบแนวคิดของ McNeill & Krajcik (2008a)

องค์ประกอบ	ระดับ		
	0	1	2
<b>ข้อกล่าวอ้าง (Claim)</b>	ไม่ได้ระบุข้อกล่าวอ้าง หรือระบุข้อกล่าวอ้างที่ไม่ถูกต้อง  แนวคำตอบ “การทดลองที่ 2”	ระบุข้อกล่าวอ้างถูกต้อง แต่ไม่ครบถ้วนสมบูรณ์  -	ระบุข้อกล่าวอ้างถูกต้อง และครบถ้วนสมบูรณ์  แนวคำตอบ “การทดลองที่ 1”
<b>หลักฐาน (Evidence)</b>	ไม่ได้ระบุข้อมูล หรือระบุข้อมูลที่ไม่เหมาะสม (หลักฐานที่ไม่สนับสนุนข้อกล่าวอ้าง)	ระบุข้อมูลเหมาะสม แต่หลักฐานไม่เพียงพอที่จะสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง อาจมีการระบุข้อมูลบางอย่างที่ไม่เหมาะสม  แนวคำตอบ “การทดลองที่ 1 เกิดสารสีเทาเงินที่ลวดแมกนีเซียม และลวดแมกนีเซียมผุกร่อน”	ระบุข้อมูลเหมาะสมและข้อมูลเพียงพอที่จะสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง  แนวคำตอบ “การทดลองที่ 1 เมื่อจุ่มลวด Mg ลงในสารละลาย ZnSO <sub>4</sub> เกิดสารสีเทาเงินที่ลวดแมกนีเซียม บริเวณที่จุ่มในสารละลาย เมื่อเคาะสารสีเทาเงินออกพบว่าลวดแมกนีเซียมกร่อนไป และจากสมการแสดงปฏิกิริยา เลขออกซิเดชันของ Mg เพิ่มขึ้นจาก 0 เป็น +2 และเลขออกซิเดชันของ Zn ลดลงจาก +2 เป็น 0”



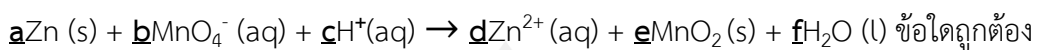
องค์ประกอบ	ระดับ		
	0	1	2
การให้เหตุผล (Reasoning)	ไม่ได้ระบุเหตุผล หรือ มีการระบุเหตุผลที่ไม่ได้ เชื่อมโยงระหว่างข้อมูล กับข้อกล่าวอ้าง	ระบุเหตุผลที่เชื่อมโยง ระหว่างข้อมูลกับข้อกล่าว อ้าง โดยระบุข้อมูลซ้ำเติม และ/หรือมีบางหลักการ ทางวิทยาศาสตร์แต่ก็ยัง ไม่เพียงพอ  แนวคำตอบ “การทดลองที่ 1 เป็นปฏิกิริยารีดอกซ์ เนื่องจากเป็นปฏิกิริยาที่มี การถ่ายโอนอิเล็กตรอน โดยลวด Mg เป็นสารที่ให้ อิเล็กตรอน และ $Zn^{2+}$ เป็น สารที่รับอิเล็กตรอน	ระบุเหตุผลที่เชื่อมโยงระหว่าง ข้อมูลกับข้อกล่าวอ้าง ประกอบด้วยหลักการ ทางวิทยาศาสตร์ที่เหมาะสม และเพียงพอ  แนวคำตอบ “การทดลองที่ 1 เป็นปฏิกิริยารีดอกซ์ เนื่องจากการถ่ายโอน อิเล็กตรอน โดย ลวด Mg เกิด การผุกร่อนเนื่องจาก เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันโดย ลวด Mg เป็นตัวรีดิวซ์ ให้ อิเล็กตรอนกลายเป็น $Mg^{2+}$ ทำให้เลขออกซิเดชันเพิ่มจาก 0 เป็น +2 เขียนปฏิกิริยา ออกซิเดชันได้ดังนี้ $Mg(s) \rightarrow$ $Mg^{2+}(aq) + 2e^-$ และสารสี เทาเงินที่ลวด Mg เกิดจาก $Zn^{2+}$ ในสารละลาย $ZnSO_4$ เกิดปฏิกิริยารีดักชัน โดย $Zn^{2+}$ เป็นตัวออกซิไดส์ รับ อิเล็กตรอนกลายเป็น Zn ทำ ให้เลขออกซิเดชันลดลงจาก +2 เป็น 0 เขียนปฏิกิริยา รีดักชันได้ดังนี้ $Zn^{2+}(aq) +$ $2e^- \rightarrow Zn(s)$ ”

## ตัวอย่างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง เคมีไฟฟ้า

**คำชี้แจง** ให้นักเรียนเลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงข้อเดียว

- ข้อใดกล่าว**ผิด**เกี่ยวกับปฏิกิริยารีดอกซ์
  - เป็นปฏิกิริยาที่มีการถ่ายโอนอิเล็กตรอน
  - ประกอบด้วยครึ่งปฏิกิริยาออกซิเดชันและครึ่งปฏิกิริยารีดักชัน
  - ตัวรีดิวซ์ คือ สารที่ให้อิเล็กตรอน และตัวออกซิไดส์ คือ สารที่รับอิเล็กตรอน
  - สารที่ให้อิเล็กตรอนจะมีเลขออกซิเดชันลดลงและสารที่รับอิเล็กตรอนจะมีเลขออกซิเดชันเพิ่มขึ้น
- พิจารณาปฏิกิริยารีดอกซ์ต่อไปนี้  $\text{Zn (s)} + \text{Cu}^{2+} (\text{aq}) \rightarrow \text{Zn}^{2+} (\text{aq}) + \text{Cu (s)}$  ข้อใดกล่าวถูกต้อง
  - $\text{Zn (s)}$  เป็นตัวรีดิวซ์ และ  $\text{Cu}^{2+} (\text{aq})$  เป็นตัวออกซิไดส์
  - $\text{Zn (s)}$  เป็นตัวออกซิไดส์ และ  $\text{Cu}^{2+} (\text{aq})$  เป็นตัวรีดิวซ์
  - $\text{Zn}^{2+} (\text{aq})$  เป็นตัวรีดิวซ์ และ  $\text{Cu (s)}$  เป็นตัวออกซิไดส์
  - $\text{Zn}^{2+} (\text{aq})$  เป็นตัวออกซิไดส์ และ  $\text{Cu (s)}$  เป็นตัวรีดิวซ์
- เมื่อนำแผ่นโลหะโครเมียม (Cr) จุ่มลงในสารละลายของนิกเกิล(II)ไนเตรต ( $\text{Ni(NO}_3)_2$ ) ปรากฏว่ามีโลหะนิกเกิลเกาะบนแผ่นโลหะโครเมียม ข้อใดถูกต้อง
  - แผ่นโลหะโครเมียม (Cr) เป็นตัวออกซิไดส์
  - แผ่นโลหะโครเมียม (Cr) เป็นตัวรีดิวซ์
  - โลหะนิกเกิล (Ni) เป็นตัวออกซิไดส์
  - นิกเกิลไอออน ( $\text{Ni}^{2+}$ ) เป็นตัวรีดิวซ์
- จากปฏิกิริยารีดอกซ์ต่อไปนี้  $\text{X (s)} + \text{Y}^+ (\text{aq}) \rightarrow \text{X}^+ (\text{aq}) + \text{Y (s)}$  สมการแสดงครึ่งปฏิกิริยาออกซิเดชันข้อใดถูกต้อง
  - $\text{X (s)} \rightarrow \text{X}^+ (\text{aq}) + \text{e}^-$
  - $\text{Y}^+ (\text{aq}) \rightarrow \text{Y (s)} + \text{e}^-$
  - $\text{X (s)} + \text{e}^- \rightarrow \text{X}^+ (\text{aq})$
  - $\text{Y}^+ (\text{aq}) + \text{e}^- \rightarrow \text{Y (s)}$
- จากปฏิกิริยารีดอกซ์ต่อไปนี้  $\text{X(s)} + \text{Y}^+(\text{aq}) \rightarrow \text{X}^+(\text{aq}) + \text{Y(s)}$  สมการแสดงครึ่งปฏิกิริยารีดักชันข้อใดถูกต้อง
  - $\text{X (s)} \rightarrow \text{X}^+ (\text{aq}) + \text{e}^-$
  - $\text{Y}^+ (\text{aq}) \rightarrow \text{Y (s)} + \text{e}^-$
  - $\text{X (s)} + \text{e}^- \rightarrow \text{X}^+ (\text{aq})$
  - $\text{Y}^+ (\text{aq}) + \text{e}^- \rightarrow \text{Y (s)}$
- จากปฏิกิริยารีดอกซ์ต่อไปนี้  $\text{Pb(s)} + 2\text{Ag}^+ (\text{aq}) \rightarrow \text{Pb}^{2+} (\text{aq}) + 2\text{Ag (s)}$  ข้อใดถูกต้อง
  - ครึ่งปฏิกิริยาออกซิเดชัน คือ  $\text{Pb(s)} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Pb}^{2+} (\text{aq})$
  - ครึ่งปฏิกิริยาออกซิเดชัน คือ  $2\text{Ag}^+ \rightarrow 2\text{Ag (s)} + 2\text{e}^-$
  - ครึ่งปฏิกิริยารีดักชัน คือ  $\text{Pb(s)} \rightarrow \text{Pb}^{2+} (\text{aq}) + 2\text{e}^-$
  - ครึ่งปฏิกิริยารีดักชัน คือ  $2\text{Ag}^+ + 2\text{e}^- \rightarrow 2\text{Ag (s)}$

7. เมื่อดุลปฏิกิริยารีดอกซ์ต่อไปนี้



ก. f มีค่าเท่ากับ 6

ข. a มีค่าเท่ากับ 2

ค. e มีค่าเท่ากับ 2

ง. a+b มีค่าเท่ากับ 4

8. ข้อใด**ผิด**เกี่ยวกับการดุลปฏิกิริยารีดอกซ์ต่อไปนี้  $\text{Cu (s)} + \text{NO}_3^- \text{(aq)} \rightarrow \text{Cu}^{2+} \text{(aq)} + \text{NO (g)}$   
ในภาวะกรด

ก. ปฏิกิริยารีดอกซ์มีการถ่ายโอนอิเล็กตรอน 6 อิเล็กตรอน

ข. ครึ่งปฏิกิริยาออกซิเดชันที่ดุลแล้ว คือ  $\text{Cu (s)} \rightarrow \text{Cu}^{2+} \text{(aq)} + 2e^-$

ค. ครึ่งปฏิกิริยารีดักชันที่ดุลแล้ว คือ  $\text{NO}_3^- \text{(aq)} + 4\text{H}^+ \text{(aq)} + 3e^- \rightarrow \text{NO (g)} + 2\text{H}_2\text{O (l)}$

ง. สมการรีดอกซ์ที่ดุลแล้ว คือ  $\text{Cu(s)} + \text{NO}_3^- \text{(aq)} + 4\text{H}^+ \text{(aq)} \rightarrow \text{Cu}^{2+} \text{(aq)} + \text{NO(g)} + 2\text{H}_2\text{O(l)}$

9. ข้อใด**กล่าวผิด**เกี่ยวกับเซลล์กัลวานิก

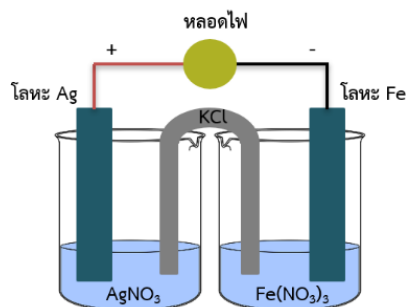
ก. เป็นเซลล์เคมีไฟฟ้าที่ให้พลังงานไฟฟ้า

ข. ขั้วแอโนดเป็นขั้วลบ และขั้วแคโทดเป็นขั้วบวก

ค. ขั้วลบเกิดปฏิกิริยารีดักชัน และขั้วบวกเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน

ง. ปฏิกิริยาเคมีในเซลล์กัลวานิกเป็นปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นได้เอง

10. พิจารณาภาพต่อไปนี้



ข้อใดถูกต้อง

ก. ขั้วโลหะ Fe เป็นขั้วแคโทด

ข. ขั้วโลหะ Ag เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน

ค. อิเล็กตรอนเคลื่อนที่จากขั้วโลหะ Ag ไปยังขั้วโลหะ Fe

ง. ไอออนบวกของสะพานเกลือเคลื่อนที่ลงบีกเกอร์ที่มีสารละลาย  $\text{AgNO}_3$

**ตัวอย่างแบบสอบถามวัดความพึงพอใจต่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้  
โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานผ่านระบบออนไลน์ เรื่อง เคมีไฟฟ้า**

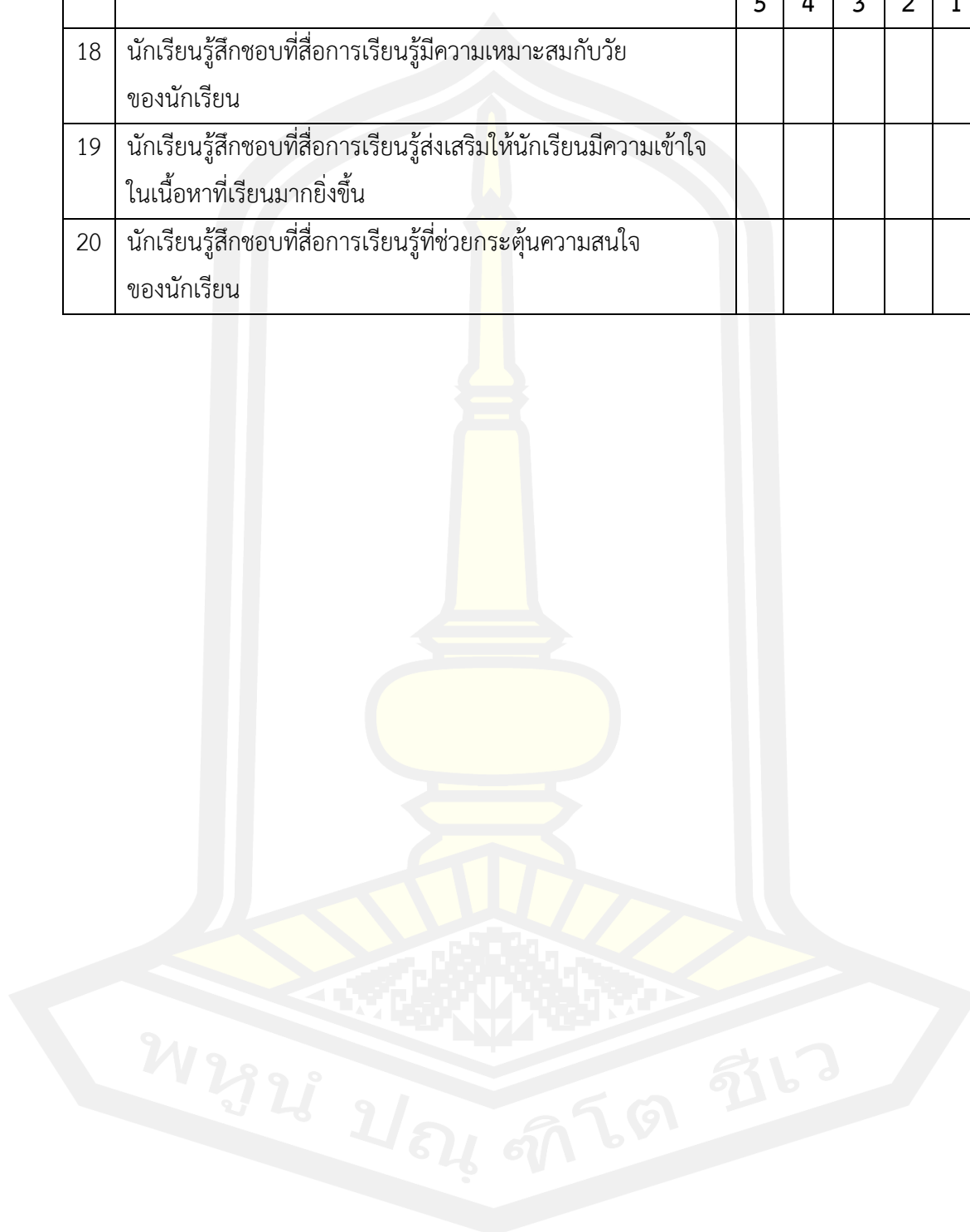
**คำชี้แจง**

1. แบบสอบถามชุดนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อสอบถามความคิดเห็นของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่มีต่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานผ่านระบบออนไลน์ เรื่อง เคมีไฟฟ้า
2. แบบสอบถามชุดนี้ มีทั้งหมด 20 ข้อ ใช้เวลา 20 นาที
3. วิธีตอบแบบสอบถาม ให้นักเรียนอ่านข้อความแล้วพิจารณาว่ามีความคิดเห็นตรงกับคำตอบใด กรุณาใส่เครื่องหมาย ✓ ลงในช่องประเมินตามระดับความพึงพอใจของนักเรียน ข้อละ 1 ระดับความคิดเห็น
  - 5 หมายถึง พอใจมากที่สุด
  - 4 หมายถึง พอใจมาก
  - 3 หมายถึง พอใจปานกลาง
  - 2 หมายถึง พอใจน้อย
  - 1 หมายถึง พอใจน้อยที่สุด
4. ในการตอบแบบสอบถาม กรุณาตอบตามความเป็นจริงให้ครบทุกข้อ คำตอบของนักเรียนมีความสำคัญสำหรับการวิจัยครั้งนี้ และการนำเสนอผลจะนำเสนอโดยภาพรวม จะไม่มีผลกระทบใด ๆ ต่อนักเรียน

ข้อ	รายการ	ระดับความเห็น				
		5	4	3	2	1
<b>ด้านการจัดกิจกรรมการเรียนรู้</b>						
1	นักเรียนรู้สึกชอบที่กิจกรรมการเรียนรู้มีความเหมาะสมกับเนื้อหาที่เรียน					
2	นักเรียนรู้สึกชอบที่กิจกรรมการเรียนรู้ส่งเสริมให้นักเรียนได้สร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง					
3	นักเรียนรู้สึกชอบที่กิจกรรมการเรียนรู้ส่งเสริมให้นักเรียนมีความเข้าใจในเนื้อหาที่เรียนมากยิ่งขึ้น					
4	นักเรียนรู้สึกชอบที่กิจกรรมการเรียนรู้ส่งเสริมให้นักเรียนมีส่วนร่วมในการอภิปราย ชักถาม และแลกเปลี่ยนความคิดเห็นร่วมกับผู้อื่นในชั้นเรียน					

ข้อ	รายการ	ระดับความเห็น				
		5	4	3	2	1
5	นักเรียนรู้สึกชอบที่กิจกรรมการเรียนรู้ส่งเสริมให้นักเรียนมีความคิดริเริ่ม และรู้จักวิพากษ์วิจารณ์อย่างมีเหตุผล					
<b>ด้านบรรยากาศในชั้นเรียน</b>						
6	นักเรียนรู้สึกชอบที่ได้แสดงความคิดเห็นร่วมกับผู้อื่น และยอมรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น					
7	นักเรียนรู้สึกชอบเมื่อมีโอกาสได้ซักถามและแสดงออกในระหว่างการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในชั้นเรียน					
8	นักเรียนรู้สึกพึงพอใจที่ครูผู้สอนให้คำแนะนำและรับฟังความคิดเห็นของนักเรียน					
9	นักเรียนรู้สึกพึงพอใจที่ครูผู้สอนมีการตั้งคำถามเพื่อกระตุ้นให้นักเรียนคิดหาคำตอบได้ด้วยตนเอง					
10	นักเรียนรู้สึกพึงพอใจที่ครูผู้สอนส่งเสริมการเรียนรู้ของนักเรียนอย่างสม่ำเสมอ					
<b>ด้านกระบวนการกลุ่ม</b>						
11	นักเรียนรู้สึกชอบเมื่อได้เรียนรู้ร่วมกันในการทำงานเป็นกลุ่ม					
12	นักเรียนรู้สึกพึงพอใจในการรับฟังความคิดเห็นของสมาชิกในกลุ่ม					
13	นักเรียนรู้สึกชอบเมื่อมีโอกาสได้ร่วมอภิปรายและซักถามสมาชิกในกลุ่ม ทำให้มีความเข้าใจมากยิ่งขึ้น					
14	นักเรียนรู้สึกชอบเมื่อได้ร่วมมือกันทำงานและได้ช่วยเหลือซึ่งกันและกันในการทำงานกลุ่ม					
15	นักเรียนรู้สึกสนุกสนานเมื่อได้ทำกิจกรรมร่วมกับสมาชิกในกลุ่ม					
<b>ด้านสื่อการเรียนรู้</b>						
16	นักเรียนรู้สึกชอบที่การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ใช้สื่อการเรียนรู้และอุปกรณ์ที่มีคุณภาพ					
17	นักเรียนรู้สึกชอบที่สื่อการเรียนรู้ที่มีความเหมาะสมกับเนื้อหาที่เรียน					

ข้อ	รายการ	ระดับความเห็น				
		5	4	3	2	1
18	นักเรียนรู้สึกชอบที่สื่อการเรียนรู้มีความเหมาะสมกับวัย ของนักเรียน					
19	นักเรียนรู้สึกชอบที่สื่อการเรียนรู้ส่งเสริมให้นักเรียนมีความเข้าใจ ในเนื้อหาที่เรียนมากยิ่งขึ้น					
20	นักเรียนรู้สึกชอบที่สื่อการเรียนรู้ที่ช่วยกระตุ้นความสนใจ ของนักเรียน					





ภาคผนวก ข การวิเคราะห์หาคุณภาพเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย



ตาราง 15 ผลการประเมินความเหมาะสมของที่มีต่อแผนการจัดการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลอง  
เป็นฐานผ่านระบบออนไลน์ เรื่อง เคมีไฟฟ้า ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 แผนการ  
จัดการเรียนรู้ที่ 1 – 8 โดยผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน

รายการประเมิน	ค่าเฉลี่ยความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ ที่มีต่อแผนการจัดการเรียนรู้								ค่าเฉลี่ยรวม	ผลการประเมิน	
	1	2	3	4	5	6	7	8			
<b>1. สาระการเรียนรู้</b>											
1.1 สอดคล้องกับ ผลการเรียนรู้	4.67	4.33	4.67	4.67	4.67	4.67	4.67	4.67	4.63	4.63	มากที่สุด
1.2 เหมาะสมกับ วัยของผู้เรียน	4.67	4.67	4.67	4.67	4.67	4.67	4.67	4.33	4.63	4.63	มากที่สุด
<b>2. จุดประสงค์การเรียนรู้</b>											
2.1 สอดคล้องกับ ผลการเรียนรู้	4.67	4.33	4.67	4.67	4.67	4.67	4.67	4.33	4.58	4.58	มากที่สุด
2.2 เหมาะสมกับ วัยของผู้เรียน	4.67	4.33	4.33	4.33	4.67	4.33	4.67	4.33	4.46	4.46	มาก
<b>3. การจัดกิจกรรมการเรียนรู้</b>											
3.1 กิจกรรมการ เรียนรู้เป็นไป ตามลำดับขั้นตอน ของการจัดการ เรียนรู้โดยใช้ แบบจำลองเป็น ฐานผ่านระบบ ออนไลน์											
3.1.1 ชั้นที่ 1 การสร้าง แบบจำลอง	4.67	4.67	4.67	4.67	4.67	4.33	4.67	4.67	4.63	4.63	มากที่สุด

ตาราง 15 (ต่อ)

รายการประเมิน	ค่าเฉลี่ยความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ ที่มีต่อแผนการจัดการเรียนรู้								ค่าเฉลี่ยรวม	ผลการประเมิน
	1	2	3	4	5	6	7	8		
3.1.2 ชั้นที่ 2 การประเมิน แบบจำลอง	4.67	4.33	4.67	4.33	4.67	4.33	4.67	4.67	4.58	มาก ที่สุด
3.1.3 ชั้นที่ 3 การดัดแปลงแก้ไข แบบจำลอง	4.67	4.67	4.67	4.67	4.67	4.67	4.67	4.67	4.67	มาก ที่สุด
3.1.4 ชั้นที่ 4 การขยาย แบบจำลอง	4.33	4.67	4.67	4.67	4.67	4.67	4.67	4.67	4.63	มาก ที่สุด
3.2 เหมาะสมกับ ระดับชั้นผู้เรียน	4.67	4.67	4.33	4.33	4.67	4.67	4.33	4.67	4.54	มาก ที่สุด
3.3 เหมาะสมกับ เวลา	4.67	4.33	4.67	4.33	4.33	4.33	4.33	4.33	4.42	มาก
3.4 สอดคล้องกับ ผลการเรียนรู้	4.67	4.67	4.67	4.67	4.67	4.67	4.67	4.67	4.67	มาก ที่สุด
3.5 ผู้เรียนมีส่วน ร่วมกับกิจกรรม การเรียนรู้	4.67	4.67	4.67	4.33	4.33	4.33	4.67	4.67	4.54	มาก ที่สุด
<b>4. ด้านสื่อการจัดการเรียนรู้</b>										
4.1 สื่อมีความ เหมาะสมกับ กิจกรรมการเรียนรู้	4.67	4.33	4.67	4.67	4.67	4.67	4.67	4.67	4.63	มาก ที่สุด
4.2 สื่อเหมาะสม กับระดับชั้นผู้เรียน	4.67	4.67	4.67	4.67	4.33	4.67	4.67	4.67	4.63	มาก ที่สุด

ตาราง 15 (ต่อ)

รายการประเมิน	ค่าเฉลี่ยความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ ที่มีต่อแผนการจัดการเรียนรู้								ค่าเฉลี่ยรวม	ผลการประเมิน
	1	2	3	4	5	6	7	8		
<b>5. ด้านการวัดและประเมินผล</b>										
5.1 สอดคล้องกับ จุดประสงค์การ เรียนรู้	4.67	4.33	4.67	4.67	4.67	4.67	4.33	4.67	4.58	มากที่สุด
5.2 สอดคล้องกับ กิจกรรมการเรียนรู้	4.33	4.67	4.67	4.67	4.67	4.67	4.33	4.67	4.58	มากที่สุด
<b>ค่าเฉลี่ยรวม</b>	4.63	4.52	4.63	4.58	4.60	4.56	4.58	4.58	4.59	มากที่สุด

ตาราง 16 สรุปผลการประเมินความเหมาะสมที่มีต่อแผนการจัดการกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลอง  
เป็นฐานผ่านระบบออนไลน์ เรื่อง เคมีไฟฟ้า ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ของ  
ผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน โดยแยกตามรายด้าน

รายการประเมิน	$\bar{X}$	S.D.	ระดับความเหมาะสม
สาระการเรียนรู้	4.63	0.12	เหมาะสมมากที่สุด
จุดประสงค์การเรียนรู้	4.52	0.16	เหมาะสมมากที่สุด
การจัดกิจกรรมการเรียนรู้	4.58	0.11	เหมาะสมมากที่สุด
ด้านสื่อการจัดการเรียนรู้	4.63	0.12	เหมาะสมมากที่สุด
ด้านการวัดและประเมินผล	4.58	0.15	เหมาะสมมากที่สุด
<b>ค่าเฉลี่ยรวม</b>	4.59	0.13	เหมาะสมมากที่สุด

ตาราง 17 ผลการประเมินความสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับผลการเรียนรู้ (IOC) ของแบบวัดการ  
สร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง เคมีไฟฟ้า ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดย  
ผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน

ข้อ	คะแนนความเห็นผู้เชี่ยวชาญ หาค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC)			รวม	ค่าเฉลี่ย	ผลการวิเคราะห์
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3			
1	+1	+1	+1	3	1.00	สอดคล้อง
2	+1	+1	+1	3	1.00	สอดคล้อง
3	+1	+1	+1	3	1.00	สอดคล้อง
4	0	+1	+1	3	0.67	สอดคล้อง
5	+1	+1	+1	3	1.00	สอดคล้อง
6	+1	+1	+1	3	1.00	สอดคล้อง
7	+1	+1	+1	3	1.00	สอดคล้อง
8	+1	+1	+1	3	1.00	สอดคล้อง
9	+1	+1	+1	3	1.00	สอดคล้อง
10	+1	+1	+1	3	1.00	สอดคล้อง
11	+1	+1	+1	3	1.00	สอดคล้อง

ตาราง 18 ผลการวิเคราะห์ค่าอำนาจจำแนก ค่าความยาก และค่าความเชื่อมั่น ( $\alpha$ - Coefficient) ของ  
แบบวัดการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง เคมีไฟฟ้า ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่  
5

ข้อ	ค่าอำนาจจำแนก (D)	แปรผล	ค่าความยาก (P)	แปรผล	ผลการวิเคราะห์
1	0.45	ใช้ได้	0.59	ใช้ได้	ใช้ได้
2	0.23	ใช้ได้	0.34	ใช้ได้	ใช้ได้
3	0.49	ใช้ได้	0.55	ใช้ได้	ใช้ได้
4	0.33	ใช้ได้	0.64	ใช้ได้	ใช้ได้
5	0.55	ใช้ได้	0.58	ใช้ได้	ใช้ได้
6	0.22	ใช้ได้	0.65	ใช้ได้	ใช้ได้
7	0.48	ใช้ได้	0.59	ใช้ได้	ใช้ได้
8	0.14	ใช้ไม่ได้	0.48	ใช้ได้	ใช้ไม่ได้

ตาราง 18 (ต่อ)

ข้อ	ค่าอำนาจจำแนก (D)	แปรผล	ค่าความยาก (P)	แปรผล	ผลการวิเคราะห์
9	0.52	ใช้ได้	0.59	ใช้ได้	ใช้ได้
10	0.35	ใช้ได้	0.68	ใช้ได้	ใช้ได้
11	0.39	ใช้ได้	0.68	ใช้ได้	ใช้ได้

เลือกข้อสอบจำนวน 6 ข้อไปใช้จริง ซึ่งมีค่าอำนาจจำแนก (D) อยู่ในช่วง 0.39 – 0.55 และค่าความยาก (P) อยู่ในช่วง 0.55 – 0.68 ค่าความเชื่อมั่นทั้งฉบับ ( $\alpha$ - Coefficient) ของแบบวัดการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง เคมีไฟฟ้า มีค่าเท่ากับ 0.80

ตาราง 19 ผลการประเมินความเหมาะสมของเกณฑ์การประเมินการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง เคมีไฟฟ้า ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน

ข้อ	รายการประเมิน	ค่าเฉลี่ยความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญที่มีต่อเกณฑ์การประเมินการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์			ค่าเฉลี่ยรวม	S.D.	ผลการประเมิน
		คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3			
1	ข้อกล่าวอ้าง	3.67	4.00	4.67	4.11	0.51	มาก
	หลักฐาน	3.67	4.00	4.67	4.11	0.51	มาก
	การให้เหตุผล	3.67	4.00	4.67	4.11	0.51	มาก
2	ข้อกล่าวอ้าง	3.67	4.67	4.33	4.22	0.51	มาก
	หลักฐาน	4.33	4.67	5.00	4.67	0.33	มากที่สุด
	การให้เหตุผล	4.33	4.67	4.67	4.56	0.19	มากที่สุด
3	ข้อกล่าวอ้าง	4.00	4.00	4.67	4.22	0.38	มาก
	หลักฐาน	4.67	4.67	4.00	4.44	0.38	มาก
	การให้เหตุผล	4.00	4.67	4.67	4.44	0.38	มาก
4	ข้อกล่าวอ้าง	4.33	4.67	4.00	4.33	0.33	มาก
	หลักฐาน	4.00	4.67	5.00	4.56	0.51	มากที่สุด
	การให้เหตุผล	4.67	4.67	4.67	4.67	0.00	มากที่สุด

ตาราง 19 (ต่อ)

ข้อ	รายการประเมิน	ค่าเฉลี่ยความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ ที่มีต่อเกณฑ์การประเมินการสร้าง คำอธิบายทางวิทยาศาสตร์			ค่าเฉลี่ยรวม	S.D.	ผลการประเมิน
		คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3			
5	ข้อกล่าวอ้าง	4.0	4.67	4.67	4.44	0.38	มาก
	หลักฐาน	4.00	4.67	4.00	4.22	0.38	มาก
	การให้เหตุผล	4.67	4.67	4.67	4.67	0.00	มาก
6	ข้อกล่าวอ้าง	4.00	4.67	4.67	4.44	0.38	มาก
	หลักฐาน	4.00	4.67	4.67	4.44	0.38	มาก
	การให้เหตุผล	4.67	4.67	4.67	4.67	0.00	มากที่สุด
7	ข้อกล่าวอ้าง	4.33	5.00	4.00	4.44	0.51	มาก
	หลักฐาน	4.33	4.67	4.33	4.44	0.19	มาก
	การให้เหตุผล	4.67	4.33	4.67	4.56	0.19	มากที่สุด
8	ข้อกล่าวอ้าง	4.00	4.67	4.67	4.44	0.38	มาก
	หลักฐาน	4.67	4.33	4.67	4.56	0.19	มากที่สุด
	การให้เหตุผล	4.67	4.33	4.67	4.67	0.33	มากที่สุด
9	ข้อกล่าวอ้าง	4.33	5.00	4.67	4.67	0.33	มากที่สุด
	หลักฐาน	4.67	4.67	4.67	4.67	0.00	มากที่สุด
	การให้เหตุผล	4.67	4.00	5.00	4.56	0.51	มากที่สุด
10	ข้อกล่าวอ้าง	4.67	4.67	5.00	4.78	0.19	มากที่สุด
	หลักฐาน	4.67	4.67	4.33	4.56	0.19	มากที่สุด
	การให้เหตุผล	4.00	4.00	5.00	4.33	0.58	มาก
11	ข้อกล่าวอ้าง	4.33	5.00	4.67	4.67	0.33	มากที่สุด
	หลักฐาน	4.00	5.00	4.67	4.56	0.51	มากที่สุด
	การให้เหตุผล	4.67	4.67	5.00	4.78	0.19	มากที่สุด
<b>ค่าเฉลี่ยรวม</b>		4.27	4.56	4.62	4.49	0.32	มาก

ตาราง 20 สรุปผลการประเมินความเหมาะสมของเกณฑ์การประเมินการสร้างคำอธิบายทาง  
วิทยาศาสตร์ เรื่อง เคมีไฟฟ้า ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน

ข้อ	$\bar{X}$	S.D.	ระดับความเหมาะสม
1	4.11	0.51	เหมาะสมมาก
2	4.48	0.34	เหมาะสมมาก
3	4.37	0.38	เหมาะสมมาก
4	4.52	0.28	เหมาะสมมากที่สุด
5	4.44	0.25	เหมาะสมมาก
6	4.52	0.25	เหมาะสมมากที่สุด
7	4.48	0.30	เหมาะสมมาก
8	4.56	0.30	เหมาะสมมากที่สุด
9	4.63	0.28	เหมาะสมมากที่สุด
10	4.56	0.32	เหมาะสมมากที่สุด
11	4.67	0.34	เหมาะสมมากที่สุด
<b>ค่าเฉลี่ยรวม</b>	4.49	0.32	เหมาะสมมาก

ตาราง 21 ผลการประเมินความสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับจุดประสงค์การเรียนรู้ (IOC) ของ  
แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง เคมีไฟฟ้า ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5  
โดยผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน

ข้อ	คะแนนความเห็นผู้เชี่ยวชาญ			รวม	ค่าเฉลี่ย	ผลการวิเคราะห์
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3			
1	-1	+1	+1	1	0.33	ไม่สอดคล้อง
2	+1	+1	+1	3	1.00	สอดคล้อง
3	+1	+1	+1	3	1.00	สอดคล้อง
4	+1	+1	+1	3	1.00	สอดคล้อง
5	+1	+1	+1	3	1.00	สอดคล้อง
6	+1	+1	+1	3	1.00	สอดคล้อง
7	+1	+1	+1	3	1.00	สอดคล้อง



ตาราง 21 (ต่อ)

ข้อ	คะแนนความเห็นผู้เชี่ยวชาญ			รวม	ค่าเฉลี่ย	ผลการวิเคราะห์
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3			
8	+1	+1	+1	3	1.00	สอดคล้อง
9	+1	+1	+1	3	1.00	สอดคล้อง
10	+1	+1	+1	3	1.00	สอดคล้อง
11	+1	+1	+1	3	1.00	สอดคล้อง
12	+1	+1	+1	3	1.00	สอดคล้อง
13	+1	+1	+1	3	1.00	สอดคล้อง
14	0	+1	+1	2	0.67	สอดคล้อง
15	+1	+1	+1	3	1.00	สอดคล้อง
16	+1	+1	+1	3	1.00	สอดคล้อง
17	+1	+1	+1	3	1.00	สอดคล้อง
18	+1	+1	+1	3	1.00	สอดคล้อง
19	+1	+1	+1	3	1.00	สอดคล้อง
20	+1	+1	+1	3	1.00	สอดคล้อง
21	+1	+1	+1	3	1.00	สอดคล้อง
22	+1	+1	+1	3	1.00	สอดคล้อง
23	+1	+1	+1	3	1.00	สอดคล้อง
24	+1	+1	+1	3	1.00	สอดคล้อง
25	+1	+1	+1	3	1.00	สอดคล้อง
26	+1	+1	+1	3	1.00	สอดคล้อง
27	+1	+1	+1	3	1.00	สอดคล้อง
28	+1	+1	+1	3	1.00	สอดคล้อง
29	+1	+1	+1	3	1.00	สอดคล้อง
30	+1	+1	+1	3	1.00	สอดคล้อง
31	+1	+1	+1	3	1.00	สอดคล้อง
32	+1	+1	+1	3	1.00	สอดคล้อง
33	+1	+1	+1	3	1.00	สอดคล้อง

ตาราง 21 (ต่อ)

ข้อ	คะแนนความเห็นผู้เชี่ยวชาญ			รวม	ค่าเฉลี่ย	ผลการวิเคราะห์
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3			
34	+1	+1	+1	3	1.00	สอดคล้อง
35	+1	+1	+1	3	1.00	สอดคล้อง
36	+1	+1	+1	3	1.00	สอดคล้อง
37	+1	+1	+1	3	1.00	สอดคล้อง
38	+1	+1	+1	3	1.00	สอดคล้อง
39	+1	+1	+1	3	1.00	สอดคล้อง
40	+1	+1	+1	3	1.00	สอดคล้อง
41	+1	+1	+1	3	1.00	สอดคล้อง

ตาราง 22 ผลการวิเคราะห์ค่าอำนาจจำแนก และค่าความเชื่อมั่น ( $r_{CC}$ ) ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง เคมีไฟฟ้า ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

ข้อ	ค่าอำนาจจำแนก (B)	ผลการวิเคราะห์	ข้อ	ค่าอำนาจจำแนก (B)	ผลการวิเคราะห์
1	0.31	ใช้ได้	21	0.67	ใช้ได้
2	0.41	ใช้ได้	22	0.63	ใช้ได้
3	0.47	ใช้ได้	23	0.45	ใช้ได้
4	0.44	ใช้ได้	24	0.31	ใช้ได้
5	0.31	ใช้ได้	25	0.52	ใช้ได้
6	0.28	ใช้ได้	26	0.20	ใช้ได้
7	0.35	ใช้ได้	27	0.30	ใช้ได้
8	0.30	ใช้ได้	28	0.34	ใช้ได้
9	0.43	ใช้ได้	29	0.25	ใช้ได้
10	0.38	ใช้ได้	30	0.59	ใช้ได้
11	0.50	ใช้ได้	31	0.40	ใช้ได้
12	0.43	ใช้ได้	32	0.48	ใช้ได้
13	0.49	ใช้ได้	33	0.18	ใช้ไม่ได้

ตาราง 22 (ต่อ)

ข้อ	ค่าอำนาจจำแนก (B)	ผลการวิเคราะห์	ข้อ	ค่าอำนาจจำแนก (B)	ผลการวิเคราะห์
14	0.20	ใช้ได้	34	0.34	ใช้ได้
15	0.71	ใช้ได้	35	0.37	ใช้ได้
16	0.55	ใช้ได้	36	0.29	ใช้ได้
17	0.56	ใช้ได้	37	0.32	ใช้ได้
18	0.72	ใช้ได้	38	0.47	ใช้ได้
19	0.33	ใช้ได้	39	0.14	ใช้ไม่ได้
20	0.58	ใช้ได้	40	0.29	ใช้ได้

เลือกข้อสอบจำนวน 30 ข้อไปใช้จริง ซึ่งมีค่าอำนาจจำแนก (B) อยู่ในช่วง 0.29 – 0.72 และค่าความเชื่อมั่นทั้งฉบับ ( $r_{CC}$ ) ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง เคมีไฟฟ้า มีค่าเท่ากับ 0.91

ตาราง 23 ผลการประเมินความสอดคล้อง (IOC) ของแบบวัดความพึงพอใจต่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานผ่านระบบออนไลน์ เรื่อง เคมีไฟฟ้า ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน

ข้อ	คะแนนความเห็นผู้เชี่ยวชาญ			รวม	ค่าเฉลี่ย	ผลการวิเคราะห์
	หาค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC)					
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3			
1	+1	+1	+1	3	1.00	สอดคล้อง
2	+1	+1	+1	3	1.00	สอดคล้อง
3	+1	+1	+1	3	1.00	สอดคล้อง
4	+1	+1	+1	3	1.00	สอดคล้อง
5	+1	+1	+1	3	1.00	สอดคล้อง
6	+1	+1	+1	3	1.00	สอดคล้อง
7	+1	+1	+1	3	1.00	สอดคล้อง
8	+1	+1	+1	3	1.00	สอดคล้อง
9	0	+1	+1	2	0.67	สอดคล้อง

ตาราง 23 (ต่อ)

ข้อ	คะแนนความเห็นผู้เชี่ยวชาญ			รวม	ค่าเฉลี่ย	ผลการวิเคราะห์
	หาค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC)					
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3			
10	+1	+1	+1	3	1.00	สอดคล้อง
11	+1	+1	+1	3	1.00	สอดคล้อง
12	+1	+1	+1	3	1.00	สอดคล้อง
13	+1	+1	+1	3	1.00	สอดคล้อง
14	+1	+1	+1	3	1.00	สอดคล้อง
15	+1	+1	+1	3	1.00	สอดคล้อง
16	+1	+1	+1	3	1.00	สอดคล้อง
17	+1	+1	+1	3	1.00	สอดคล้อง
18	+1	+1	+1	3	1.00	สอดคล้อง
19	+1	+1	+1	3	1.00	สอดคล้อง
20	+1	+1	+1	3	1.00	สอดคล้อง
21	+1	+1	+1	3	1.00	สอดคล้อง
22	+1	+1	+1	3	1.00	สอดคล้อง
23	+1	+1	+1	3	1.00	สอดคล้อง
24	+1	+1	+1	3	1.00	สอดคล้อง
25	+1	+1	+1	3	1.00	สอดคล้อง

ตาราง 24 ผลการวิเคราะห์ค่าอำนาจจำแนก ( $r_{xy}$ ) และค่าความเชื่อมั่น ( $\alpha$ - Coefficient) ของแบบวัดความพึงพอใจต่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานผ่านระบบออนไลน์ เรื่อง เคมีไฟฟ้า ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

ข้อ	ค่าอำนาจจำแนก ( $r_{xy}$ )	ผลการวิเคราะห์	ข้อ	ค่าอำนาจจำแนก ( $r_{xy}$ )	ผลการวิเคราะห์
1	0.74	ใช้ได้	14	0.59	ใช้ได้
2	0.62	ใช้ได้	15	0.77	ใช้ได้
3	0.80	ใช้ได้	16	0.73	ใช้ได้
4	0.54	ใช้ได้	17	0.71	ใช้ได้

ตาราง 24 (ต่อ)

ข้อ	ค่าอำนาจจำแนก ( $r_{xy}$ )	ผลการวิเคราะห์	ข้อ	ค่าอำนาจจำแนก ( $r_{xy}$ )	ผลการวิเคราะห์
5	0.82	ใช้ได้	18	0.50	ใช้ได้
6	0.69	ใช้ได้	19	0.70	ใช้ได้
7	0.73	ใช้ได้	20	0.54	ใช้ได้
8	0.50	ใช้ได้	21	0.70	ใช้ได้
9	0.66	ใช้ได้	22	0.69	ใช้ได้
10	0.61	ใช้ได้	23	0.54	ใช้ได้
11	0.70	ใช้ได้	24	0.67	ใช้ได้
12	0.61	ใช้ได้	25	0.43	ใช้ได้
13	0.76	ใช้ได้			

เลือกข้อคำถามจำนวน 20 ข้อไปใช้จริง ซึ่งมีค่าอำนาจจำแนก ( $r_{xy}$ ) อยู่ในช่วง 0.54 – 0.82 และค่าความเชื่อมั่นทั้งฉบับ ( $\alpha$ - Coefficient) ของแบบวัดความพึงพอใจต่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานผ่านระบบออนไลน์ เรื่อง เคมีไฟฟ้า มีค่าเท่ากับ 0.95



ภาคผนวก ค หนังสือขอความอนุเคราะห์เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย





### บันทึกข้อความ

ส่วนราชการ งานวิชาการและบัณฑิตศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม โทร 6216  
ที่ อว 0605.5(2)/ว2790 วันที่ 14 ธันวาคม 2564

เรื่อง ขอบความอนุเคราะห์เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เรียน ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จิตติรดา พลเยี่ยม

ด้วย นางสาวพัทธธิดา รัตนพันธุ์ นิสิตปริญญาโท สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม กำลังศึกษาและทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง การจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานผ่านระบบออนไลน์ที่มีต่อการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง เคมีไฟฟ้า ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร (กศ.ม.) หลักสูตรและการสอน โดยมี ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กัญญารัตน์ โคจร เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก ในครั้งนี้

เพื่อให้การจัดทำวิทยานิพนธ์เป็นไปด้วยความเรียบร้อย และบรรลุตามวัตถุประสงค์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรอบรู้ ความสามารถ และมีประสบการณ์ ในเรื่องนี้เป็นอย่างดี จึงใคร่ขอความอนุเคราะห์จากท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย เพื่อนิตินจะนำข้อมูลที่ได้ไปดำเนินการในขั้นตอนต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา

(รองศาสตราจารย์ ดร.รังสรรค์ โนมยา)

รองคณบดี ปฏิบัติราชการแทน

คณบดีคณะศึกษาศาสตร์

มธจ. ๒๕๖๔





ที่ อว 0605.5(2)/ว2790

คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม  
อำเภอเมือง จังหวัดมหาสารคาม 44000

14 ธันวาคม 2564

เรื่อง ขอมความอนุเคราะห์เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เรียน คุณครูสมสวย วิชามุข ครูชำนาญการพิเศษ

ด้วย นางสาวพัทธ์ธีรา รัตนพันธ์ นิสิตปริญญาโท สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม กำลังศึกษาและทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง การจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานผ่านระบบออนไลน์ที่มีต่อการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง เคมีไฟฟ้า ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร (กศ.ม.) หลักสูตร และการสอน โดยมี ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กัญญารัตน์ โคจร เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก ในครั้งนี้

เพื่อให้การจัดทำวิทยานิพนธ์เป็นไปด้วยความเรียบร้อย และบรรลุตามวัตถุประสงค์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรอบรู้ ความสามารถ และมีประสบการณ์ ในเรื่องนี้เป็นอย่างดี จึงใคร่ขอมความอนุเคราะห์จากท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย เพื่อนิสิตจะนำข้อมูลที่ได้ไปดำเนินการในขั้นตอนต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม หวังเป็นอย่างยิ่งว่า คงได้รับความกรุณาจากท่านด้วย และขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์ ดร.รังสรรค์ โนมยา)  
รองคณบดี ปฏิบัติราชการแทน  
คณบดีคณะศึกษาศาสตร์งานวิชาการและบัณฑิตศึกษา คณะศึกษาศาสตร์  
โทรศัพท์, โทรสาร 0-4371-3174  
เบอร์โทรนิสิต 0887959914

ม.นุ. จ. ๒๕



ที่ อว 0605.5(2)/ว2790

คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม  
อำเภอเมือง จังหวัดมหาสารคาม 44000

14 ธันวาคม 2564

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เรียน คุณครูนนท์นิจ ทิพยมาศ ครูชำนาญการพิเศษ

ด้วย นางสาวพัทธ์ธีรา รัตนพันธ์ นิสิตปริญญาโท สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม กำลังศึกษาและทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง การจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานผ่านระบบออนไลน์ที่มีต่อการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง เคมีไฟฟ้า ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร (กศ.ม.) หลักสูตรและการสอน โดยมี ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กัญญารัตน์ โคจร เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก ในครั้งนี้

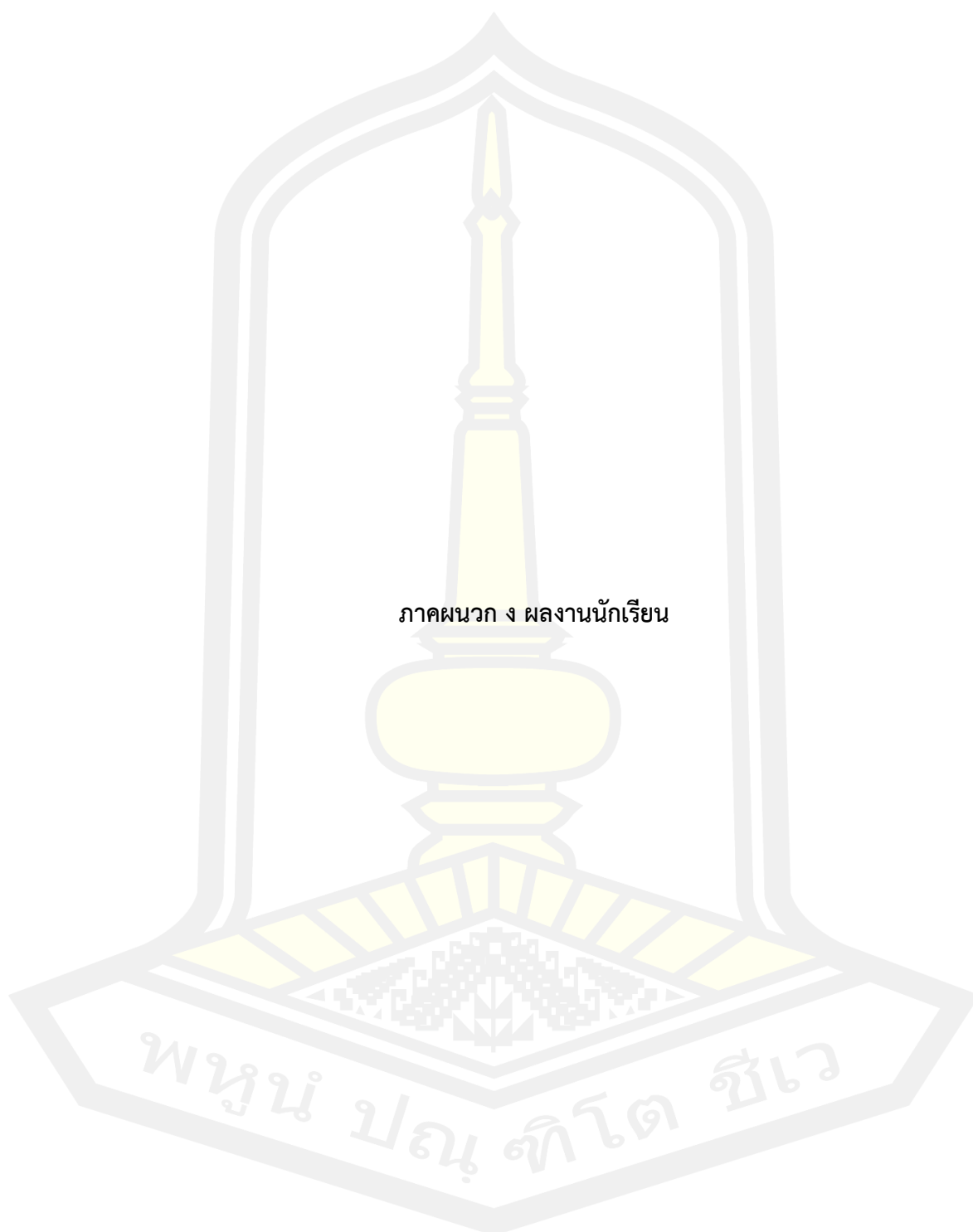
เพื่อให้การจัดทำวิทยานิพนธ์เป็นไปด้วยความเรียบร้อย และบรรลุตามวัตถุประสงค์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรอบรู้ ความสามารถ และมีประสบการณ์ ในเรื่องนี้เป็นอย่างดี จึงใคร่ขอความอนุเคราะห์จากท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย เพื่อนิสิตจะนำข้อมูลที่ได้ไปดำเนินการในขั้นตอนต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม หวังเป็นอย่างยิ่งว่า คงได้รับความกรุณาจากท่านด้วย และขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

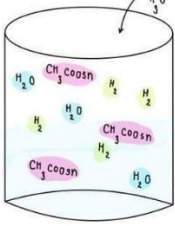
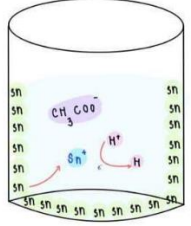
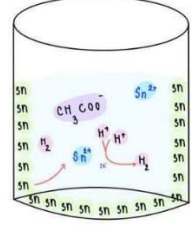
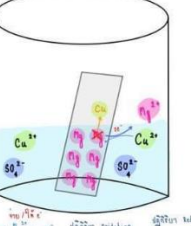
(รองศาสตราจารย์ ดร.รังสรรค์ โนมยา)  
รองคณบดี ปฏิบัติราชการแทน  
คณบดีคณะศึกษาศาสตร์งานวิชาการและบัณฑิตศึกษา คณะศึกษาศาสตร์  
โทรศัพท์, โทรสาร 0-4371-3174  
เบอร์โทรนิสิต 0887959914

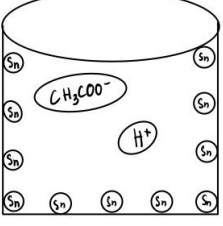
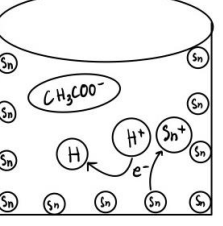
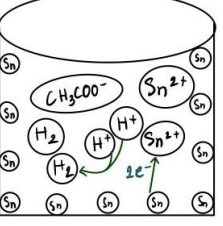
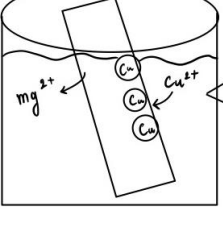
ม.นุ. จ. ๒๕



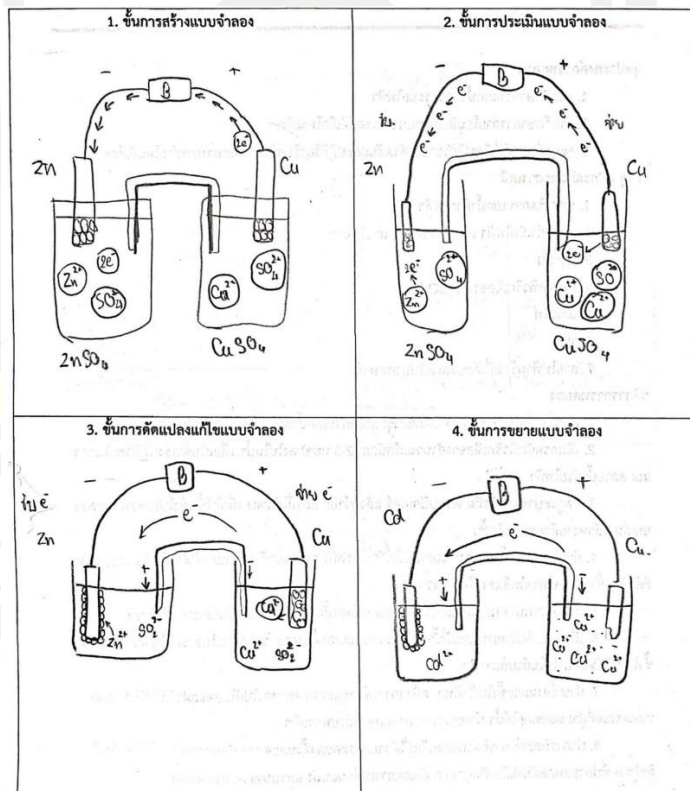
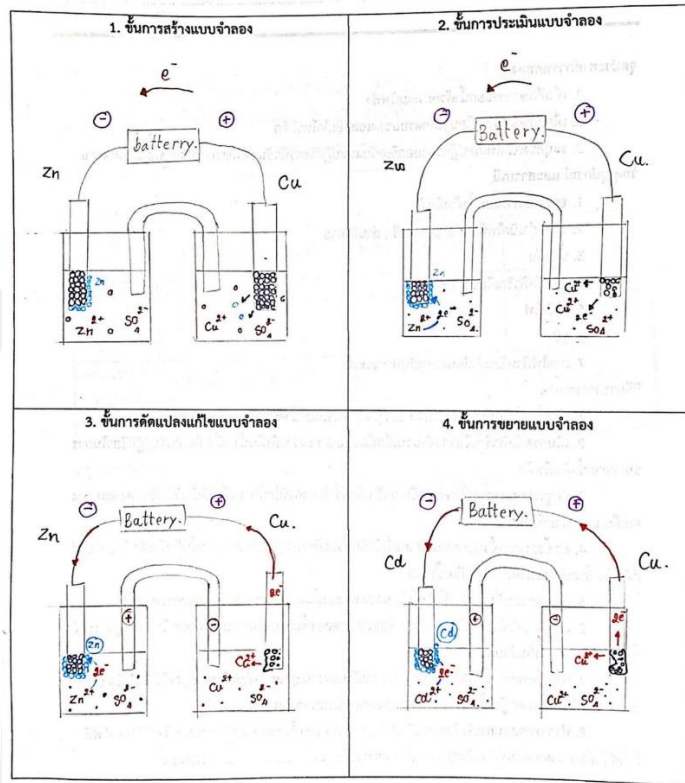
ภาคผนวก ง ผลงานนักเรียน

พหุมนุ ภิโต ชีเว

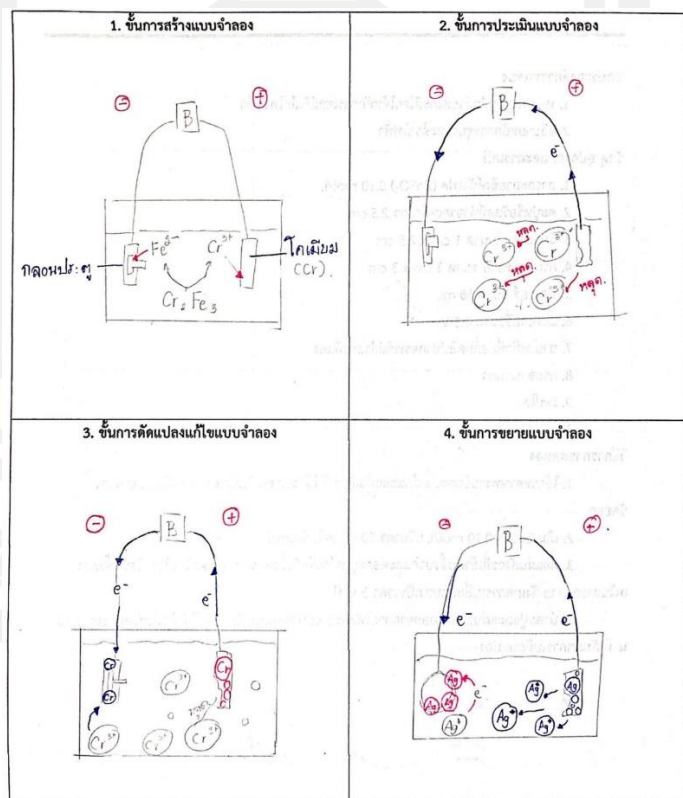
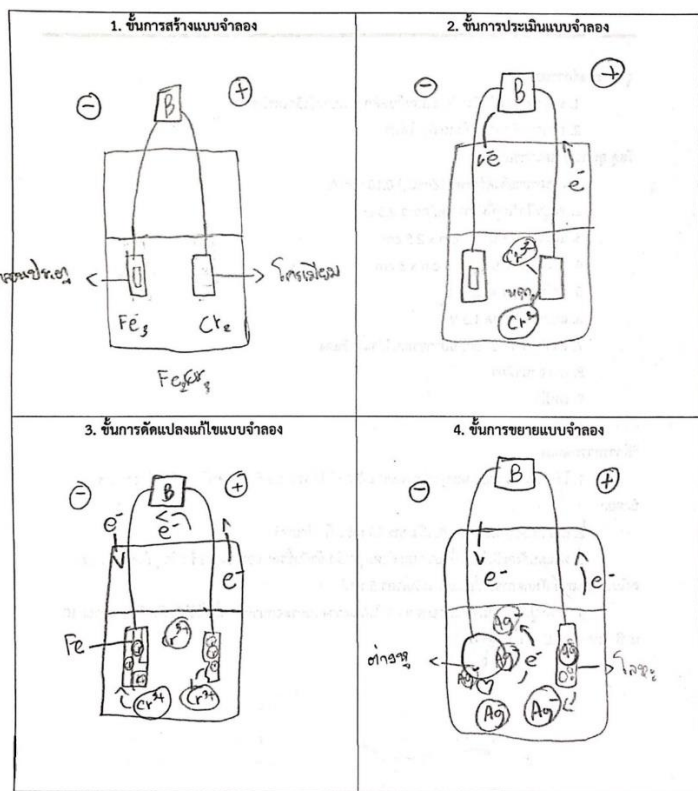
<p>1. ขั้นการสร้างแบบจำลอง</p> 	<p>2. ขั้นการพิจารณาประจุแบบจำลอง</p> 
<p>3. ขั้นการคิดแปลงแก๊สแบบจำลอง</p>  <p>Oxidation: <math>\text{Sn} \rightarrow \text{Sn}^{2+} + 2e^-</math>              Reduction: <math>2\text{H}^+ + 2e^- \rightarrow \text{H}_2</math>              Total: <math>\text{Sn} + 2\text{H}^+ \rightarrow \text{Sn}^{2+} + \text{H}_2</math></p>	<p>4. ขั้นการขยายแบบจำลอง</p> <p>โลหะ Mg ในสารละลาย <math>\text{CuSO}_4</math> มีขั้วโลหะ Mg เกิดการกัดกร่อน มีขดของแข็งสีน้ำตาลแดง ปรากฏที่ขั้วหรือเคลือบโลหะ Mg</p>  <p><math>\text{Mg} \rightarrow \text{Mg}^{2+} + 2e^-</math> (oxidation)  <math>\text{Cu}^{2+} + 2e^- \rightarrow \text{Cu}</math> (reduction)</p>

<p>1. ขั้นการสร้างแบบจำลอง</p> 	<p>2. ขั้นการประเมินแบบจำลอง</p> 
<p>3. ขั้นการตัดสินลงแบบจำลอง</p> 	<p>4. ขั้นการขยายแบบจำลอง</p> 

ภาพประกอบ 2 ตัวอย่างแบบบันทึกการสร้างแบบจำลอง เรื่อง ปฏิกิริยารีดอกซ์



ภาพประกอบ 3 ตัวอย่างแบบบันทึกการสร้างแบบจำลอง เรื่อง เซลล์อิเล็กโทรลิติก



ภาพประกอบ 4 ตัวอย่างแบบบันทึกการสร้างแบบจำลอง เรื่อง การชุบโลหะ

## ประวัติผู้เขียน

ชื่อ	นางสาวพัทธ์ธีรา รัตนพันธุ์
วันเกิด	วันที่ 29 มิถุนายน พ.ศ. 2536
สถานที่เกิด	อำเภอเมือง จังหวัดร้อยเอ็ด
สถานที่อยู่ปัจจุบัน	บ้านเลขที่ 17 หมู่ 6 ตำบลขอนแก่น อำเภอเมือง จังหวัดร้อยเอ็ด รหัสไปรษณีย์ 45000
ตำแหน่งหน้าที่การงาน	ครู
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	โรงเรียนโพนทองพัฒนวิทยา ตำบลสระนกแก้ว อำเภอโพนทอง จังหวัดร้อยเอ็ด รหัสไปรษณีย์ 45110
ประวัติการศึกษา	พ.ศ. 2555 มัธยมศึกษาตอนปลาย โรงเรียนร้อยเอ็ดวิทยาลัย อำเภอเมือง จังหวัดร้อยเอ็ด พ.ศ. 2560 ปริญญาศึกษาศาสตรบัณฑิต (ศษ.บ.) วิทยาศาสตร์ศึกษา เอกเดี่ยวเคมี มหาวิทยาลัยขอนแก่น พ.ศ. 2565 ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต (กศ.ม.) สาขาวิชาหลักสูตร และการสอน มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

พูนุ ปณุกิตโต ชีวะ